



TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER
PROPUESTA DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
PARA LA ADECUACIÓN Y RECUPERACIÓN DEL
PARQUE ALONSO SÁNCHEZ

Nombre del autor/a
Albany Aguilera Pabón

Trabajo entregado para la obtención del grado de Máster en
“Tecnología Ambiental”
Modalidad: “Trabajo Profesional”

Septiembre / 2024

Directores:

Joaquín Tovar Pescador

D. Joaquín Tovar Pescador, DNI: 24811905B, catedrático de Física Aplicada del departamento de Física de la Universidad de Jaén

INFORMA:

Que el trabajo titulado “**PROPUESTA DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA LA ADECUACIÓN Y RECUPERACIÓN DEL PARQUE ALONSO SÁNCHEZ**” presentado por **D. Albany Aguilera Pabón**, con **PASAPORTE: 167030661**, ha sido realizado en el departamento de la Universidad de Jaén bajo mi dirección, y autorizo su presentación y defensa como **Trabajo Fin de Máster** (Modalidad: Proyecto o Estudio Técnico), para el Máster Universitario en Tecnología Ambiental de la Universidad de Huelva.

En Huelva, a 04 de septiembre de 2024

Fdo.: Joaquín Tovar Pescador

RESUMEN

El parque Alonso Sánchez se encuentra ubicado en la ciudad de Huelva, provincia de Andalucía, España cuenta con 3000 metros, vistas de 360° de la ciudad y actualmente se encuentra en decadencia, es usado solo para conciertos, esporádicos, el resto del año queda en el olvido debido a la sensación de inseguridad por zonas oscuras y carecer de algún tipo de entretenimiento. Diversos colectivos ciudadanos han demandado su adecuación e integración en la ciudad para convertirlo en un espacio cultural y atractivo turístico equipándolo con zonas recreativas y de restauración.

Debido a esto, se realiza la propuesta de una instalación fotovoltaica para la adecuación y recuperación del parque Alonso Sánchez, proponiendo como alternativa un restaurante con instalación fotovoltaica del tipo autoconsumo, conectada a la red con excedentes, adicionalmente cambiar la iluminación led existente por lámparas de tipo fotovoltaico de tal forma que se puedan disminuir las emisiones de CO₂ que tanto afectan al planeta.

ABSTRACT

The Alonso Sánchez Park is located in the city of Huelva, province of Andalusia, Spain. It has 3,000 meters and offers 360° views of the city. It is currently in decline. It is only used for sporadic concerts. The rest of the year it is forgotten due to the feeling of insecurity due to dark areas and the lack of any kind of entertainment. Some citizen groups have demanded its adaptation and integration into the city to turn it into a cultural space and tourist attraction, equipping it with recreational and restaurant areas.

Because of this, a proposal is made for a photovoltaic installation to adapt and recover the Alonso Sánchez Park, proposing as an alternative a restaurant with a self-consumption photovoltaic installation, connected to the grid with surpluses, and also changing the existing LED lighting for photovoltaic lamps in such a way that CO₂ emissions that affect the planet so much can be reduced.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de consumo promedio. Fuente: Propia.....	21
Tabla 2. Datos de autoconsumo restaurante. Fuente: Propia.	22
Tabla 3. Datos de autoconsumo diario y anual de restaurante. Fuente: Propia.	23
Tabla 4. Presupuesto de instalación de iluminación tipo solar. Fuente: Propia.	31
Tabla 5. Pérdidas en plano fijo para los paneles basado en simulación PVSyst. Fuente Propia.....	34
Tabla 6. Factores de sombreado lineal. Fuente: PVSyst.	38
Tabla 7. Resultados principales. Fuente: PVSyst.	40
Tabla 8. Media de la producción horaria anual. Fuente: Gabitel.	43
Tabla 9. Resumen de la instalación FV. Fuente: elaboración propia.	45
Tabla 10. Producción anual acumulada durante 25 años. Fuente: Propia.	46
Tabla 11. Emisiones estimadas debidas a la fabricación de módulos fotovoltaicos. Fuente: Propia.....	48
Tabla 12. Emisiones globales de la planta estimadas Fuente: Propia.....	48
Tabla 13. Emisiones globales de la planta estimadas. Fuente: Propia.....	49
Tabla 14. Presupuesto estimado para el restaurante. Fuente: Propia.....	50
Tabla 15. Cálculos de Costos. Fuente: Propia.	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura Solar Fuente Todo Sistema Solar. Fuente: Todo el sistema solar.	2
Figura 2. Horas de sol pico para la generación de energía eléctrica. Fuente: Sfe-Solar.....	4
Figura 3. Tipos de células solares. Fuente: Enelgreen.	5
Figura 4. Imagen de inversor fotovoltaico. Fuente: Huawei.....	6
Figura 5. Regulador fotovoltaico. Fuente: Huawei.....	7
Figura 6. Ejemplo de batería de 14,21 kWh. Fuente: EfcSolar.	7
Figura 7. Contador bidireccional fotovoltaico. Fuente: Huawei.	8
Figura 8. Protecciones AC. Fuente: Enelgreen.....	8
Figura 9. Soporte coplanar. Fuente EFC-Solar.....	9
Figura 10. Soporte de altura. Fuente: EFC-Solar.	9
Figura 11. Soporte de hormigón. Fuente EFC-Solar.	10
Figura 12. Autoconsumo Colectivo y autoconsumo individual con excedentes. Fuente: RADNEE.....	12
Figura 13. Unifilar de Instalación fotovoltaica conectada a la red de baja tensión. Fuente: BOE.....	14
Figura 14. Luminaria Alumbrado Público Solar Dividida Off Grid. Fuente: Dumalux.....	15
Figura 15. Vista 2D Ubicación y 3D del Parque Alonso Sánchez 21003, Huelva España. Fuente: Google Earth.....	18
Figura 16. Vista Nocturna del Parque Alonso Sánchez, Huelva España, Fuente: Propia.	19
Figura 17. Vista Nocturna del Parque Alonso Sánchez, Huelva España. Fuente: Propia.	19
Figura 18. Bar Restaurante. Fuente: Fabian Dejtiar.	21
Figura 19. Radiación solar en España. Fuente: MITECO	27
Figura 20. Mapa de insolación anual en España. Fuente: Instituto Geográfico Nacional.....	28
Figura 21. Dimensiones del foco solar Sunstay. Fuente: Catálogo de Signify N.V... 30	
Figura 22. Localización geográfica en coordenadas. Fuente: PVSyst.	32
Figura 23. Datos meteorológicos Meteonor 8.0. Fuente: PVSyst.	33
Figura 24. Orientación e inclinación de los paneles FV. Fuente: PVSyst.....	34
Figura 25. Cálculo de pitch, distanciamiento de los paneles FV. Fuente: Gabitel	35
Figura 26. Medida de los paneles FV. Fuente: Jinko Solar.	36
Figura 27 Selección de panel e inversor FV. Fuente: PVSyst.	36
Figura 28. Modelo HuaweiSun 2000. Fuente: Huawei.	37

Figura 29. Soporte para paneles. Fuente: SolarBlock.....	37
Figura 30. Simulación del sistema fotovoltaico propuesto para el Parque A.S. Fuente: PVSyst.	38
Figura 31. Cableado del sistema para cálculos de pérdidas óhmicas. Fuentes PVsyst.....	39
Figura 32. Diagrama entrada/salida diaria, Autoconsumo restaurante. Fuente: PVSyst.	39
Figura 33. Producciones normalizadas. Fuente: PVSyst.	42
Figura 34. Proporción de rendimiento, Zona I. Fuente: PVSyst.	42
Figura 33. Pérdidas del Sistema. Fuente: PVSyst.....	44
Figura 36. Energía mensual producida durante 25 años, Fuente: Propia.	47

INDICE

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Estado del arte	1
1.1.1. El Sol como fuente de energía.....	1
1.1.2. Energía renovable. La energía fotovoltaica.....	2
1.1.3. Sistema fotovoltaico	4
1.1.4. Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo.....	11
1.1.5. Integración arquitectónica de los sistemas fotovoltaicos.....	13
1.2. Problemática.....	15
1.3. Hipótesis.....	15
1.4. Objetivos.....	15
1.4.1. Objetivo general	15
1.4.2. Objetivos específicos	16
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
2.1. Área de estudio	17
2.2. Iluminación del Parque	18
2.2.1. Evaluación de la iluminación existente.....	18
2.2.2. Selección de los focos solares	19
2.2.3. Planificación de la instalación	20
2.2.4. Evaluación de impacto ambiental.....	20
2.2.5. Evaluación Costo /Beneficio	20
2.3. Implementación de Autoconsumo en un Restaurante	20
2.3.1 Consumo de Bar Restaurante.....	20
2.3.2. Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica.....	24
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
3.1. Variables meteorológicas.....	27
3.2. Dimensionamiento de la iluminación fotovoltaica	28

3.2.1. Evaluación de la iluminación existente.....	28
3.2.2. Cálculo de luminarias.....	29
3.2.3. Selección de los focos solares.....	29
3.2.4. Planificación de la instalación.....	31
3.2.5. Estimación de emisiones de para el alumbrado público del parque.....	31
3.2.6. Relación coste/beneficio de la iluminación fotovoltaica.....	31
3.3. Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica.....	32
3.3.1. Localización geográfica.....	32
3.3.2. Orientación de los módulos.....	33
3.3.3. Rendimiento de la instalación.....	40
3.3.4. Producción a lo largo de la vida útil.....	45
3.3.5. Relación coste/beneficio de la planta fotovoltaica.....	50
CONCLUSIONES	52
REFERENCIAS	53
Anexo I: Planos	57
Anexo II: Iluminacion fotovoltaica	60
Anexo III: Ficha técnica Panel Solar Jinko Solar 545W.....	62
Anexo IV: Ficha técnica Inversor Huawei Technologies, 36 kW.....	64
Anexo V: Ficha técnica de la estructura de los paneles.....	66
Anexo VI: Resultados simulación.....	68

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Estado del arte

La generación eléctrica en España ha experimentado un crecimiento bastante significativo en el uso de energías renovables. La aprobación del Real Decreto Ley 15/2018 ha impulsado el desarrollo de instalaciones eólicas y solares fotovoltaicas, mejorando considerablemente el marco regulatorio anterior. Según informes de REE, en 2023, las fuentes de energía renovables representaron casi el 61,3% de la generación total, alcanzando 125,6 MW. A finales de 2023, la energía fotovoltaica aumentó en un 28% de la cifra mencionada anteriormente siendo 25,595 en servicio MW. que representa un 20,3%, esto sitúa al país como el segundo de la Red Europea de Gestores de Redes de Transporte de Electricidad (ENTSO-E), en cuanto a mayor potencia instalada tanto térmica y fotovoltaica.

En 2020, a pesar de la pandemia de COVID-19, la Unión Europea avanzó en la transición energética con el Pacto Verde Europeo, fijando como objetivo la neutralidad climática para 2050. España, alineada con estos objetivos, aprobó el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030, que establece metas ambiciosas para 2030. La tecnología solar fotovoltaica sigue optimizándose, reduciendo costos y aumentando su viabilidad técnica y económica.

1.1.1. El Sol como fuente de energía.

El Sol es una esfera de gas extremadamente caliente con un diámetro de aproximadamente 1.390.000 km y se encuentra a una distancia media de 150.000.000 km de la Tierra. Su temperatura efectiva es de 5.777 K, mientras que en su núcleo puede alcanzar entre 8.000.000 K y 40.000.000 K. La densidad en el núcleo es 100 veces mayor que la del agua.

El Sol es un reactor de fusión continua, compuesto principalmente por hidrógeno (75%) y helio (24%), con trazas de otros elementos como oxígeno, carbono, neón, nitrógeno, magnesio, hierro y silicio. La energía generada en el núcleo se transfiere a la superficie a través de procesos radiativos y convectivos, y luego se irradia al espacio.

La mayor parte de la energía del Sol se produce en la región central, que abarca hasta el 23% del radio solar y contiene el 40% de su masa. A medida que nos alejamos del núcleo, la temperatura y la densidad disminuyen, y los procesos convectivos se vuelven más importantes a partir de $0,7R$ (donde R es el radio del Sol).

La superficie del Sol, llamada fotosfera, está compuesta por gránulos y poros. Por encima de la fotosfera se encuentra la atmósfera solar, que incluye la cromosfera y la corona. La corona tiene una temperatura extremadamente alta, alrededor de 1.000.000 K, pero una densidad muy baja, cada capa desde la más interna hasta la más externa se observa mejor en la figura 1.

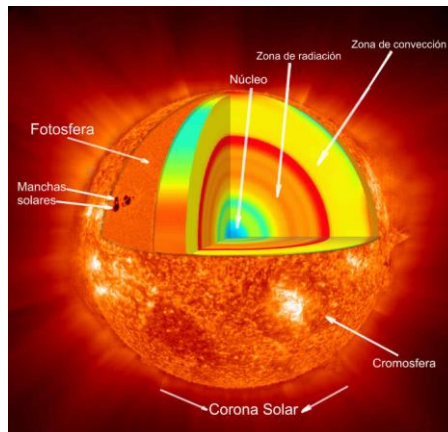


Figura 1. Estructura Solar Fuente Todo Sistema Solar. Fuente: Todo el sistema solar.

1.1.2. Energía renovable. La energía fotovoltaica.

La energía solar es la radiación electromagnética que llega a la Tierra, proveniente principalmente del sol, donde se genera mediante un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos maneras: por conversión térmica de alta temperatura en sistemas fototérmicos o por conversión fotovoltaica en sistemas fotovoltaicos. La energía solar fotovoltaica está basada en la obtención de la energía eléctrica procedente de la radiación solar, a partir de tecnologías basadas en el efecto fotoeléctrico. El proceso consiste en la generación de energía eléctrica a través de la incidencia de radiación solar sobre una célula fotovoltaica. Dicha incidencia hace que se produzca una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras, haciendo que los electrones salten de un lugar a otro, generando la corriente eléctrica.

La radiación solar puede clasificarse en:

Radiación directa: Constituida por los haces de rayos que se reciben en línea recta con el sol.

Radiación difusa: Procedente de todo el cielo, excluyendo la recibida directamente del sol.

Radiación de albedo (o reflejada): Ésta procede de elementos en los que se produce una la reflexión de la radiación solar que incide sobre ellos (suelo, nieve, nubes, etc).

Cálculo de la Radiación Solar sobre una placa inclinada

Para poder calcular la radiación solar se requieren dos magnitudes que corresponden a la potencia y a la energía de la radiación que llegan a una unidad de superficie, que se denominan irradiancia e irradiación:

Irradiancia: Es la potencia de la radiación solar que incide sobre una superficie en un instante determinado. Proporciona la energía que llega instantáneamente a un punto de la Tierra en cada unidad de superficie. Es como medir el flujo de energía solar en un momento dado. Se expresa en vatios por metro cuadrado (W/m^2).

Irradiación: Representa la cantidad total de energía solar que recibe una superficie durante un periodo de tiempo específico. Es la acumulación de la irradiancia a lo largo del tiempo y se mide en julios por metro cuadrado (J/m^2). Frecuentemente se utiliza como unidad el Wh/m^2 .

Horas sol pico (HSP)

Para facilitar los cálculos en las instalaciones fotovoltaicas, se emplea un concepto relacionado con la radiación solar, que simplifica el cálculo de las prestaciones energéticas de este tipo de instalaciones, son las “horas sol pico” (HSP).

Las Hora Solar Pico es un concepto que se utiliza para normalizar la cantidad de radiación que llega a la superficie y se define como la energía por unidad de superficie que llegaría a un lugar si la irradiancia solar fuera constante e igual a $1000 W/m^2$. Se utiliza frecuentemente para realizar cálculos fotovoltaicos. El comportamiento se ilustra en la figura 2. La línea azul representa la cantidad de energía que se recibe a lo largo del día y que no es constante debido a que la irradiancia cambia a lo largo del día por el movimiento del sol y las condiciones de la atmósfera. El cuadrado representa la que se recibiría si la irradiancia siempre fuera $1000 W/m^2$. El tiempo de HSP debe ser tal que el área encerrada por ambas curvas (irradiación) sea la misma. Para calcular el valor de las horas solares pico de la zona de estudio existen varias aplicaciones web y software dedicado para dicha tarea los cuales toman en consideración todos los aspectos anteriormente mencionados (Font, 2020).



Figura 2. Horas de sol pico para la generación de energía eléctrica. Fuente: Sfe-Solar.

1.1.3. Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de varios equipos que permiten que la energía solar pueda convertirse en energía eléctrica de corriente continua y, posteriormente, pasando por un inversor se convierta en corriente alterna y pueda utilizarse por equipos de cualquier tipo de manera limpia, sustentable y por supuesto rentable. Por esta razón se está convirtiendo en una de las fuentes de energía con más demanda.

Todo el sistema fotovoltaico se dimensiona en función del consumo que tenga un usuario. A partir de esto se seleccionarán los paneles solares adecuados que capten la energía solar que el proyecto necesita, así como los demás elementos que conforman el sistema (Solarama, 2024).

1.1.3.1. Partes que componen un sistema fotovoltaico

Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos o paneles solares son una parte fundamental en una instalación solar fotovoltaica debido a que se encargan de captar la radiación solar y transformarla en energía eléctrica.

Su composición es de silicio (elemento semiconductor), de modo que, cuando el haz de luz incide sobre ellas, generan una diferencia de potencial y posibilitan la producción de corriente. Depende de la radiación o nivel de iluminación, de tal forma que a medida que esta aumenta, aumenta la intensidad o corriente.

Los tipos más comunes de módulos fotovoltaicos son el silicio monocristalino, policristalino y de capa fina:

- Silicio monocristalino: módulos de color azul oscuro, casi negro, cuyas células tienen unos bordes redondeados y están formadas por cristales de silicio monocristalino, todos orientados en la misma dirección. Con luz perpendicular garantizan una buena producción de energía, con una eficiencia de aproximadamente un 18-21 %.
- Silicio policristalino: módulos azules con tonos cambiantes compuestos por cristales de silicio orientados de manera no uniforme. Tienen una menor eficiencia (15-17 %) si reciben los rayos del sol perpendicularmente, pero su rendimiento es mayor a lo largo del día.
- Capa fina: módulos de menor eficiencia, que funcionan bien con luz difusa o a altas temperaturas.

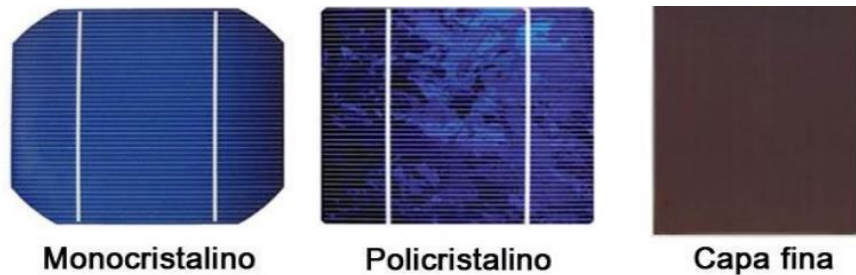


Figura 3. Tipos de células solares. Fuente: Enelgreen.

En la actualidad, el silicio cristalino (policristalino y monocristalino) domina el mercado fotovoltaico gracias a su madurez tecnológica y eficiencia comercial. Sin embargo, su dependencia del silicio y un margen de mejora limitado en cuanto a costos representan sus principales limitaciones. Por otro lado, las tecnologías de capa delgada (CdTe, CIGS y a-Si) han ganado terreno debido a sus menores costos de producción y versatilidad. No obstante, sus eficiencias aún son inferiores y su dependencia de materiales escasos constituye un desafío. En el horizonte, tecnologías emergentes como la concentración fotovoltaica, que ofrece altas eficiencias, y las células de tercera generación, que prometen bajos costos y versatilidad, podrían revolucionar el sector, aunque aún enfrentan retos en términos de costos y eficiencia, respectivamente (Hernández, 2021)

El inversor

El inversor se encarga de transformar la corriente continua (CC), en corriente alterna, (CA). Esta última es el tipo de corriente que circula en la red de distribución. También eleva el nivel de tensión de la proporcionada por los módulos fotovoltaicos a 220V normalmente usados por la mayoría de los usos domésticos e industriales.

(Solarama, 2024) Las instalaciones fotovoltaicas son diferentes según las características de la vivienda y las necesidades de los consumidores, los inversores también cambian según las características y necesidades de la instalación en la que se vaya a incorporar. Existen tres grupos de inversores.

- Inversor on grid: El inversor on grid es aquel que se encuentra en las instalaciones fotovoltaicas que van conectadas a la red eléctrica, de forma que el excedente de energía que puedan generar las placas solares es enviado a la red.
- Inversor off grid: Este tipo de inversor se encuentra en las instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red eléctrica, es decir, que no están conectadas a la red eléctrica y que toda la electricidad la obtienen de la instalación solar. Este inversor se utiliza cuando la instalación fotovoltaica cuenta con baterías solares, de manera que cuando se producen excedentes de energía esta es enviada a las baterías.
- Híbrido: Este inversor se encuentra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red y con batería incorporada. De esta forma, el excedente de energía que se puede producir es enviado, en primer lugar, a la batería y, una vez esté la batería cargada, a la red eléctrica.



Figura 4. Imagen de inversor fotovoltaico. Fuente: Huawei.

El regulador de carga

El regulador de carga o controlador tiene como función principal regular la corriente en las limitaciones de sobrecarga o descarga profunda de la batería para así maximizar el tiempo de vida útil de la misma que en los equipos actuales vienen incorporados al inversor.



Figura 5. Regulador fotovoltaico. Fuente: Huawei.

Baterías

Las baterías fotovoltaicas son un dispositivo que puede incluir en la instalación para acumular la energía y transformarla en corriente alterna, a través de procesos electroquímicos. Ofrecen una gran capacidad para almacenar toda la energía que absorben los paneles, y reservarla para ser utilizada cuando sea necesario.



Figura 6. Ejemplo de batería de 14,21 kWh. Fuente: EfcSolar.

Contador bidireccional

El contador bidireccional es un componente clave en una instalación fotovoltaica, especialmente en los sistemas de autoconsumo con excedentes. Este dispositivo se encarga de registrar la cantidad de energía que fluye en dos direcciones: desde la red eléctrica al usuario y desde el usuario a la red eléctrica. La necesidad de un contador bidireccional se hace evidente con la implementación de la nueva ley de autoconsumo RD 244/2019, que permite que los excedentes energéticos se viertan a la red y que los usuarios reciban una compensación por estos. Es importante notar que el contador bidireccional debe estar homologado por la empresa comercializadora, que es la encargada de proporcionar los datos necesarios para la compensación.



Figura 7. Contador bidireccional fotovoltaico. Fuente: Huawei.

Los elementos de protección

Una instalación fotovoltaica requiere de diversos elementos a fin de proteger la instalación y garantizar su seguridad para la desconexión oportuna. Estos elementos son los que conforman el cuadro de protecciones, diodos, elementos de monitorización, contabilización. Tanto en corriente continua como alterna.



Figura 8. Protecciones AC. Fuente: Enelgreen.

Estructuras para paneles solares

La estructura soporte para placas solares sirve como sistema de sujeción para los módulos fotovoltaicos. Además, proporciona la orientación e inclinación óptimas el material de fabricación de la estructura puede ser aluminio, acero galvanizado, acero inoxidable para climas extremos, etc.

Las estructuras para el montaje de instalaciones solares fotovoltaicas pueden ser:

- **Soportes para cubiertas inclinadas:**

Además de las varillas roscadas, existen otros sistemas de fijación como los ganchos en S o los perfiles en U, que se adaptan a diferentes tipos de tejas y materiales de cubierta, es fundamental asegurar una correcta impermeabilización de los puntos de perforación para evitar filtraciones y posibles daños en la cubierta.

La instalación de los paneles solares puede afectar a la ventilación de la cubierta. Es importante asegurarse de que se mantenga una ventilación adecuada para evitar problemas de condensación y humedad.



Figura 9. Soporte coplanar. Fuente EFC-Solar

- **Soportes para cubiertas planas:**

Las estructuras para cubiertas planas suelen ser modulares y fabricadas en aluminio o acero galvanizado. Existen diferentes tipos de perfiles y bases que permiten adaptar la instalación a las características de la cubierta.

En el caso de cubiertas planas con aislamiento, es necesario considerar la compatibilidad de los soportes con el sistema de aislamiento y garantizar que no se dañe durante la instalación.



Figura 10. Soporte de altura. Fuente: EFC-Solar.

- **Estructuras de fachada o verticales:**

La orientación de los paneles en fachadas puede ser vertical u horizontal, y la elección dependerá de las condiciones climáticas y de la disponibilidad de espacio.

Es importante evaluar la posibilidad de sombreado por elementos arquitectónicos o vegetación, ya que puede reducir significativamente la producción de energía.

- **Estructuras de suelo:**

Los fundamentos de las estructuras de suelo deben diseñarse teniendo en cuenta el tipo de suelo, las cargas a soportar y las condiciones climáticas de la zona.

Las estructuras de suelo permiten una mayor flexibilidad en la orientación de los paneles y, en algunos casos, la instalación de sistemas de seguimiento solar para optimizar la producción de energía. (EFC Solar, 2024)



Figura 11. Soporte de hormigón. Fuente EFC-Solar.

1.1.3.2. Tipos de sistemas fotovoltaicos

En este apartado se va a explicar cuáles son los diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos que se pueden encontrar en el mercado hoy en día, teniendo en cuenta muchos factores importantes, que hacen que un sistema sea más adecuado para las diferentes situaciones en las que uno se puede encontrar. No hay un sistema que sea mejor que otro, solamente depende de las circunstancias en las que el conjunto se encuentre trabajando si queremos optimizar el uso de energía en un hogar concreto. Existen tres maneras de utilizar la energía creada y gestionarla: Sistemas aislados, híbridos, y conectados a red. La diferencia entre cada una de ellas está explicada en los siguientes apartados:

- **Instalación fotovoltaica conectada a red**

Estas instalaciones pueden ser utilizadas para autoconsumo propio o no. En el caso de ser solo una instalación de producción, toda la energía que se genera se vierte a la red de distribución.

Por otro lado, cuando se trata de una instalación de autoconsumo conectada a la red, esta es capaz de tomar energía de la red cuando la instalación fotovoltaica no es capaz de suplir toda la demanda, pero a la vez es capaz de verter energía a la red de distribución cuando hay un excedente de producción

- **Instalación fotovoltaica aislada**

Es el tipo de instalación dotada de un sistema con finalidad de uso de la energía generada de forma autónoma, es decir, sin necesidad de estar conectados a la red de distribución.

1.1.4. Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo.

Una instalación de autoconsumo con excedentes en Andalucía, según la normativa vigente, es aquella que genera energía eléctrica a partir de fuentes renovables (como la energía solar fotovoltaica) y que permite al consumidor inyectar a la red eléctrica el excedente de energía que no consume.

1.1.4.1. Normativa:

La normativa que regula las instalaciones de autoconsumo con excedentes en Andalucía se encuentra en:

- En el Real Decreto 15/2018, de 31 de marzo, por el que se desarrolla la autoproducción y el autoconsumo de energía eléctrica.
- Orden de 5 de marzo de 2013, por la que se establece el procedimiento de puesta en servicio de las instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia y de las instalaciones de autoconsumo de energía eléctrica.
- Manual de la Secretaría General de Energía para la tramitación administrativa de las instalaciones de autoconsumo en la comunidad autónoma de Andalucía (agosto de 2023).

1.1.4.2. Tipos de autoconsumo

Para instalaciones menores de 100 kW podemos optar también por un sistema de compensación simplificada, en la que nuestra comercializadora nos compensa los excedentes como un ahorro en nuestra factura de la luz, mes a mes. Las comercializadoras

de referencia (que ofrecen la tarifa regulada) tienen definido por ley qué valor económico dar a esos excedentes. En el caso de comercializadoras de libre mercado, la compensación se hace en los términos que se pacten con la comercializadora.

Por último, si prevemos que va a haber muchos excedentes, podemos optar por la modalidad de autoconsumo con excedentes sin compensación simplificada. Esto permite vender todos los excedentes que tengamos sin un límite mensual. Sin embargo, supone darse de alta como productor de energía y hacer frente a trámites fiscales y administrativos, ya que se considera que estamos llevando a cabo una actividad económica, en la figura 12 se observan los autoconsumos con excedentes que pueden ser colectivos o individual.

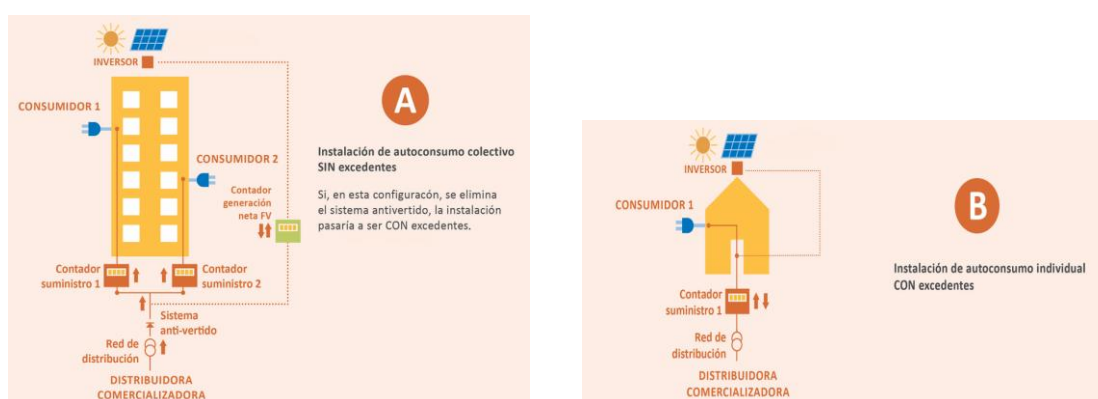


Figura 12. Autoconsumo Colectivo y autoconsumo individual con excedentes. Fuente: RADNEE.

Características:

Las instalaciones de autoconsumo con excedentes en Andalucía, con una potencia menor a 100 kW, deben cumplir con las siguientes características:

- Potencia instalada: La potencia total de los módulos fotovoltaicos no debe superar los 100 kW.
- Conexión a red: La instalación debe estar conectada a la red de distribución eléctrica de baja tensión.
- Medición: La instalación debe contar con dos medidores de energía: uno para la energía consumida de la red y otro para la energía generada y autoconsumida.
- Compensación de excedentes: El consumidor puede compensar el excedente de energía inyectado a la red con el consumo de energía de la red durante un periodo de un año.
- Registro de autoconsumo: La instalación debe estar inscrita en el Registro Administrativo de Autoconsumo de Energía Eléctrica (RADNEE).

Pasos a seguir para la instalación de un sistema de autoconsumo con excedentes en Andalucía.

1. Solicitar un Código de Acceso a la Red (CAU) a la empresa distribuidora.
2. Realizar el proyecto técnico de la instalación.
3. Contratar a un instalador autorizado para la realización de la instalación.
4. Tramitar la puesta en servicio de la instalación ante el órgano autonómico competente.
5. Inscribir la instalación en el RADNE.

Beneficios de las instalaciones de autoconsumo con excedentes

- Reducción de la factura eléctrica: El autoconsumo de energía solar permite reducir significativamente la factura eléctrica del consumidor.
- Independencia energética: El autoconsumo aumenta la independencia energética del consumidor, reduciendo su dependencia de la red eléctrica convencional.
- Sostenibilidad ambiental: La generación de energía solar fotovoltaica es una fuente de energía limpia y renovable que no produce emisiones de gases de efecto invernadero ni otros contaminantes.
- Ahorros económicos: El autoconsumo puede generar ahorros económicos a largo plazo, ya que el precio de la energía solar fotovoltaica ha disminuido considerablemente en los últimos años.

1.1.5. Integración arquitectónica de los sistemas fotovoltaicos.

1.1.5.1. Esquema unifilar

Un esquema unifilar es una representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella.

El esquema unifilar se distingue de otros tipos de esquemas eléctricos donde el conjunto de conductores de un circuito se representa mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores.

La siguiente figura muestra un esquema unifilar de una instalación tipo de una instalación conectada a la red de baja tensión (BT). Vemos que a la derecha está la sección con los paneles y el inversor, y todo ello se conecta a través de un cuadro eléctrico con contadores a la instalación de la casa y/o a la red de baja tensión, de modo que la electricidad producida puede circular hacia ambas direcciones según haya demanda o no.

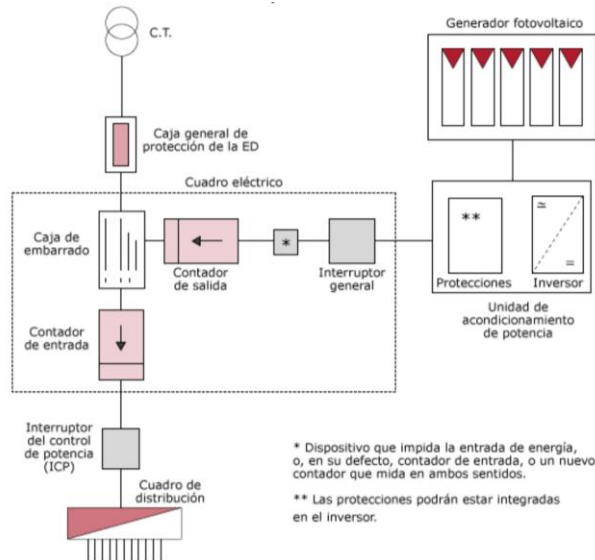


Figura 13. Unifilar de Instalación fotovoltaica conectada a la red de baja tensión. Fuente: BOE

1.1.5.2. Luminaria Solar de Alumbrado Público

Una Luminaria de Alumbrado Público Solar está compuesta por 4 elementos principales:

- Panel Solar
- Batería Recargable
- Módulos LED
- Controlador

Tipos de Luminaria LED Solar de Alumbrado Público

Cuando se trata de Luminarias de Alumbrado Público Solar existen 2 tipos:

- Todo en uno: Todos los componentes están integrados en una sola unidad.
- Divididas: Los componentes están separados, lo que ofrece más flexibilidad en la instalación.
 - On-grid: Conectadas a la red eléctrica para un suministro adicional de energía.
 - Off-grid: Totalmente autónomas, funcionan solo con energía solar.
 - Híbridas: Combinan lo mejor de ambos mundos, utilizando energía solar como principal fuente y la red eléctrica como respaldo (Dumalux, 2024).



Figura 14. Luminaria Alumbrado Público Solar Dividida Off Grid. Fuente: Dumalux.

1.2. Problemática

El Parque Alonso Sánchez cuenta con una superficie de más de 30.000 metros cuadrados, el parque, Fue construido en la década de los noventa, y mencionado por sus altos muros y arquitectura poco tradicional, el cual aporta a la ciudad unas grandes vistas de 360 grados muy cerca del centro de la ciudad, siendo esta opción un atractivo para el turismo En la actualidad este parque se encuentra en muy malas condiciones, ha caído en el más absoluto olvido. En los últimos años, se ha actuado sobre un total de 48 luminarias de 100 W, para un total de 4800 W poniendo luces led, ubicados en postes distribuidos por todo el parque, que han mejorado la iluminación. Sin embargo, sigue siendo muy deficiente y aún se encuentran zonas oscuras dentro del parque lo que aleja a la ciudadanía de la ubicación. Ha habido distintos proyectos para adecuar este espacio, entre los que se cuentan, quioscos, escenarios, un rocódromo, ascensores y la construcción de un bar restaurante con una terraza.

1.3. Hipótesis

La implementación de un sistema de iluminación solar fotovoltaica y una instalación fotovoltaica conectada a red en un bar-restaurante ubicado en un parque permitirá reducir significativamente su dependencia energética, generar ahorros económicos y disminuir su impacto ambiental.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Reducir la dependencia energética, generar ahorros económicos y disminuir el impacto ambiental del parque Alonso Sánchez estimando futuras reformas.

1.4.2. Objetivos específicos

1) Realizar una propuesta de iluminación basada solar fotovoltaica, que posibilitaría su instalación sin necesidad de cableado, y complementaría la actual iluminación.

2) El diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica conectada a red con excedentes que suministraría la energía necesaria a un bar-restaurante construido en una zona del parque adecuada para tal fin

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La propuesta de este trabajo tiene dos grandes apartados, el primero es la evaluación del sistema de iluminación del parque Alonso Sánchez, mediante visitas in situ, inspección nocturna y la selección de una luminaria acorde a las necesidades del parque,

El segundo se refiere a la evaluación fotovoltaica para autoconsumo de un restaurante, y como herramienta de cálculo usaremos PVsyst, que es un software especializado en el diseño y la simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica.

El software permite la simulación y análisis de sistemas fotovoltaicos a partir de datos meteorológicos concretos, incluso importables, y la selección de parámetros específicos y personalizados de los diferentes equipos que pueden conformar una instalación.

Además, PVsyst incorpora una potente herramienta de análisis económico, aplicando costes reales personalizables. PVsyst presenta los resultados en forma de informe completo, gráficos y tablas específicos. Los datos se pueden exportar a otro software.

El programa cuenta con diferentes bases de datos para la obtención de los informes meteorológicos. Para este estudio se seleccionó PVSyst en su versión 7.2 y como base de datos interna, Meteonorm 8.0 (1996-2017) que era la que brindaba la información más actualizada para el estudio.

2.1. Área de estudio

El Parque Alonso Sánchez se encuentra en La vía paisajista de la ciudad de Huelva, Andalucía, España, cuenta con una superficie de más de 30.000 metros cuadrados, el parque, fue construido en la década de los noventa, y mencionado por sus altos muros y arquitectura poco tradicional, el cual aporta a la ciudad unas grandes vistas de 360 grados muy cerca del centro de la ciudad, siendo esta opción un atractivo para el turismo

En la figura 15, encontramos la ubicación del parque Alonso Sánchez en vista aérea a través de la herramienta Google Earth y la perspectiva 3D.



Figura 15. Vista 2D Ubicación y 3D del Parque Alonso Sánchez 21003, Huelva España. Fuente: Google Earth.

Nuestro propósito es hacer un proyecto que aumente el número de visitas en el parque y lo convierta en un lugar turístico, con una perspectiva sostenible y disminuir considerablemente las emisiones de CO₂ mediante la instalación de un sistema de iluminación basado en energía fotovoltaica y el aporte energético a una zona de recreación con un bar-restaurante basado también en energía fotovoltaica, con una propuesta consistente y duradera en el tiempo y que constaría de los siguientes elementos:

- Bar Restaurante.
- Ascensor.

2.2. Iluminación del Parque

2.2.1. Evaluación de la iluminación existente

Según un diario de Huelva, Huelva Información (07 Julio 2021), con el fin de hacer más sostenible la iluminación fundamental del parque Alonso Sánchez, en el año mencionado se comenzaron trabajos con el fin de mejorar la iluminación del parque por motivos de seguridad de la zona. De esta forma, se implantaron un total de 48 luminarias de 100 W, ubicadas en postes distribuidos por todo el parque.

Sin embargo, y a pesar de dicha actuación, aún se encuentran muchas zonas oscuras dentro del parque lo que aleja a la ciudadanía de la ubicación.

Se realizaron varias visitas al Parque Alonso Sánchez y se identificaron un total de 20 zonas oscuras que requieren atención inmediata.



Figura 16. Vista Nocturna del Parque Alonso Sánchez, Huelva España, Fuente: Propia.



Figura 17. Vista Nocturna del Parque Alonso Sánchez, Huelva España. Fuente: Propia.

En las figuras 16 y 17 podemos observar la soledad del lugar en los horarios nocturnos y la poca iluminación del entorno

2.2.2. Selección de los focos solares

Las especificaciones técnicas de los focos solares a instalar deben considerar factores claves, como la eficiencia del panel solar, que determinará la cantidad de energía captada y almacenada en la batería. Otro factor importante es la autonomía, es decir, el tiempo de funcionamiento con una sola carga, dependerá de la capacidad de la batería y del consumo energético de las luces LED. Por último, el costo será un factor determinante en la elección, considerando no solo el precio inicial de compra, sino también los costos a largo plazo, como el reemplazo de baterías y el mantenimiento. La selección óptima de los focos solares implicará encontrar un equilibrio entre estas variables, asegurando una iluminación eficiente, duradera y rentable.

2.2.3. Planificación de la instalación

Posterior a la visita in situ, se procederá a elaborar una planificación de la instalación de los nuevos postes de alumbrado. Mediante el empleo del software de diseño asistido por computadora (AutoCAD), nos ayudará a realizar una distribución en un plano cartográfico preciso obtenido de la página del Instituto Geográfico Nacional, que detallará la ubicación de cada área del parque. Sobre este plano, se marcarán de forma clara y distintiva los puntos óptimos para la instalación de los nuevos postes, y la ubicación actual de las luminarias, esta representación gráfica permitirá visualizar de manera integral la propuesta del proyecto, estos planos estarán ubicados en el Anexo I: Planos.

2.2.4. Evaluación de impacto ambiental

Evaluar el impacto ambiental positivo de la instalación de focos solares. Se realizará una estimación del CO₂ evitado al reemplazar la iluminación convencional por una fuente de energía renovable. Esta evaluación considerará factores como la cantidad de energía generada por los paneles solares, el consumo energético de las luminarias LED y el factor de emisión de CO₂ asociado a la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles. Los resultados de este análisis permitirán cuantificar la contribución del proyecto a la mitigación del cambio climático y destacar su carácter sostenible.

2.2.5. Evaluación Costo /Beneficio

La evaluación del costo-beneficio de la instalación de focos solares, inicia con una rigurosa verificación del presupuesto asignado. Se analizarán en detalle los costos asociados a la adquisición de los equipos (paneles solares, baterías, postes, luminarias LED), así como los gastos de instalación, mano de obra y cualquier otro rubro relacionado. Además, se estimará el tiempo de recuperación de la inversión, considerando los ahorros generados en el consumo de energía eléctrica convencional. Esta evaluación financiera permitirá determinar la viabilidad económica del proyecto y garantizar una óptima asignación de los recursos.

2.3. Implementación de Autoconsumo en un Restaurante

2.3.1 Consumo de Bar Restaurante

Debido a que es una propuesta y no existen ningún proyecto formal, estimaremos el consumo eléctrico en base a los equipos usualmente usados en un bar restaurante para su funcionamiento.



Figura 18. Bar Restaurante. Fuente: Fabian Dejtiar.

El restaurante propuesto tiene una superficie de unos 120 m² aproximados por el espacio funcional y el funcionamiento del local se especifica en la siguiente distribución:

- 3 horas de servicio para desayuno.
- 3 horas de servicio de comida.
- 3 horas de servicio de meriendas.
- 3 horas de servicio de cenas.

Las curvas de consumo no se han podido obtener, al ser una propuesta de restaurante el cual no está construido, no podemos solicitar una factura eléctrica con los consumos (kWh) para tener un cálculo como es lo usual para este tipo de dimensionado de autoconsumo, Sin embargo, una solución es estimar el consumo aproximado en base a los equipos instalados que hay en el interior de una instalación de este tipo. Los consumos, así como su tiempo de funcionamiento se resumen en la tabla 2.

Tomaremos en cuenta un consumo promedio de algunos equipos que no funcionan todo el tiempo a una misma potencia, ya que entran en reposo, estableciendo un aproximado del tiempo que están activos en su potencia nominal, estos datos son teóricos, cada equipo trae datos precisos que dependen de cada fabricante.

Tabla 1. Datos de consumo promedio. Fuente: Propia.

Dispositivos con ciclo activo y reposo	Potencia nominal (w)	Consumo ciclo activo (kwh)	Consumo ciclo reposo (kwh)	% tiempo activo	Consumo promedio (kwh)
Aire Acondicionado	3,5	3,5	0,35	40%	0,38
Cafetera Industrial	1,00	1	0,15	30%	0,23

Cámara de Refrigeración	2	2	0,2	40%	0,32
Congelador (Nevera)	1,5	1,5	0,15	40%	0,30
Deshumidificador	1	1	0,1	40%	0,28
Freidora Eléctrica	5,00	5	0,5	40%	0,44
Horno de Convección Eléctrico	3,00	3	1,00	40%	0,64
Lavavajillas Industrial	2,00	2	0,5	30%	0,38
Máquina de Hielo	1,5	1,5	0,15	40%	0,30
Refrigerador	1,5	1,5	0,15	40%	0,30
Vitrina Refrigerada	0,2	0,2	0,1	40%	0,28

Con los datos de la tabla 1 podemos realizar una estimación más cercana a la realidad, estos datos los usaremos en la tabla 2 para determinar el consumo aproximado del restaurante propuesto.

Tabla 2. Datos de autoconsumo restaurante. Fuente: Propia.

Dispositivo	Cantidad	Potencia (kW)	Potencia (kW) Total	Horas	Consumo diario (kWh)
Aire acondicionado	2	1,61	3,22	8	25,76
Cafetera	1	0,49	0,49	5	2,45
Cocina eléctrica	1	15	15	6	90
Entretenimiento TV, radio, cámaras	1	0,4	0,4	8	3,2
Exprimidor	1	0,15	0,15	2	0,3
Deshumidificador	1	0,46	0,46	7	3,22
Máquina de Hielo	1	0,69	0,69	24	16,56
Freidoras	1	2,3	2,3	5	11,5
Heladera	1	0,21	0,21	24	5,04
Horno	2	1,8	3,6	5	18
Lavavajillas Industrial	1	1,1	1,1	6	6,6
Licuada	1	0,3	0,3	2	0,6
Luces	40	0,014	0,56	15	8,4
Microondas	1	1,5	1,5	3	4,5
Refrigerador	2	0,69	1,38	24	33,12
Tostadora industrial	1	1,8	1,8	6	10,8
Vitrina Refrigerada	2	0,1	0,2	24	4,8
TOTAL			33,36		241,65

El consumo del bar restaurante estaría alrededor de los 241,65kWh aproximadamente diariamente. En la siguiente tabla asumiremos que el restaurante cierra 1 día a la semana para descanso de los empleados, días de vacaciones colectivas y días de

mantenimiento del local. Para una distribución de 52 lunes, cierre de 15 días de vacaciones, 2 días de mantenimiento y 10 días de festivos y feriados.

Tabla 3. Datos de autoconsumo diario y anual de restaurante. Fuente: Propia.

Concepto	Días	Consumo diario (kWh)	Consumo anual (kWh)
Unidad	291	241,65	70.320

En la tabla 3 observamos que, el consumo anual estimado es de 70.320 kWh.

Realizaremos el cálculo fotovoltaico para cubrir el consumo anual del restaurante, dado que se trata de una instalación de autoconsumo sin baterías, el déficit de producción durante las horas nocturnas se suplirá con la red eléctrica, tomaremos en cuenta las limitaciones de espacio para el diseño de la instalación. Este proyecto no solo reducirá significativamente el costo de la factura, sino que también contribuirá al cuidado del medio ambiente.

Cálculo de la potencia del ascensor

Aunque no entra propiamente dentro del objetivo de nuestro TFM, entendemos que sería una propuesta interesante en un proyecto global, proponemos la idea de un ascensor para personas discapacitadas.

La potencia del ascensor depende de varios factores, como la capacidad de carga, la velocidad de desplazamiento, la altura del recorrido y el tipo de sistema de accionamiento. Sin embargo, para una estimación inicial, se puede utilizar la siguiente fórmula (1):

$$P(\text{kW}) = \frac{(\text{Carga (kg)} \times \text{Velocidad de desplazamiento (m/s)} \times \text{Altura del recorrido (m)})}{(\text{Eficiencia del sistema de accionamiento})} \quad (1)$$

Ejemplo de cálculo

Supongamos un ascensor de vidrio con las siguientes características:

- Capacidad de carga: 800 kg
- Velocidad de desplazamiento: 1 m/s
- Altura del recorrido: 10 m
- Eficiencia del sistema de accionamiento: 0.5

$$\text{Potencia (kW)} = (800 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s} \times 10 \text{ m}) / 0.5 = 16 \text{ kW} \quad (2)$$

Para el autoconsumo del restaurante se evaluará distintos modelos de negocios de hostelería para lograr un acercamiento más real al funcionamiento del restaurante propuesto y simular la viabilidad del proyecto.

2.3.2. Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica

Para dimensionar la instalación fotovoltaica, en primer lugar, haremos un estudio del consumo de la instalación y a partir de eso haremos el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica para cubrir la mayor parte posible del consumo eléctrico durante las horas que estén abiertas las instalaciones, en los momentos en que haya excedentes, poder venderlos a la compañía eléctrica. Además, se busca encontrar la mejor ubicación dentro del parque Alonso Sánchez para instalar los paneles solares, eligiendo el lugar más alto y con menos sombras para aprovechar al máximo la luz solar.

Los cálculos, simulaciones y diseños de la instalación solar se hicieron utilizando mediante PVsyst. Este software es muy utilizado en el sector de la energía solar para diseñar y analizar sistemas fotovoltaicos. Este programa permite introducir datos como la ubicación geográfica, la orientación de los paneles, la irradiación solar, etc., y a partir de ellos, calcula la producción de energía estimada, el tamaño del sistema y otros parámetros relevantes.

En este estudio se determinará la potencia total de la instalación solar en vatios pico (Wp), que indica la capacidad máxima de generación de energía en condiciones óptimas. También se calculará el costo total de la instalación.

2.3.2.1. Localización geográfica.

Identificar la caracterización geoespacial del parque, mediante la determinación de sus coordenadas geográficas (latitud, longitud y altitud) y zona horaria, es un requisito previo indispensable para la modelización energética de sistemas fotovoltaicos.

2.3.2.2. Orientación e inclinación de módulos.

Se realizó un análisis detallado de la orientación e inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos con el objetivo de minimizar los efectos del sombreado y maximizar la captación de energía solar a lo largo del año. Dado el funcionamiento continuo del restaurante, se priorizó la evaluación del rendimiento anual del sistema.

2.3.2.3. Especificaciones del sistema.

Paneles fotovoltaicos.

Para dimensionar el sistema fotovoltaico del restaurante, se utilizó el software PVsyst. Se ingresaron los datos de consumo eléctrico horario, lo que permitió calcular la potencia nominal requerida. A continuación, se optimizó la disposición de los paneles solares considerando factores como la orientación sur, una inclinación y la minimización

de sombras. De esta manera, se garantizó una máxima producción de energía y un aprovechamiento eficiente de la radiación solar disponible en la zona.

Determinación del inversor.

Para determinar la potencia del inversor, es esencial conocer la cantidad de módulos fotovoltaicos y la potencia pico exacta requerida. Se evaluarán los inversores disponibles en la base de datos de PVsyst que cumplieran con los parámetros técnicos especificados y de mayor afluencia en instalaciones fotovoltaicas por su relación calidad y precio, seleccionando el más adecuado para evitar tanto el sobredimensionamiento como el subdimensionamiento, lo cual podría comprometer la eficiencia del sistema o dañar el equipo.

Cálculo de la Sección del Cable

La sección del cable se determina principalmente por la intensidad de corriente y la caída de tensión en la fórmula (3)

$$S = \Delta V \cdot \rho \cdot L \cdot I \quad (3)$$

Donde:

- **S** es la sección del cable en mm².
- **L** es la longitud del cable en metros.
- **I** es la corriente en amperios.
- **ΔV** es la caída de tensión permitida (normalmente 3-5% de la tensión nominal).
- **ρ** es la resistividad del material del cable (para cobre, $\rho \approx 0.0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).

Intensidad de Corriente

La corriente se calcula a partir de la potencia del sistema y la tensión de operación.

$$I = \frac{P}{V} \quad (4)$$

Donde:

- **P** es la potencia en vatios (W).
- **V** es la tensión en voltios (V).

Caída de Tensión

La caída de tensión debe ser mínima para evitar pérdidas de energía. Se recomienda que no supere el 3-5% de la tensión nominal.

2.3.2.4. Definición del sistema

Llegados a este punto, sólo queda seleccionar a los inversores, los módulos, la disposición de la matriz indicando el número de módulos en serie y en paralelo, y simular el sistema por lo que comprobaremos en PVSyst la disposición correcta para los parámetros del inversor.

2.3.2.5. Relación coste/beneficio.

Para el estudio económico se analizaron los flujos económicos directamente relacionados con la instalación y su amortización. En el establecimiento de la relación coste/beneficio, se partió del cálculo de la producción real anual (kWh) y el rendimiento de la instalación; también fue necesario conocer el precio de la energía obtenido por Endesa para los excedentes, Se determinó en segundo lugar, el periodo de retorno de la instalación, a partir del cálculo del ahorro (establecido por la relación del coste anual de la instalación sin autoconsumo y con autoconsumo para cada uno de los perfiles) y con la información del coste de un vatio pico, se puede calcular el periodo de retorno.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Variables meteorológicas.

La provincia de Huelva, ubicada en la costa de la Luz, goza de unas condiciones climáticas excepcionalmente favorables para la generación de energía solar, los niveles de irradiación solar oscilan entre valores superiores a los 1.800 kWh/(m²·año). En la siguiente figura se observan las diferencias regionales de irradiación global media anual, siendo la distribución en 5 zonas, Huelva pertenece a la zona 5, llegando a tener en el Sur peninsular valores de 5 kWh/ (m²·día). En la zona donde se va a instalar la planta objeto del presente proyecto disponemos de una irradiación global media anual de 1.825 kWh/ (m²·año).

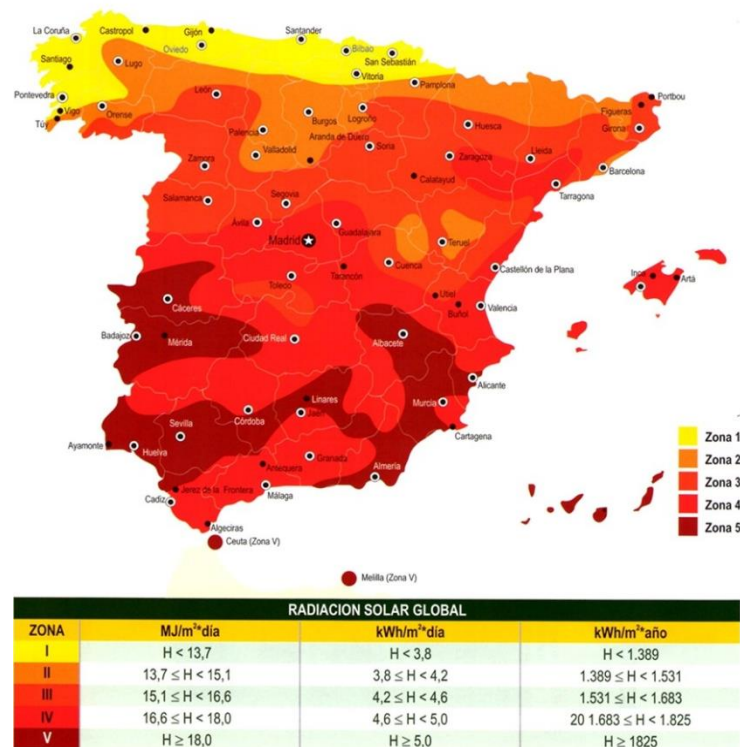


Figura 19. Radiación solar en España. Fuente: MITECO

Insolación solar

El sur de España, disfrutan de una mayor cantidad de horas de sol, con cifras que pueden alcanzar hasta las 3.000 horas anuales como se puede observar en la figura 20.

La abundante radiación solar se traduce en un elevado número de horas de sol. Huelva disfruta de una media de 8 horas de sol al día a lo largo del año, según datos de la Asociación Española de Fabricantes de Energía Solar Fotovoltaica (UNEF). Además de la radiación solar y las horas de sol, las temperaturas en Huelva también contribuyen

a optimizar el rendimiento de los paneles solares. La provincia se caracteriza por un clima mediterráneo, con veranos cálidos y secos e inviernos suaves. Estas condiciones térmicas estables garantizan un funcionamiento óptimo de los paneles solares durante todo el año.

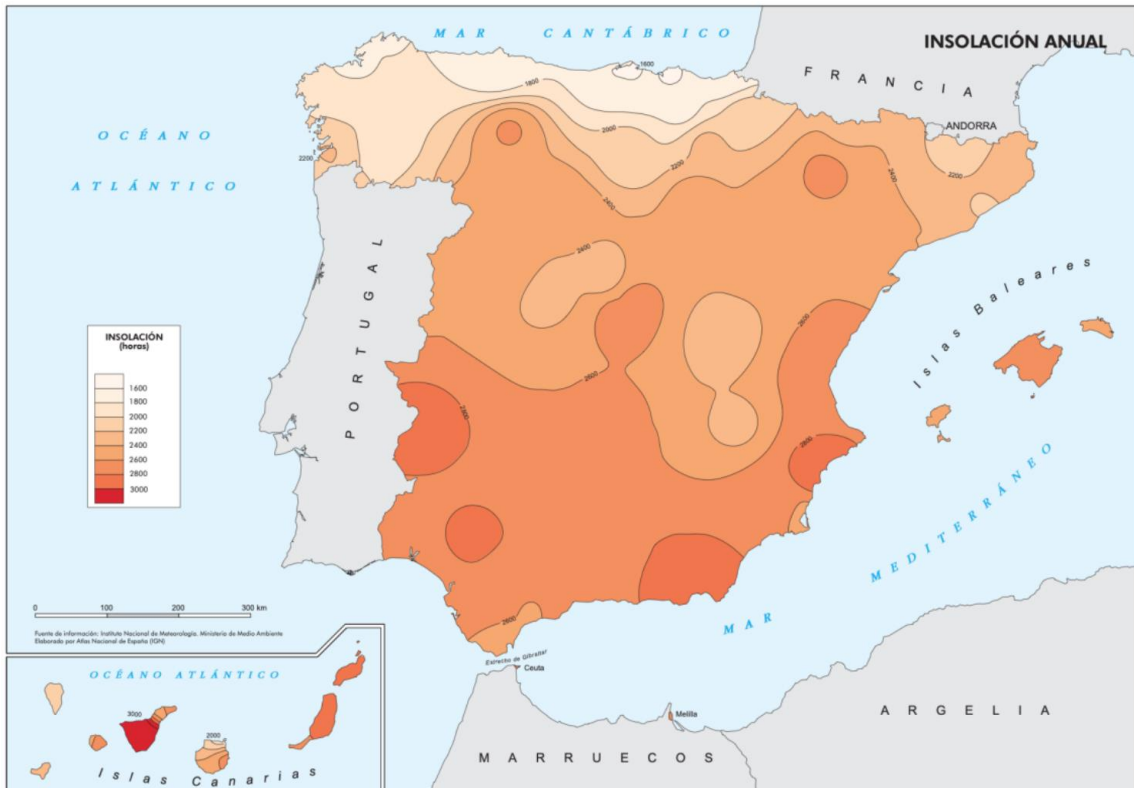


Figura 20. Mapa de insolución anual en España. Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

Con respecto a la distribución horaria, se aprecia que la radiación solar alcanza su punto álgido durante las horas centrales del día. Este intervalo se convierte en el más provechoso para la generación de energía fotovoltaica, y debe ser considerado en el diseño e instalación de sistemas solares para garantizar una captación solar eficiente como es el caso de Huelva y donde está el emplazamiento de nuestro proyecto.

3.2. Dimensionamiento de la iluminación fotovoltaica

3.2.1. Evaluación de la iluminación existente

A través de la inspección in situ, se realizaron un total de 2 visitas nocturnas, se identificaron la cantidad de focos existentes y su distribución se encuentra en el Anexo I: Planos, el plano de “Emplazamiento Actual”, con un total de 48 luminarias tipo led. Además, se identificaron 20 zonas oscuras dentro del parque (ver plano de “Emplazamiento reformado”).

3.2.2. Cálculo de luminarias.

Se implementarían en total 68 luminarias para mejorar la iluminación del parque, que incluye: 48 puntos de instalación actual que requieren reforma, y hemos considerado 20 luminarias adicionales para zonas oscuras que requieren instalación inmediata.

$$Potencia = 68 \text{ luminarias} \times 0,100kW = 6,8kW \text{ (5)}$$

Para cubrir las horas nocturnas se tiene previstas un total de 12 horas, El consumo sería de:

$$Consumo = 6,8 \text{ kW} \times 12H = 81,6 \text{ kWh} \text{ (6)}$$

Para esta cantidad de luminarias el consumo eléctrico durante 12 horas sería de total 81,6kWh para lámparas de 100W.

3.2.3. Selección de los focos solares

Se seleccionó como propuesta la luminaria del Fabricante Philips, el modelo SunStay – Luminaria viaria solar Todo en uno. Dicho fabricante cuenta con años de experiencia y trayectoria en iluminación renovable para áreas públicas.

Hemos seleccionado esta luminaria debido a que entre los proyectos en los cuales ha sido se encuentra el Parque Infanta Elena en Sevilla (España), con el testimonio de la comunidad que, gracias a la nueva iluminación solar instalada en el parque, los ciudadanos se sienten ahora más seguros de noche. Además, gracias a esta iluminación sostenible la ciudad se beneficia de un considerable ahorro de energía y de una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero

Según el fabricante esta luminaria de 100W cuenta con una batería integrada de ferrofosfato de litio (LiFePO4) y no es contaminante. Las baterías de litio hierro fosfato (LFP) ofrecen una alternativa más segura y sostenible a las baterías de ion-litio tradicionales. Su composición, basada en hierro y fosfato en lugar de cobalto, reduce significativamente su impacto ambiental al ser menos tóxicas y más fáciles de reciclar. Además, presentan una mayor estabilidad térmica, lo que minimiza los riesgos de incendios o explosiones,

Al ser una luminaria todo en uno, cuenta con panel solar integrado, controlador de carga y sensor PIR integrado (infrarrojo pasivo), es un dispositivo que detecta movimiento al medir la radiación infrarroja emitida por objetos calientes.

El material de construcción es de aluminio fundido a presión, que ofrece una mayor robustez y larga vida, el soporte de montaje, permite diferentes ángulos de inclinación y ofrece 12 horas de iluminación por noche de media durante el año.

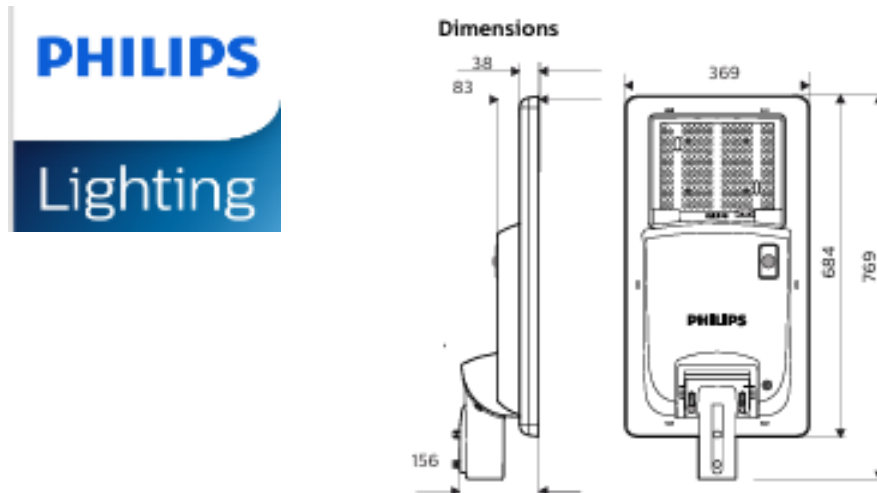


Figura 21. Dimensiones del foco solar Sunstay. Fuente: Catálogo de Signify N.V.

Beneficios

Entre los beneficios técnicos podemos encontrar los siguientes:

- Proporciona luz en áreas sin acceso a la red eléctrica
- Alto ahorro energético
- Protección del paisaje natural: no se necesita cavar zanjas para cablear
- Respetuoso con el medio ambiente
- Sólida y robusta para una larga vida útil

Características

- Alta eficacia luminosa de 175 lm/W para maximizar el rendimiento de la batería.
- Batería de ferrofosfato de litio reemplazable para una larga vida útil y operaciones sin complicaciones.
- Controlador de carga MPPT para máxima eficiencia.
- Carcasa de aluminio fundido a presión para una óptima robustez y excelente disipación de calor.
- Soporte de montaje en báculo especialmente diseñado con ángulos de inclinación ajustables entre 0 y 15 grados, que también se puede utilizar en posiciones de montaje post-top y lateral.

- Perfil de regulación definido en fábrica junto con el sensor PIR para maximizar el tiempo de funcionamiento.
- Función de autodiagnóstico junto con LED indicadores de carga de la batería, descarga y tensión de corte.

3.2.4. Planificación de la instalación

Se ha determinado 2 fases de instalación, la primera, una de iluminación complementaria a la actual, con un total de 20 luminarias y una segunda fase, de sustitución de los postes led existentes por los solares, siendo la primera la de mayor criticidad para solventar las zonas oscuras que crean sensación de inseguridad.

3.2.5. Estimación de emisiones de para el alumbrado público del parque

La producción eléctrica del alumbrado público se realiza en baja tensión, por lo que utilizaremos ese dato de referencia 0,238 kgCO₂/kWh, A partir de estos datos, obtenemos las toneladas equivalentes que se ha evitado emitir anualmente.

Tomaremos el resultado de consumo de la ecuación (7) de 81,6 kWh para este cálculo.

$$CO_2 = 81,6 \text{ kWh} \times 0,238 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} \times 365 \text{ días} = 7,089 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} \quad (7)$$

3.2.6. Relación coste/beneficio de la iluminación fotovoltaica.

Con el fin de tener datos concretos con 68 luminarias solares hemos buscado en la página del fabricante Signify N.V., anteriormente conocida como Philips Lighting N.V., donde indica sus comercializadores, logrando identificar los siguientes costos y beneficios de adquirir algún foco solar de la línea SunStay para iluminación, se reflejan en la tabla 4, que se presenta a continuación.

Tabla 4. Presupuesto de instalación de iluminación tipo solar. Fuente: Propia.

PRODUCTO	PRECIO (€)	CANTIDAD (und)	TOTAL (€)
Philips SunStay	892,5	68	60690
Poste nueva instalación 4m	153,5	20	3070
Instalación 15%	8064	1	8064
Total			71824

Con el presupuesto de la tabla 4 podemos visualizar el gasto de 71.824 euros por la instalación completa de las 68 luminarias, 20 postes nuevos debido a que ya hay 48 existentes.

La implementación de un sistema de iluminación solar en el Parque Alonso Sánchez representa un paso significativo hacia la sostenibilidad y la eficiencia energética. Al seleccionar luminarias solares de alta eficiencia con sensores de movimiento, se garantiza un consumo óptimo de energía. Además, la instalación plug & play permite una puesta en marcha rápida y sencilla, minimizando las interrupciones en el uso del parque. Esta solución no solo contribuye a la reducción de las emisiones de CO₂, sino que también mejora la seguridad y el atractivo del espacio público, fomentando su uso por parte de los ciudadanos.

3.3. Dimensionamiento de la instalación fotovoltaica.

Para realizar el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica de un restaurante a través de PVsys es necesario conocer el consumo, la ubicación ideal dentro de los espacios y el área disponible para la instalación. La localización geográfica es el inicio del estudio técnico.

3.3.1. Localización geográfica

En la figura 22 se aportan los valores y ubicación necesaria para el cálculo en el punto específico donde se proyecta el parque.

Coordenadas geográficas | Meteo mensual | Mapa interactivo

Ubicación

Nombre del sitio:

País:

Región:

Coordenadas geográficas

	Decimal	Grad.	Min.	Seg.	
Latitud	<input type="text" value="37.2587"/>	<input type="text" value="37"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="31"/>	(+ = Norte, - = Hemisferio Sur)
Longitud	<input type="text" value="-6.9470"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="56"/>	<input type="text" value="49"/>	(+ = Este, - = Oeste de Greenwich)
Altitud	<input type="text" value="39"/>	M por encima del nivel del mar			
Zona horaria	<input type="text" value="1.0"/>	Corresponde a una diferencia promedio			
		Hora Legal - Hora Solar = 1h 28m			

Figura 22. Localización geográfica en coordenadas. Fuente: PVSystem.

La edificación se encuentra ubicada en la región: Europa; país: España; en las coordenadas geográficas siguientes: latitud: 37,258°; longitud: -6,947°; altura: 39 msnm; zona horaria: 1,0.

Sitio Huelva Parque Alonso Sanchez (España)						
Fuente de datos Huelva Parque Alonso Sanchez_MN80.SIT -- Meteororm 8.0 (1996-2017)						
	Irradiación horizontal global	Irradiación difusa horizontal	Temperatura	Velocidad del viento	Turbidez Linke	Humedad relativa
	kWh/m²/mes	kWh/m²/mes	°C	m/s	[-]	%
Enero	77.5	27.4	10.4	2.80	2.822	82.3
Febrero	96.9	35.4	11.4	3.09	3.050	76.9
Marzo	150.5	50.7	14.4	3.40	3.568	71.0
Abril	175.3	68.2	16.6	3.50	3.468	68.0
Mayo	215.9	73.9	20.5	3.29	3.584	58.8
Junio	233.5	67.6	23.8	3.20	3.690	56.2
Julio	243.0	61.3	26.2	3.10	3.480	52.9
Agosto	216.1	59.5	26.6	2.90	3.699	53.8
Septiembre	163.2	51.5	23.2	2.70	3.551	64.6
Octubre	122.6	45.4	19.9	2.70	3.328	70.4
Noviembre	85.3	31.2	14.2	2.70	2.988	77.3
Diciembre	69.9	26.7	11.4	2.90	2.889	82.5
Año	1849.7	598.8	18.2	3.0	3.343	67.9

Figura 23. Datos meteorológicos Meteororm 8.0. Fuente: PVSyst.

En la figura 23 encontramos los datos meteorológicos de la base de datos usada Meteororm 8.0 indicando como irradiación global horizontal global anual de 1849,7 kWh/m² lo que nos indicara las horas lo que nos daría aproximadamente 5,07 HSP de promedio anual y el mes de julio aproximadamente 8 HSP.

3.3.2. Orientación de los módulos

Esta sección se trata de determinar la solución de inclinación, orientación de módulos y distancia entre filas que da menos pérdidas en conjunto. Es decir, se busca obtener la posición y distribución en la que los módulos captarían el máximo número de horas equivalentes de Sol a lo largo de un año, lo cual no implica que se maximice la producción de energía ya que esto tiene una gran dependencia con la superficie de la que se disponga.

En cuanto al azimut, si estamos en el hemisferio norte, los paneles deben estar orientados al sur, que es el punto geográfico en el que el Sol se encuentra en su cénit o altura máxima. Esto se puede comprobar en la figura que representa la trayectoria del Sol.

PVSyst nos permite a través de Simulaciones visualizar cómo evolucionan las pérdidas por irradiación a los paneles

Pérdidas para paneles plano fijo			
α°	β°	Pérdidas por irradiancia (%)	
0	15	-4,7	
0	20	-2,6	
0	25	-1,1	
0	30	-0,3	
0	35	0	
0	37	-0,1	

Tabla 5. Pérdidas en plano fijo para los paneles basado en simulación PVSyst. Fuente Propia.

Con esto se busca disminuirlas pérdidas en el rendimiento anual sin embargo por separado en verano podemos encontrar pérdidas entre -4%, Para este caso observamos que el valor de inclinación óptimo es, $\beta_{opt} = 35^\circ$.

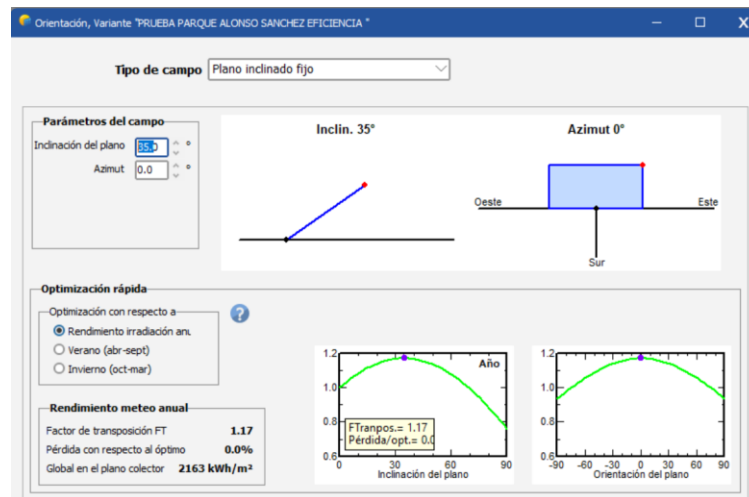


Figura 24. Orientación e inclinación de los paneles FV. Fuente: PVSyst.

Para la disposición de los paneles solares, hemos seccionado que la orientación sea horizontal, debido a que, a mayor altura, mayor espacio será necesario para evitar las sombras

Distancia mínima entre filas de módulos

A modo orientativo calcularemos la distancia d , medida sobre la horizontal, entre filas de módulos o entre una fila y un obstáculo de altura h que pueda proyectar sombras, se recomienda que sea tal que se garanticen al menos 4 horas de sol en torno al medio día del solsticio de invierno.

Para el cálculo del pitch (distancia entre ejes de dos estructuras contiguas en dirección Norte-Sur), se puede utilizar la aproximación mostrada en la Ilustración 24, en la que se representan dos conjuntos de módulos fotovoltaicos orientados junto con una

representación de la radiación solar, que en este caso incide con un ángulo H. Para el cálculo de este ángulo H basta con saber la latitud a la que se encuentra la PSFV, que puede ser obtenida tanto con PVSyst como con Google Earth o cualquier otro software cartográfico

Esta distancia d se puede calcular a través de la siguiente fórmula. la latitud es de 37,25°, por lo que el ángulo de incidencia del Sol será:

$$H = 90^\circ - \text{latitud} - 23,5^\circ = 90^\circ - 37,25^\circ - 23,5^\circ = 29,2^\circ \quad (8)$$

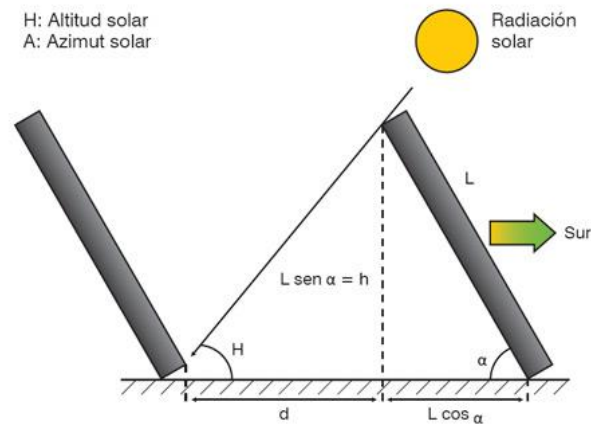


Figura 25. Cálculo de pitch, distanciamiento de los paneles FV. Fuente: Gabitel

Utilizando trigonometría básica, se puede obtener la distancia mínima entre estructuras como:

$$h = L \cdot \text{sen}(H) = 2,30 \cdot \text{sen}(29,2^\circ) = 1,12 \text{ m} \quad (9)$$

$$d_1 = L \cdot \text{cos}(H) = 2,30 \cdot \text{cos}(29,2^\circ) = 2,01 \text{ m} \quad (10)$$

$$d = \frac{h}{\text{tg}(\alpha)} = \frac{1,12}{\text{tg}(29,2^\circ)} = 2,00 \text{ m} \quad (11)$$

Por lo que, finalmente, el pitch mínimo será:

$$\text{pitch} = d + d_1 = 2,01 + 2,01 = 4,01 \text{ m} \quad (12)$$

Paneles solares

Para este proyecto hemos seleccionado los paneles de la marca JinkoSolar, modelo Tiger Pro 72HC-TV de 545Watt, de 144 celdas, estilo BIFACIAL, con las dimensiones 2274×1134×35mm (89.53×44.65×1.38 inch). El total de paneles será 76.

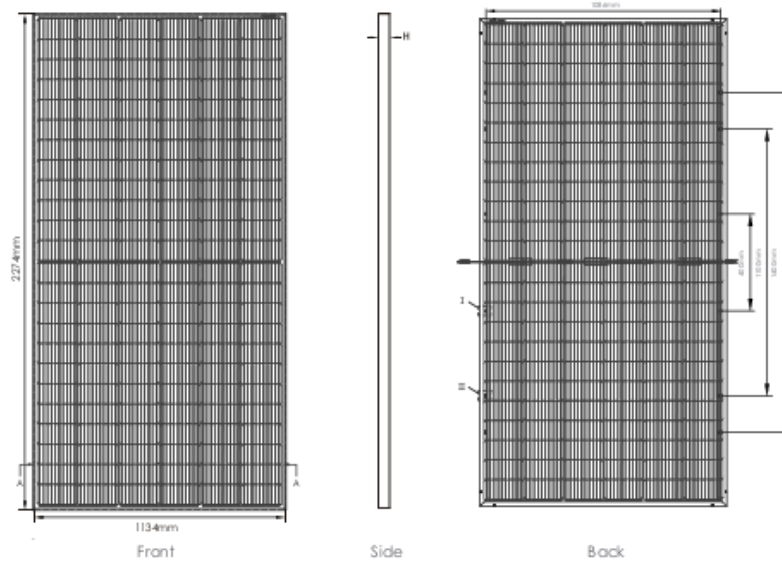


Figura 26. Medida de los paneles FV. Fuente: Jinko Solar.

A modo de resumen se incorpora una captura de pantalla del apartado del sistema en el que se detallan los módulos y el inversor utilizados, la ficha técnica se encuentra en Anexo III: Ficha técnica Panel Solar JinkoSolar 545W.

Subconjunto

Nombre y orientación del subconjunto
 Nombre:
 Oriente: **Plano inclinado fijo** Inclinación: **35°** Azmut: **0°**

Ayuda de pre-dimensionamiento
 Sin dimensionamiento Ingrese potencia planeada: kWp
 Redimens. ... o área disponible(módulos): m²

Seleccione el módulo FV
 Disponible ahora: Todos los módulos F
 Módulo bifacial Sistema bifacial
 Jinkosolar 545 Wp 35V Si-mono 3KM-545M-72HL4-TV Desde 2021 Datasheets 2021
 Usar optimizador
 Dimensiona. voltaje : Vmpp (60°C) **35.9 V**
 Voc (-10°C) **54.6 V**

Seleccione el inversor
 Disponible ahora: Voltaje de salida 400 V Tri 50Hz
 Huawei Technologies 36 kW 200 - 1000 V TL 50/60 Hz SUN2000-36KTL-M3-400V Desde 2021
 Núm. de inversores: Voltaje de funcionamiento: **200-1000 V** Poder global inversor: **36.0 kWca**
 Utilizar multi-MPPT Voltaje máximo de entrada: **1100 V** **inversor con 4 MPPT**

Diseño del conjunto
Núm. de módulos y cadenas
 Mód. en serie: entre 6 y 20
 Núm. cadenas: entre 3 y 4
 Pérdida sobrecarga: **0.0 %**
 Proporción Pnom: **1.15**

Condiciones de operación
 Vmpp (60°C): 682 V
 Vmpp (20°C): 797 V
 Voc (-10°C): 1038 V

Irradia. plano: 1000 W/m²
 Imp (STC): 53.1 A Potencia de funcionamiento máx.: **37.8 kW**
 Isc (STC): 55.8 A (en 1000 W/m² y 50°C)
 Isc (en STC): 55.8 A **Potencia nom. conjunto (STC) 41.4 kWp**

Máx. en datos STC

Núm. de módulos: 76 Área: 196 m²

Figura 27 Selección de panel e inversor FV. Fuente: PVSyst.

El inversor seleccionado es de la marca Huawei modelo SUN2000 36KTL-M3 Smart PV Controller de una potencia 36kW funcionando a 50/60 Hz, uno central para la instalación.



Figura 28. Modelo HuaweiSun 2000. Fuente: Huawei.

Soporte para paneles

Las posibles tecnologías para fijar los conjuntos de módulos al terreno: utilizando estructuras fijas o utilizando estructuras de seguidores. Por tanto, para tener un criterio técnico-económico que avale la viabilidad del proyecto, se han estudiado las ventajas e inconvenientes de la instalación usando las diferentes tecnologías disponibles, se concluye que la implantación óptima desde el punto de vista técnico-económico es estructuras fijas con configuración 2V1 y 4,03 metros de pitch véase en Anexo V: Ficha técnica de la estructura de los paneles.



Figura 29. Soporte para paneles. Fuente: SolarBlock.

Una de sus características más interesante de PVsyst, es el modelado 3D de la instalación, que, junto a una simulación de la producción a lo largo del año, permite conocer la producción de la planta, detallando las distintas pérdidas que se producen, incluyendo las sombras. Se simula el sistema propuesto el techo del restaurante y se define que la distancia entre filas de paneles será de 4,03 metros. En el panel derecho muestra las pérdidas por sombreado a lo largo del día, y se comprueba que no existen pérdidas desde un poco antes de las 11 hasta después de las 16 horas, es decir, 6 horas en el solsticio de invierno sin pérdidas por sombreado.

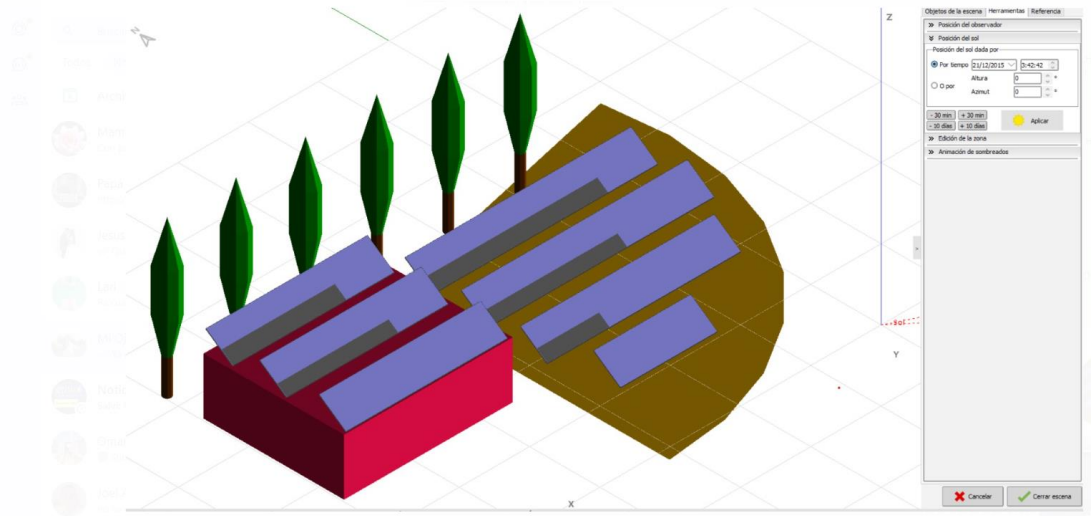


Figura 30. Simulación del sistema fotovoltaico propuesto para el Parque A.S. Fuente: PVSyst.

La tabla de factores de sombreado es un cálculo del factor de sombreado (fracción sombreada del área sensible, 0 = sin sombreado, 1 = completamente sombreado), para todas las posiciones en el hemisferio del cielo "visto" por el plano fotovoltaico. Para cada valor horario, el proceso de simulación interpolará esta tabla según la posición del sol para evaluar el factor de sombreado actual del componente del haz. A partir de 20° de elevación y -180° de azimut a los paneles nunca recibirán sol.

Tabla 6. Factores de sombreado lineal. Fuente: PVSyst.

↻ Recalcular

Orientación del plano
 Plano inclinado fijo **Inclinación = 35°, Azimut = 0°**

Tabla de factores de sombreado (lineal), para el componente del haz, Oriente #1

Azimut	-180°	-160°	-140°	-120°	-100°	-80°	-60°	-40°	-20°	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	
Altura																				
90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70°	0.031	0.021	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.030	0.031	0.031
60°	0.051	0.040	0.044	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.066	0.059	0.051	0.051
50°	0.097	0.075	0.059	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.098	0.084	0.110	0.097	0.097
40°	0.132	0.105	0.108	0.062	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.021	0.017	0.129	0.168	0.151	0.132	0.132
30°	0.168	0.135	0.138	0.105	0.009	0.000	0.000	0.000	0.007	0.019	0.007	0.010	0.037	0.072	0.135	0.245	0.214	0.193	0.168	0.168
20°	Detrás	Detrás	0.167	0.137	0.007	0.000	0.000	0.070	0.145	0.175	0.147	0.119	0.112	0.154	0.284	0.367	0.260	Detrás	Detrás	Detrás
10°	Detrás	Detrás	Detrás	0.169	0.102	0.000	0.116	0.254	0.341	0.385	0.355	0.341	0.331	0.378	0.556	0.489	Detrás	Detrás	Detrás	Detrás
2°	Detrás	Detrás	Detrás	Detrás	0.197	0.000	0.263	0.445	0.549	0.614	0.575	0.552	0.502	0.433	0.827	Detrás	Detrás	Detrás	Detrás	Detrás

Factor de sombreado para difuso: 0.074 y para albedo: 0.526

Determinación del cableado

Se determinó la sección transversal que debe tener el cable en el sistema para poder transportar la energía. Teniendo un valor según la figura de 16mm² de Cu.

Envejecimiento		Indisponibilidad		Corrección espectral	
Parámetro térmico	Pérdidas óhmicas	Calidad del módulo - LID - Desajuste	Pérdida de suciedad	Pérdidas IAM	Auxiliares
Circuito CC: pérdidas óhmicas en el conjunto					
Especificado por					
<input type="radio"/> Res. de cableado global	233.3 mΩ	<input type="checkbox"/> Calculada	<input checked="" type="checkbox"/> Computación detallada ?		
<input checked="" type="radio"/> Fracción pérdida en STC	1.50 %	<input checked="" type="checkbox"/> Defecto			
Caída de tensión a través del diodo en serie 0.7 V <input checked="" type="checkbox"/> Defecto					
Pérdidas CA después del inversor					
Inversor de pérdida de cable CA a transfo (por inversor)					
<input checked="" type="checkbox"/> Utiliza pérdida óhmica del circuito CA ?					
Longitud del inversor a transformador	20.0 m	Sección cables	16 mm ² ?		
Fracción pérdida en STC	0.63 %				
STC: P _{ca} = 42.8 kW, V _{ca} = 400 V Tr _i , I = 61.8 A					
Caída de tensión en STC 2.5 V (0.63%)					
<input checked="" type="checkbox"/> Utiliza uno o varios transformadores MT					
<input type="checkbox"/> Utiliza un transformador de AT					
Línea de voltaje medio					
Voltaje de línea MV	20.0 kV				
Longitud MV Transfo a inyección	500 m	Sección cables	2.5 mm ² ?		
Fracción pérdida en STC	0.07 %				
STC: P _{ca} = 42.8 kW, V _{ca} = 20.0 kV Tr _i , I = 1.24 A					
Caída de tensión en STC 13.5 V (0.07%)					
Transformador externo de voltaje medio					
Transformador(es) MV, sistema completo ?					
Número de transfos MV	1	<input type="checkbox"/> desconexión nocturna			
Valores genéricos					
Pac(STC) de referencia 42.82 kW					
Pérdida de hierro (valor constante) 0.08 % 0.04 kW <input type="checkbox"/> defecto					
Pérdida de cobre (resistiva) 1.19 % en STC <input type="checkbox"/> defecto					
Resistencia equivalente del transfo 3 x 44.4 mΩ					
Transformador desde hojas de datos					
<input type="checkbox"/> Utiliza datos de las hojas de datos					
Potencia nominal	N/A	kVA			
Pérdidas de hierro (sin pérdida de carga)	N/A	kVA			
Pérdida de cobre (resistiva) en P _{Nom}	N/A	kVA			
Pérdida global en P _{Nom}	N/A	kVA			
Eficiencia global en P _{Nom}	N/A	%			

Figura 31. Cableado del sistema para cálculos de pérdidas óhmicas. Fuentes: PVsyst

En la figura 32, se muestra la energía producida por la instalación y la energía incidente del sol en áreas donde se realizará la instalación en el parque Alonso Sánchez.

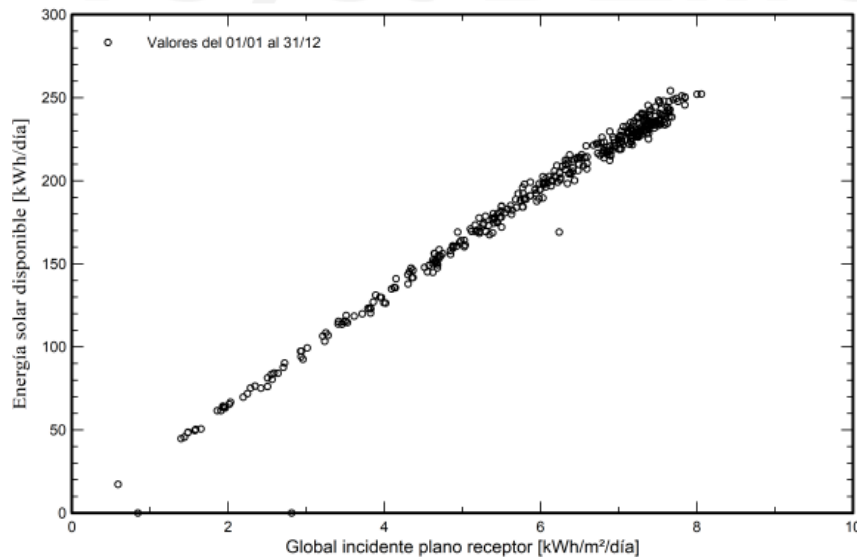


Figura 32. Diagrama entrada/salida diaria, Autoconsumo restaurante. Fuente: PVsyst.

Revela una tendencia central en los datos, con una mayor frecuencia de valores cercanos a los 7,8 kWh/m² de irradiación y 230 kWh de producción. Cada punto de la gráfica representa un día del año, ilustrando así la variabilidad diaria en la generación de energía.

La Tabla 7 ofrece un panorama completo de los datos mensuales, abarcando desde las condiciones climáticas de Irradiación global horizontal (GloHor), la irradiación difusa horizontal (DiffHor), temperatura ambiente (T_Amb), la irradiación global incidente en el plano receptor (GlonInc) y la efectiva (GlonEff), así como la energía a la salida del generador (EArray), la energía suministrada al usuario (E_User), la energía del sol (E_Solar), la inyectada en la red (E_Grid) y la energía de la red (EFrGrid).

Tabla 7. Resultados principales. Fuente: PVSyst.

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFrGrid kWh
Enero	77.5	27.45	10.37	130.2	117.1	4409	5972	1800	2307	4172
Febrero	96.9	35.44	11.45	141.5	130.8	4894	5394	1944	2777	3450
Marzo	150.5	50.72	14.41	187.8	173.6	6396	5972	2383	3791	3589
Abril	175.3	68.22	16.64	187.6	172.9	6337	5780	2455	3666	3325
Mayo	215.9	73.93	20.49	205.2	188.6	6802	5972	2668	3906	3305
Junio	233.5	67.57	23.84	211.0	194.2	6903	5780	2628	4044	3151
Julio	243.0	61.34	26.20	224.2	206.8	7260	5972	2699	4321	3273
Agosto	216.1	59.53	26.58	222.7	206.4	7226	5972	2658	4329	3314
Septiembre	163.2	51.46	23.21	192.7	178.3	6329	5780	2373	3742	3407
Octubre	122.6	45.43	19.94	167.8	155.5	5632	5972	2273	3167	3699
Noviembre	85.3	31.18	14.21	137.9	124.9	4647	5780	1961	2523	3818
Diciembre	69.9	26.68	11.43	123.0	107.6	4059	5972	1860	2054	4112
Año	1849.7	598.95	18.27	2131.7	1956.5	70894	70320	27703	40625	42617

El consumo energético anual del inmueble asciende a 70320 kWh. Mediante la implementación de un sistema fotovoltaico, es posible generar 70894 kWh al año, de los cuales, el usuario consumirá 27703 kWh total y se le suministrará a la red 40625 kWh. Por su parte, de la red se tomarían 55246 kWh, que se hace efectiva para los horarios que no hay producción fotovoltaica sea por consumo nocturno o días nublados. Si restamos el excedente con respecto a lo que tomamos de la red tendríamos 1992 kWh, esto representa una reducción significativa del consumo proveniente de la red eléctrica equivalente al 95%.

Podemos observar que julio es el mes que más producción generaría (7260kWh/mes), mientras que el mes con menor producción es diciembre (4059 kWh/mes), que son también de los meses más fríos y que requerirán recíprocamente mayor apoyo de la red.

3.3.3. Rendimiento de la instalación

Una vez decidida y detalladamente justificada la solución utilizada para la implantación, se pasa a estudiar el rendimiento de la PSFV diseñada. El rendimiento de una planta solar fotovoltaica viene dado por el Factor de Rendimiento, conocido en inglés como *Performance Ratio*, y normalmente nombrado por sus siglas como PR. Para su

cálculo es necesario estimar las pérdidas que se pueden llegar a producir en la planta, que pueden venir dadas por varios factores.

Por otro lado, para el cálculo del referido *Performance Ratio* es igualmente necesario calcular las pérdidas que produce la temperatura en una célula fotovoltaica. Para ello, en primer lugar, debe modelarse el comportamiento de una célula, tal y como se describe en las expresiones (13), (14) y (15).

- Temperatura de la célula

$$T_c = T_a + \frac{TONC-20}{800} \cdot G \quad (13)$$

- Potencia del módulo con la temperatura

$$P_m = P_{mp} \cdot [1 - \delta \cdot (T_c - T'_c)] \quad (14)$$

Donde,

T_c – Temperatura de la célula fotovoltaica.

T_a – Temperatura ambiente.

TONC - Temperatura nominal de la celda en operación.

P_m – Potencia del panel.

P_{mp} – Potencia del panel en condiciones STC.

δ – Coeficiente de variación de temperatura.

Con estos cálculos intermedios se está en condiciones de calcular el Performance Ratio como sigue:

$$PR = \frac{E \cdot G}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp}} \quad (15)$$

Donde,

E – energía generada.

G – Radiación estándar (1000 W/m²).

G_{dm} – Radiación media del mes (W/m²).

P_{mp} – Potencia pico del generador.

La Figura 33 ha permitido calcular los siguientes parámetros de eficiencia: un factor de energía útil de 4.52 kWh/kWp/día, pérdidas eléctricas en el campo solar de 0,17 kWh/kWp/día y pérdidas eléctricas en el sistema de 1,15 kWh/kWp/día. Estos resultados son fundamentales para determinar la eficiencia energética del sistema fotovoltaico y evaluar su desempeño en condiciones reales de operación.

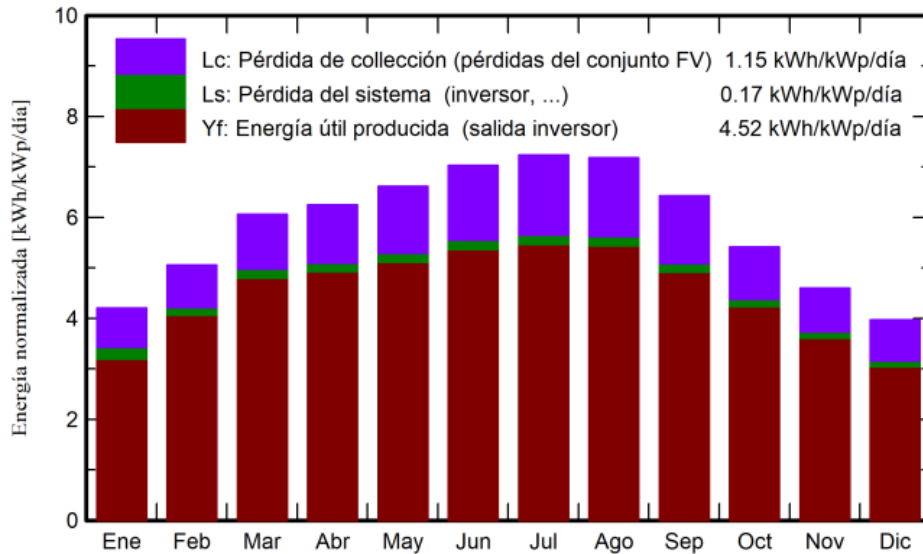


Figura 33. Producciones normalizadas. Fuente: PVSyst.

En la figura 34 se expone el índice de rendimiento que se obtiene de la división del promedio del valor anual de la producción normalizada del sistema (Yf) y la energía incidente de referencia en plano receptor (Yr).

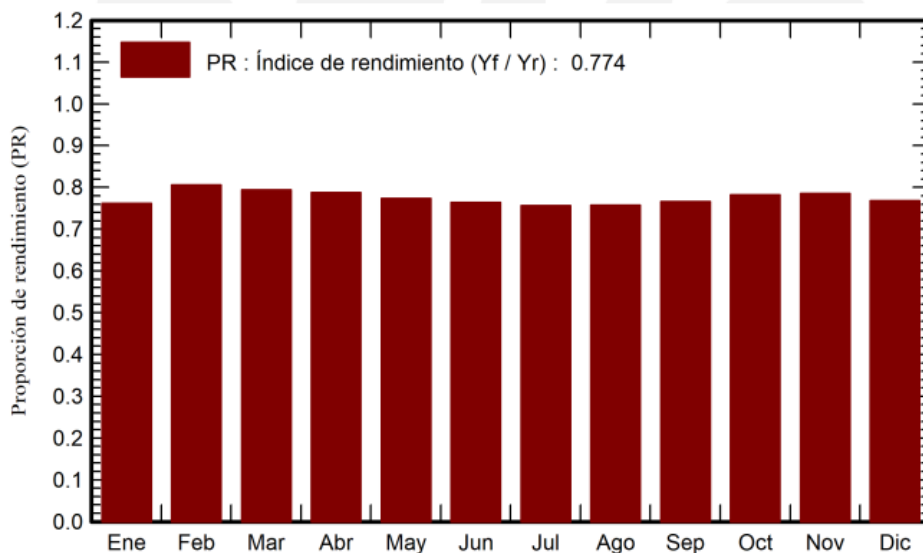


Figura 34. Proporción de rendimiento, Zona I. Fuente: PVSyst.

El análisis del índice de rendimiento anual del sistema fotovoltaico, calculado en 0,781, revela una eficiencia global del 78,1%. La simulación realizada en PVSyst ha permitido identificar las principales fuentes de pérdidas energéticas, siendo las pérdidas por temperatura en los módulos fotovoltaicos las más significativas, especialmente durante

los meses de verano. Estas pérdidas, junto con las atribuibles a la orientación e inclinación de los módulos y a las pérdidas eléctricas en el sistema, reducen la producción de energía eléctrica en comparación con el potencial teórico. Los resultados obtenidos servirán como base para proponer medidas de optimización, como la instalación de sistemas de seguimiento solar o la utilización de módulos fotovoltaicos con un coeficiente de temperatura más bajo.

A partir de los datos obtenidos con el software PVSyst, se realizó una estimación de la generación horaria de energía de la planta fotovoltaica durante su primer año de operación. Bajo el supuesto de una producción diaria constante, se distribuyó la energía generada a lo largo de las 24 horas del día. Los resultados obtenidos muestran un patrón típico de generación fotovoltaica, con una producción nula durante las horas nocturnas y un máximo en las horas centrales del día.

Estos datos se detallan en la Tabla 8 Siendo el valor máximo diario en julio con 234,23 kWh de promedio del mes y el valor mínimo en diciembre con 130,90 kWh de promedio del mes

Tabla 8. Media de la producción horaria anual. Fuente: Gabitel.

Hora	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
0:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5:00	-	-	-	0,17	1,47	2,03	1,38	0,07	-	-	-	-
6:00	-	-	1,03	4,18	6,43	7,27	6,56	5,18	3,25	1,04	-	-
7:00	1,04	3,09	7,10	10,01	11,83	12,43	11,97	11,40	9,26	7,23	4,76	1,71
8:00	7,24	10,23	14,53	15,80	16,85	17,63	17,19	17,48	15,74	14,41	11,68	7,92
9:00	14,44	17,34	21,20	21,30	21,59	21,86	21,99	22,71	21,63	20,90	18,51	14,74
10:00	20,27	23,39	25,96	25,29	24,95	25,27	25,58	26,83	25,98	24,84	23,32	20,00
11:00	23,37	26,64	28,30	27,44	26,46	26,88	27,54	28,79	28,55	27,13	25,38	22,61
12:00	24,02	27,22	29,20	27,61	26,51	26,88	28,01	29,21	28,93	26,87	24,76	22,33
13:00	21,62	25,09	27,26	25,65	25,10	25,52	26,61	27,72	26,61	24,00	21,15	19,35
14:00	16,83	20,49	22,79	21,78	21,55	22,60	23,54	24,15	22,39	18,61	15,35	13,92
15:00	9,91	14,06	16,55	16,67	17,25	18,30	19,25	18,95	16,52	11,90	8,01	7,15
16:00	3,48	6,68	9,66	10,67	11,74	13,23	14,03	12,99	9,41	4,72	2,01	1,17
17:00	-	0,58	2,83	4,48	6,34	7,87	8,27	6,60	2,76	0,09	-	-
18:00	-	-	-	0,23	1,40	2,37	2,32	1,05	-	-	-	-
19:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIARIO (MWh)	142,23	174,82	206,39	211,27	219,42	230,13	234,23	233,13	211,03	181,71	154,93	130,90
MENSUAL (MWh)	4.409,00	4.895,00	6.398,00	6.338,00	6.802,00	6.904,00	7.261,00	7.227,00	6.331,00	5.633,00	4.648,00	4.058,00

En la siguiente figura se muestra el diagrama de pérdidas.

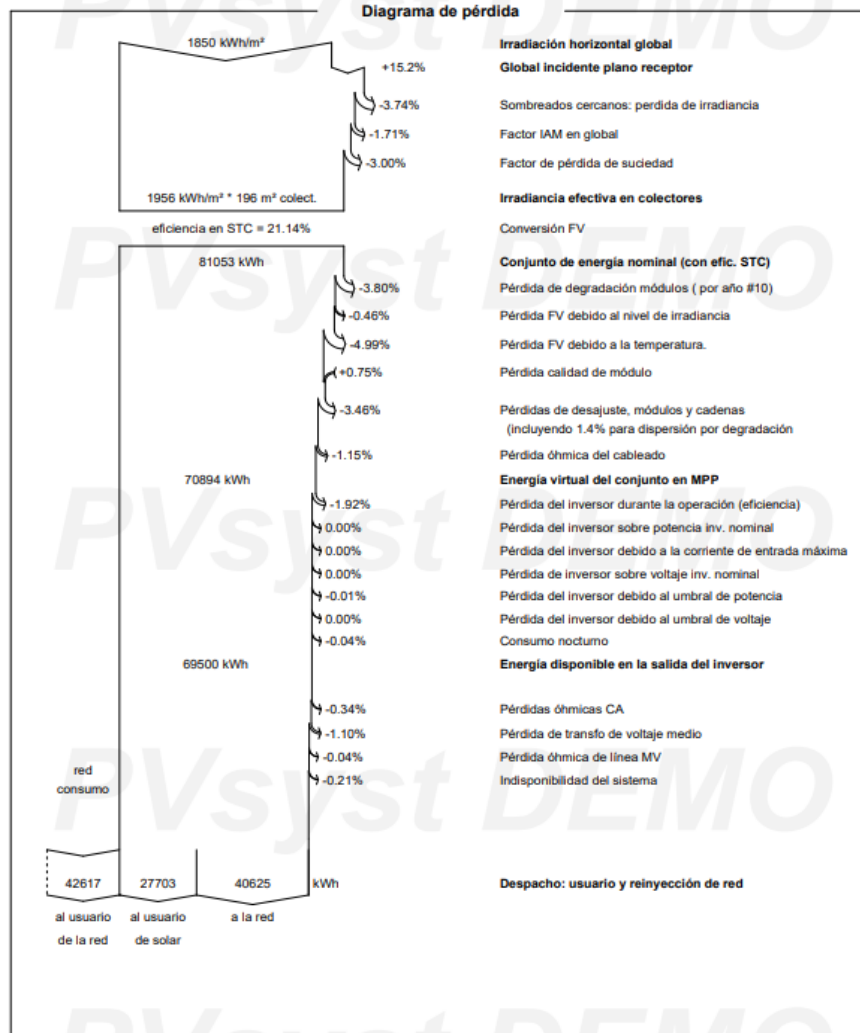


Figura 35. Pérdidas del Sistema. Fuente: PVSyst.

La energía nominal del conjunto es de 81053 kWh, sin embargo, por las distintas pérdidas del sistema en su recorrido hasta llegar a la salida del inversor. La producción anual será de 69500 kWh, de las cuales 27703 kWh se estarán consumiendo de la instalación FV instalada y 40625 kWh se pudieran verter a la red, pues en general, en todos los meses habrá excedente.

Resumen del sistema.

La planta fotovoltaica, ubicada en la cubierta del futuro restaurante Alonso Sánchez y estará compuesta por 76 módulos solares monocristalinos JinkoSolar 545Wp, orientados al sur con una inclinación de 35° grados. Los módulos se distribuirán en dos subarrays, con una configuración en serie-paralelo de 4x19. Cada subarray estará conectado al inversor Huawei Technologies MPPT, respectivamente. Esta configuración,

junto con la monitorización y control del sistema, permitirá optimizar la producción de energía eléctrica y maximizar el autoconsumo, reduciendo así la dependencia de la red eléctrica.

Tabla 9. Resumen de la instalación FV. Fuente: elaboración propia.

RESUMEN INSTALACIÓN FV	
Parámetros	<i>Restaurante Alonso Sánchez</i>
Cantidad de paneles solares	76
Módulos en serie	19
Número de cadenas	4
Inversor (kW)	36
Número de entradas MPPT	4
Distancia entre paneles (metros)	4,03
Irradiancia global horizontal (kWh/m ² /año)	1.849,7
Irradiancia difusa incidente en el plano receptor (kWh/m ² /año)	598,95
Energía de salida del generador (kWh/año).	70894
Energía suministrada por el usuario (kWh/año).	27703
Energía inyectada a la red (kWh/año).	40625
Energía de la red (kWh/año).	42617

3.3.4. Producción a lo largo de la vida útil

A continuación, una vez obtenida la producción estimada del primer año de vida de la instalación, deberá extrapolarse esta producción al total de años de vida útil de la planta, que se ha establecido en 25 años. Par ello, deben tenerse en cuenta las pérdidas de rendimiento anuales de los módulos fotovoltaicos, entre otros factores.

En conclusión, el software PVSyst arroja una estimación de que la producción total acumulada durante la vida útil de la planta ascenderá hasta los 1.664.057 kWh. A modo de resumen justificativo, en la Tabla 10, se indica la estimación de la producción de la planta solar fotovoltaica objeto de estudio, tanto el valor absoluto mensual, como el valor total acumulado, cuyo dato en el año último, es decir, el año 25, coincide con el anteriormente referido.

Tabla 10. Producción anual acumulada durante 25 años. Fuente: Propia.

Mes	Año 1 (kWh/mes)	Año 2 (kWh/mes)	Año 3 (kWh/mes)	Año 4 (kWh/mes)	Año 5 (kWh/mes)	Año 6 (kWh/mes)	Año 7 (kWh/mes)
Enero	4.409,00	4.320,82	4.303,54	4.286,32	4.269,18	4.252,10	4.235,09
Febrero	4.895,00	4.797,10	4.777,91	4.758,80	4.739,76	4.720,81	4.701,92
Marzo	6.398,00	6.270,04	6.244,96	6.219,98	6.195,10	6.170,32	6.145,64
Abril	6.338,00	6.211,24	6.186,40	6.161,65	6.137,00	6.112,45	6.088,01
Mayo	6.802,00	6.665,96	6.639,30	6.612,74	6.586,29	6.559,94	6.533,70
Junio	6.904,00	6.765,92	6.738,86	6.711,90	6.685,05	6.658,31	6.631,68
Julio	7.261,00	7.115,78	7.087,32	7.058,97	7.030,73	7.002,61	6.974,60
Agosto	7.227,00	7.082,46	7.054,13	7.025,91	6.997,81	6.969,82	6.941,94
Septiembre	6.331,00	6.204,38	6.179,56	6.154,84	6.130,22	6.105,70	6.081,28
Octubre	5.633,00	5.520,34	5.498,26	5.476,27	5.454,36	5.432,54	5.410,81
Noviembre	4.648,00	4.555,04	4.536,82	4.518,67	4.500,60	4.482,60	4.464,67
Diciembre	4.058,00	3.976,84	3.960,93	3.945,09	3.929,31	3.913,59	3.897,94
Total (MWh/año)	70.904,00	140.389,92	209.597,90	278.529,04	347.184,46	415.565,26	483.672,53
Mes	Año 8 (kWh/mes)	Año 9 (kWh/mes)	Año 10 (kWh/mes)	Año 11 (kWh/mes)	Año 12 (kWh/mes)	Año 13 (kWh/mes)	Año 14 (kWh/mes)
Enero	4.218,15	4.201,28	4.184,47	4.167,74	4.151,07	4.134,46	4.117,92
Febrero	4.683,11	4.664,38	4.645,72	4.627,14	4.608,63	4.590,20	4.571,84
Marzo	6.121,06	6.096,57	6.072,19	6.047,90	6.023,71	5.999,61	5.975,61
Abril	6.063,65	6.039,40	6.015,24	5.991,18	5.967,22	5.943,35	5.919,57
Mayo	6.507,57	6.481,54	6.455,61	6.429,79	6.404,07	6.378,45	6.352,94
Junio	6.605,15	6.578,73	6.552,42	6.526,21	6.500,10	6.474,10	6.448,21
Julio	6.946,70	6.918,91	6.891,24	6.863,67	6.836,22	6.808,87	6.781,64
Agosto	6.914,17	6.886,52	6.858,97	6.831,53	6.804,21	6.776,99	6.749,88
Septiembre	6.056,96	6.032,73	6.008,60	5.984,56	5.960,62	5.936,78	5.913,04
Octubre	5.389,17	5.367,61	5.346,14	5.324,76	5.303,46	5.282,25	5.261,12
Noviembre	4.446,81	4.429,02	4.411,30	4.393,66	4.376,08	4.358,58	4.341,14
Diciembre	3.882,35	3.866,82	3.851,35	3.835,94	3.820,60	3.805,32	3.790,10
Total (MWh/año)	551.507,38	619.070,89	686.364,14	753.388,22	820.144,20	886.633,16	952.856,16
Mes	Año 15 (kWh/mes)	Año 16 (kWh/mes)	Año 17 (kWh/mes)	Año 18 (kWh/mes)	Año 19 (kWh/mes)	Año 20 (kWh/mes)	Año 21 (kWh/mes)
Enero	4.101,45	4.085,05	4.068,71	4.052,43	4.036,22	4.020,08	4.004,00
Febrero	4.553,55	4.535,34	4.517,20	4.499,13	4.481,13	4.463,21	4.445,35
Marzo	5.951,71	5.927,90	5.904,19	5.880,57	5.857,05	5.833,62	5.810,29
Abril	5.895,89	5.872,31	5.848,82	5.825,43	5.802,12	5.778,92	5.755,80
Mayo	6.327,53	6.302,22	6.277,01	6.251,90	6.226,89	6.201,99	6.177,18
Junio	6.422,41	6.396,72	6.371,14	6.345,65	6.320,27	6.294,99	6.269,81
Julio	6.754,51	6.727,49	6.700,58	6.673,78	6.647,09	6.620,50	6.594,02
Agosto	6.722,88	6.695,99	6.669,21	6.642,53	6.615,96	6.589,50	6.563,14
Septiembre	5.889,38	5.865,83	5.842,36	5.818,99	5.795,72	5.772,53	5.749,44
Octubre	5.240,07	5.219,11	5.198,23	5.177,44	5.156,73	5.136,11	5.115,56
Noviembre	4.323,78	4.306,48	4.289,26	4.272,10	4.255,01	4.237,99	4.221,04
Diciembre	3.774,94	3.759,84	3.744,80	3.729,82	3.714,90	3.700,04	3.685,24
Total (MWh/año)	1.018.814,27	1.084.508,55	1.149.940,06	1.215.109,83	1.280.018,93	1.344.668,39	1.409.059,25
Mes	Año 22 (kWh/mes)	Año 23 (kWh/mes)	Año 24 (kWh/mes)	Año 25 (kWh/mes)			
Enero	3.987,98	3.972,03	3.956,14	3.940,32			
Febrero	4.427,57	4.409,86	4.392,22	4.374,65			
Marzo	5.787,05	5.763,90	5.740,84	5.717,88			
Abril	5.732,78	5.709,85	5.687,01	5.664,26			
Mayo	6.152,47	6.127,86	6.103,35	6.078,93			
Junio	6.244,73	6.219,75	6.194,87	6.170,09			
Julio	6.567,64	6.541,37	6.515,20	6.489,14			
Agosto	6.536,89	6.510,74	6.484,70	6.458,76			

Septiembre	5.726,45	5.703,54	5.680,73	5.658,00
Octubre	5.095,10	5.074,72	5.054,42	5.034,20
Noviembre	4.204,16	4.187,34	4.170,59	4.153,91
Diciembre	3.670,50	3.655,82	3.641,19	3.626,63
Total (MWh/año)	1.473.192,55	1.537.069,32	1.600.690,57	1.664.057,35

En la figura 36, se presenta la representación gráfica de la estimación de producción energética prevista para cada año de vida útil de la planta solar fotovoltaica. Además, para mayor nivel de detalle, dentro de cada año, se han separado los kWh producidos en cada mes. A simple vista puede observarse que la producción va decayendo de forma mantenida durante toda la vida útil de la planta, como era de esperarse debido a la bajada de rendimiento y eficiencia continuada que ya se ha indicado anteriormente.

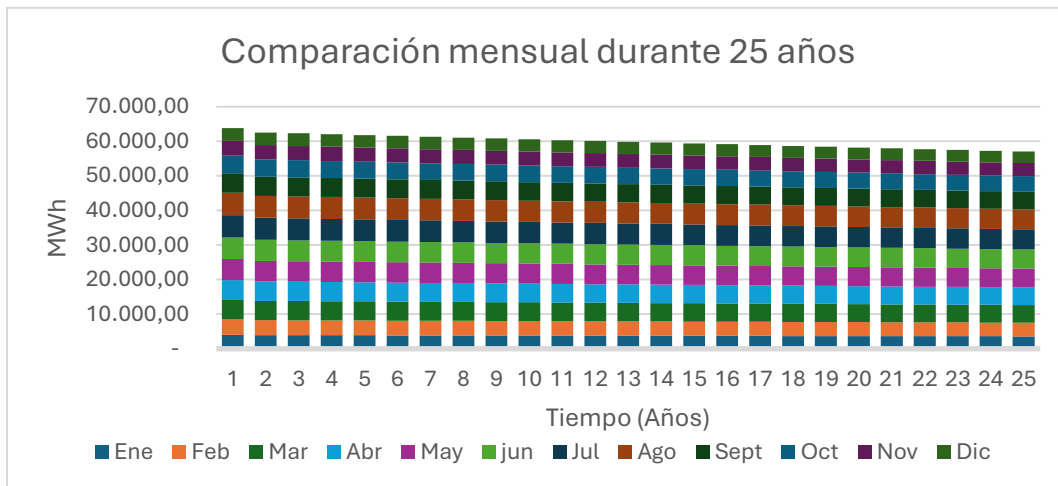


Figura 36. Energía mensual producida durante 25 años, Fuente: Propia.

Estimación de emisiones evitadas de la instalación fotovoltaica

De las ventajas fundamentales de la implantación de plantas de generación de potencia que usen tecnología fotovoltaica es la reducción manifiesta que se produce de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y, más concretamente, de CO₂. Para poder realizar un análisis completo y lo más ajustado con la realidad posible, no debe tenerse en cuenta únicamente las “emisiones cero” que durante el tiempo de operación se producirá, sino también las emisiones que esta tecnología sí produce con la fabricación de los módulos solares fotovoltaicos.

En primer lugar, la cantidad de CO₂ emitido en la creación de los módulos fotovoltaicos depende de la tecnología utilizada. Así, en la Tabla 11 se puede observar como la tecnología de Silicio Monocristalino es una solución intermedia en lo que a la emisión de

CO₂ por fabricación se refiere, con un valor de 0,45 kg de CO₂ equivalentes por kWh de energía producido.

Tabla 11. Emisiones estimadas debidas a la fabricación de módulos fotovoltaicos. Fuente: Propia

Tecnología em- pelada	Emisión kgCO ₂ e/kWh
Si-Poly	0,37
Si-Mono	0,45
CdTe	0,12-0,19

Por otro lado, observando los kilogramos de CO₂ equivalentes emitidos por la instalación de forma global que se muestran en la Tabla 12, aflora de igual forma que en la tecnología de Silicio Monocristalino se estima que generará 0,245 kg CO₂eq/kWh de energía producida.

Tabla 12. Emisiones globales de la planta estimadas Fuente: Propia

Tecnología empe- lada	Emisión kgCO ₂ e/kWh
Si-Poly	0,206
Si-Mono	0,245
CdTe	0,106

Para poder atestiguar las emisiones que se evitarán con la planta solar fotovoltaica objeto de este Proyecto de Ejecución, es necesario discernir que la cantidad media de CO₂ producida por un parque de generación de energía convencional ronda los 0,286 kgCO₂eq/kWh.

En definitiva, con todos los datos presentados anteriormente y, teniendo en cuenta que los módulos empleados son de Silicio monocristalino, las emisiones evitadas vendrían dadas por la siguiente expresión:

$$E_{CO_2} = E_{evit} - E_{prod} - E_{glob} = 0,286 - 0,45 - 0,245 = 0,23855 \text{ kgCO}_2/\text{kWh} \quad (16)$$

Para finalizar, en la Tabla 13 se muestra la evolución de las emisiones a lo largo de la vida útil de la planta, lo que supone un total acumulado de

$$CO_2 \text{ Evitadosal año.} = 396.421 \frac{\text{kg}}{\text{CO}_2} \quad (17)$$

Tabla 13. Emisiones globales de la planta estimadas. Fuente: Propia

Mes	Año 1 (kgCO2/mes)	Año 2 (kgCO2/mes)	Año 3 (kgCO2/mes)	Año 4 (kgCO2/mes)	Año 5 (kgCO2/mes)	Año 6 (kgCO2/mes)	Año 7 (kgCO2/mes)
Ene	1.049,34	1.028,36	1.024,24	1.020,14	1.016,06	1.012,00	1.007,95
Feb	1.165,01	1.141,71	1.137,14	1.132,59	1.128,06	1.123,55	1.119,06
Mar	1.522,72	1.492,27	1.486,30	1.480,36	1.474,43	1.468,54	1.462,66
Abr	1.508,44	1.478,28	1.472,36	1.466,47	1.460,61	1.454,76	1.448,95
May	1.618,88	1.586,50	1.580,15	1.573,83	1.567,54	1.561,27	1.555,02
jun	1.643,15	1.610,29	1.603,85	1.597,43	1.591,04	1.584,68	1.578,34
Jul	1.728,12	1.693,56	1.686,78	1.680,03	1.673,31	1.666,62	1.659,95
Ago	1.720,03	1.685,63	1.678,88	1.672,17	1.665,48	1.658,82	1.652,18
Sept	1.506,78	1.476,64	1.470,74	1.464,85	1.458,99	1.453,16	1.447,34
Oct	1.340,65	1.313,84	1.308,59	1.303,35	1.298,14	1.292,95	1.287,77
Nov	1.106,22	1.084,10	1.079,76	1.075,44	1.071,14	1.066,86	1.062,59
Dic	965,80	946,49	942,70	938,93	935,18	931,43	927,71
Total (kgCO2/año)	16.875,15	33.412,80	49.884,30	66.289,91	82.629,90	98.904,53	115.114,06
Mes	Año 8 (kgCO2/mes)	Año 9 (kgCO2/mes)	Año 10 (kgCO2/mes)	Año 11 (kgCO2/mes)	Año 12 (kgCO2/mes)	Año 13 (kgCO2/mes)	
Ene	1.003,92	999,90	995,90	991,92	987,95	984,00	
Feb	1.114,58	1.110,12	1.105,68	1.101,26	1.096,85	1.092,47	
Mar	1.456,81	1.450,98	1.445,18	1.439,40	1.433,64	1.427,91	
Abr	1.443,15	1.437,38	1.431,63	1.425,90	1.420,20	1.414,52	
May	1.548,80	1.542,61	1.536,44	1.530,29	1.524,17	1.518,07	
jun	1.572,03	1.565,74	1.559,48	1.553,24	1.547,02	1.540,84	
Jul	1.653,31	1.646,70	1.640,11	1.633,55	1.627,02	1.620,51	
Ago	1.645,57	1.638,99	1.632,43	1.625,90	1.619,40	1.612,92	
Sept	1.441,56	1.435,79	1.430,05	1.424,33	1.418,63	1.412,95	
Oct	1.282,62	1.277,49	1.272,38	1.267,29	1.262,22	1.257,17	
Nov	1.058,34	1.054,11	1.049,89	1.045,69	1.041,51	1.037,34	
Dic	924,00	920,30	916,62	912,95	909,30	905,67	
Total (kgCO2/año)	131.258,76	147.338,87	163.354,66	179.306,40	195.194,32	211.018,69	
Mes	Año 14 (kgCO2/mes)	Año 15 (kgCO2/mes)	Año 16 (kgCO2/mes)	Año 17 (kgCO2/mes)	Año 18 (kgCO2/mes)	Año 19 (kgCO2/mes)	
Ene	984,00	980,07	976,15	972,24	968,35	964,48	
Feb	1.092,47	1.088,10	1.083,75	1.079,41	1.075,09	1.070,79	
Mar	1.427,91	1.422,20	1.416,51	1.410,84	1.405,20	1.399,58	
Abr	1.414,52	1.408,86	1.403,22	1.397,61	1.392,02	1.386,45	
May	1.518,07	1.512,00	1.505,95	1.499,93	1.493,93	1.487,95	
jun	1.540,84	1.534,67	1.528,53	1.522,42	1.516,33	1.510,27	
Jul	1.620,51	1.614,03	1.607,57	1.601,14	1.594,74	1.588,36	
Ago	1.612,92	1.606,47	1.600,05	1.593,65	1.587,27	1.580,92	
Sept	1.412,95	1.407,30	1.401,67	1.396,07	1.390,48	1.384,92	
Oct	1.257,17	1.252,15	1.247,14	1.242,15	1.237,18	1.232,23	
Nov	1.037,34	1.033,19	1.029,06	1.024,94	1.020,84	1.016,76	
Dic	905,67	902,04	898,43	894,84	891,26	887,70	
Total (kgCO2/año)	226.843,06	242.604,14	258.302,17	273.937,41	289.510,11	305.020,51	
Mes	Año 20 (kgCO2/mes)	Año 21 (kgCO2/mes)	Año 22 (kgCO2/mes)	Año 23 (kgCO2/mes)	Año 24 (kgCO2/mes)	Año 25 (kgCO2/mes)	
Ene	956,78	952,95	949,14	945,34	941,56	937,80	
Feb	1.062,24	1.057,99	1.053,76	1.049,55	1.045,35	1.041,17	
Mar	1.388,40	1.382,85	1.377,32	1.371,81	1.366,32	1.360,86	
Abr	1.375,38	1.369,88	1.364,40	1.358,94	1.353,51	1.348,09	
May	1.476,07	1.470,17	1.464,29	1.458,43	1.452,60	1.446,79	
jun	1.498,21	1.492,21	1.486,25	1.480,30	1.474,38	1.468,48	
Jul	1.575,68	1.569,38	1.563,10	1.556,85	1.550,62	1.544,42	
Ago	1.568,30	1.562,03	1.555,78	1.549,56	1.543,36	1.537,18	
Sept	1.373,86	1.368,37	1.362,89	1.357,44	1.352,01	1.346,60	
Oct	1.222,39	1.217,50	1.212,63	1.207,78	1.202,95	1.198,14	
Nov	1.008,64	1.004,61	1.000,59	996,59	992,60	988,63	
Dic	880,61	877,09	873,58	870,08	866,60	863,14	
Total (kgCO2/año)	320.407,08	335.732,11	350.995,83	366.198,50	381.340,36	396421,6561	

3.3.5. Relación coste/beneficio de la planta fotovoltaica.

La rentabilidad de una instalación fotovoltaica depende en gran medida de diversos factores económicos. Entre ellos destaca la tarifa eléctrica que paga el usuario, su consumo energético y la durabilidad de los paneles solares. Considerando que los paneles solares elegidos tienen una vida útil garantizada de 25 años, nuestro análisis financiero se extenderá a este horizonte temporal.

Tabla 14. Presupuesto estimado para el restaurante. Fuente: Propia.

PRESUPUESTO				
Código	Descripción	Uds	Precio Ud	Total
CAP. 1	Actividades.			6.500,00 €
1.01	Actividades Previas e instalación	1	6.500,00 €	6.500,00 €
CAP. 2	Generador Fotovoltaico y Baja Tensión			26.601,49 €
2.01	Módulos fotovoltaicos JinkoSolar, modelo Tiger Pro 72HC-TV de 545Watt o similar	76	239,94 €	18.235,44 €
2.02	Suministro y montaje de estructuras	38	124,00 €	4.712,00 €
2.03	Huawei modelo SUN2000-30/36/40KTL-M3 Smart PV Controller 40kW	1	3.654,05 €	3.654,05 €
CAP. 3	Red de Baja Tensión			2.708,04 €
3.01	Conductor ZZ-F 2x6 mm ² 0,6/1 kV - 1,8 kV DC	200	5,45 €	1.090,00 €
3.02	Conductor unipolar de Cobre RZ1-K 1x35 mm ² 0,6/1 kV	15	10,20 €	153,00 €
3.03	Fusibles calibre 50 A DC	16	5,50 €	88,00 €
3.04	Fusibles calibre 125 A	3	25,68 €	77,04 €
3.05	Conductor de puesta a tierra	200	6,50 €	1.300,00 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL				35.809,53 €

Al ser una instalación nueva no tenemos facturas eléctricas de referencia, por lo cual, nos ayudaremos del consumo eléctrico estimado de la instalación y una consulta del precio del kilovatio hora a la empresa Endesa para una potencia de consumo similar.

La tarifa Solar Simply con batería virtual es la opción de Endesa que ofrece para compensar para compensar la factura los excedentes a un precio de 0,10€, tomaremos esta tarifa para los cálculos de compensación de excedentes y la tarifa 3.0 para potencias superiores a los 15kW, modalidad plana de 0,127€ para los costos sin instalación.

Tabla 15. Cálculos de Costos. Fuente: Propia.

DESCRIPCIÓN		Datos anuales		
		kWh	Euros	Euros
1	Total del consumo	70320	0,127	8930,6
2	Total de la instalación	70904	0,127	9004,8
3	Total que pago a redes	1982	0,127	251,71
4	Total que vendo a redes	40629	0,1	4062,9
5	Total que ahorro	Euros		13068
6	Presupuesto	Euros		35810
7	Recuperación	Años		4,01
8	Beneficio	Euros		4137,1

- La instalación tendrá una ganancia al final del año de 4137,1 euros
- Inversión inicial: 35.810 euros es el costo de instalación.
- Ahorro anual sin paneles solares 8930 euros

$$\textit{T tiempo de inversion} = \frac{\textit{Inversion inicial}}{\textit{Ahorro anual}} \quad (18)$$

$$\textit{T tiempo de inversion} = \frac{35810 \text{ €}}{8930 \text{ €}} = 4,01 \text{ años} \quad (19)$$

La inversión inicial se recuperaría en aproximadamente 4 años aproximadamente.

CONCLUSIONES

La sustitución de iluminación actual asociada a la red eléctrica por solar en las posiciones actuales y la instalación de nuevas luminarias en el parque Alonso Sánchez mejora la seguridad del parque durante la noche eliminando zonas oscuras, haciendo que sea un lugar más atractivo para los visitantes. Además, la iluminación eficiente y sostenible puede realzar la belleza del parque, creando un ambiente agradable y seguro.

La instalación de una zona recreativa de tipo bar restaurante con planta fotovoltaica y el uso de iluminación solar en el parque contribuirán significativamente a la reducción de emisiones de CO₂, promoviendo un entorno más limpio y sostenible con un total de 7,089 kgCO₂/kWh evitados anualmente para la iluminación del parque y 16.875,15 kg/CO₂ anuales y 396.421 kg/CO₂ al final de su vida útil de realizarse la instalación fotovoltaica en el restaurante.

En cuanto a la reducción de la factura eléctrica, La iluminación del parque ya no dependerá de la red eléctrica y eliminará los costos. El restaurante se beneficiará de una reducción en los costos de electricidad, con la instalación de 76 paneles Jinko solar 545W y el inversor de 36kW Huawei, modo autoconsumo, permitirá aprovechar la energía generada in situ, disminuyendo la dependencia de la red eléctrica y reduciendo las facturas de energía para la iluminación la reducción en la factura es total para el restaurante y con excedente de 95% para los meses con menos radiación que cubrirá la energía comprada a la red eléctrica.

La recuperación de la inversión de la instalación fotovoltaica del bar-restaurante es a través de los ahorros en costos de energía en 4 años según los cálculos.

La implementación de tecnologías sostenibles puede atraer a más visitantes al parque y al restaurante, interesados en apoyar iniciativas ecológicas. Esto puede aumentar la afluencia de público y, en consecuencia, los ingresos del restaurante.

Este proyecto puede servir como un ejemplo educativo para la comunidad sobre los beneficios de las energías renovables y la sostenibilidad. Se pueden organizar visitas guiadas y talleres para educar a los visitantes sobre la importancia de la energía solar y la reducción de la huella de carbono

REFERENCIAS

- Martínez Martínez, A. (2021). Diseño y evaluación de una planta solar fotovoltaica para el suministro energético de una planta piloto de regeneración de aguas mediante foto-fenton-solar. Trabajo de fin de máster en Energía Solar. Universidad de Almería. España.
- Martín Martínez, Javier (2023). Proyecto De Instalación Fotovoltaica Con Autoconsumo Y Compensación De Excedentes En Edificio Arenals De La Umh, Con Una Futura Implementación De Puntos De Recarga. Trabajo De Finde Grado, Universidad Miguel Hernández De Elche. España.
- Roldán Fernández, Juan. (2021). Estudio de viabilidad económica de una instalación fotovoltaica de 100 kW en una industria alimentaria. Trabajo de fin de máster en Ingeniería Industrial. Universidad de Sevilla. España.
- Carlos Font Alcántara, "Proyecto de una instalación fotovoltaica de autoconsumo de 65,52kWp en una planta de depuración de aguas, Universitat Jaume, Julio 2020
- Hernandez, "Sistemas solares térmicos y fotovoltaicos para el suministro energético en micro-industrias aisladas: aplicación a la provincia de Almería, Universidad de Almeria, Julio 2021
- Alonso, J. A. (2024, 2 julio). *Radiación, Geometría, Recorrido óptico, Irradiancia*. SunFields | Expertos En Energía Fotovoltaica Para Ahorro Energético En España. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>
- Alumbrado Público Solar LED: Todo lo que debes saber para un proyecto de iluminación*. (s. f.). DUMALUX. <https://dumalux.com/blog/alumbrado-publico-solar-led-todo-lo-que-debes-saber-para-un-proyecto-de-iluminacion>
- BOE-A-2018-12812 Corrección de errores del Acuerdo de 4 de septiembre de 2018, de la Mesa del Senado, por el que se convocan becas de formación sobre comunicación institucional, interna y externa, relacionada con la actividad oficial del Senado, para el año 2019*. (s. f.). https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2018-12812
- Compensación de excedentes de autoconsumo*. (s. f.). Endesa. <https://www.endesa.com/es/luz-y-gas/autoconsumo-endesa/compensacion-excedentes>
- Dejtjar, F. (2024, 19 agosto). *Bares y Restaurantes: 50 ejemplos en planta y sección*. ArchDaily México. <https://www.archdaily.mx/mx/901778/bares-y-restaurantes-50-ejemplos-en-planta-y-seccion>
- Endesa Luz Empresas – Con Endesa eliges una tarifa de luz personalizada para tu empresa. ¡Disfruta el poder de elegir!* (s. f.). https://endesaluzempresas.com/?sem=gad:prd:sem:eees:emp:eng:gsrc:cpc:bf:pr:mrexac:tarifa-30:ctp:openem:luz:luzempresas:txt:txt:::c:g:tarifas%203.0%20td%20endesa:e:open%20b2b:na:na:na:esp:na&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw8rW2BhAgEiwAoRO5rG2CK2pP3J5ryW6gNXNoGW8hYeGyYLqo3NysiZiflHopa75aaSKehoCCbU-QAvD_BwE&gclid=aw.ds
- Estructura soporte reforzada 30° para 2 paneles solares de 72 células*. (s. f.). <https://atersa.shop/estructura-soporte-para-2-filas-de-paneles-de-72-celulas-en-vertical/>

- Módulo fotovoltaico*. (s. f.). Enel Green Power. <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar/modulo-fotovoltaico>
- Performance ratio en fotovoltaica | Cálculo performance ratio*. (2024, 9 agosto). Vector Renewables. <https://www.vectorenrenewables.com/es/blog/problemas-con-el-calculo-de-pr-performance-ratio>
- Redondo, N. L. (2023, 29 mayo). *LFP, tres letras que pueden solucionar dos graves problemas de los coches eléctricos*. Movilidad Eléctrica. <https://movilidadelectrica.com/baterias-lfp/>
- Solargis. (s. f.). *Global Solar Atlas*. The World Bank Group. <https://globalsolaratlas.info/map?c=11.609193,8.349609,3>
- Solutions, S. E. (2022, 4 noviembre). *El inversor solar. Qué es, cómo funciona y cuál es su papel en una instalación fotovoltaica*. Solarama Energy Solutions | Pásate A la Energía Solar. <https://solarama.es/news/el-inversor-solar.que-es-como-funciona-y-cual-es-su-papel-en-una-instalacion-fotovoltaica/>
- Soto, S. (2024a, agosto 13). Mapa de radiación solar en España: tablas por provincias. *Compara y ahorra en luz y gas | Mejores ofertas y tarifas | Roams*. <https://roams.es/energia/energia-renovable/energia-solar/radiacion-solar-espana/>
- Soto, S. (2024b, agosto 13). Mapa de radiación solar en España: tablas por provincias. *Compara y ahorra en luz y gas | Mejores ofertas y tarifas | Roams*. <https://roams.es/energia/energia-renovable/energia-solar/radiacion-solar-espana/>
- TeknoSolar. (2024a, marzo 1). *Soporte inclinado abierto para cubierta plana para 2 placas en horizontal 24H | TeknoSolar.com*. TeknoSolar.com. <https://www.teknosolar.com/soporte-inclinado-abierto-para-cubierta-plana-para-2-placas-en-horizontal-24h/>
- Dejtjar, F. (2024, 19 agosto). *Bares y Restaurantes: 50 ejemplos en planta y sección*. ArchDaily México. <https://www.archdaily.mx/mx/901778/bares-y-restaurantes-50-ejemplos-en-planta-y-seccion>
- EFC Solar, 2024 «Estructuras para paneles solares. Tipos y características,» [En línea]. Available: <https://www.efcsolar.com/energia-solar-fotovoltaica/estructuras-para-paneles-solares-tipos/>.
- Prysmian Club 2024. Cálculo de líneas para una instalación fotovoltaica de 50 kW para autoconsumo <https://www.prysmianclub.es/calculo-de-lineas-para-una-instalacion-fotovoltaica-de-50-kw-para-autoconsumo-industrial/>
- Real Decreto Ley 15/2018. (2018). *Boletín Oficial del Estado*. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2018-12812
- Red Eléctrica de España. (2023). *Informe del Sistema Eléctrico Español 2023*. <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/informe-del-sistema-electrico>
- Unión Europea. (2020). *Pacto Verde Europeo*. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es
- Gobierno de España. (2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030*. <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/plan-nacional-integrado-energia-clima.aspx>

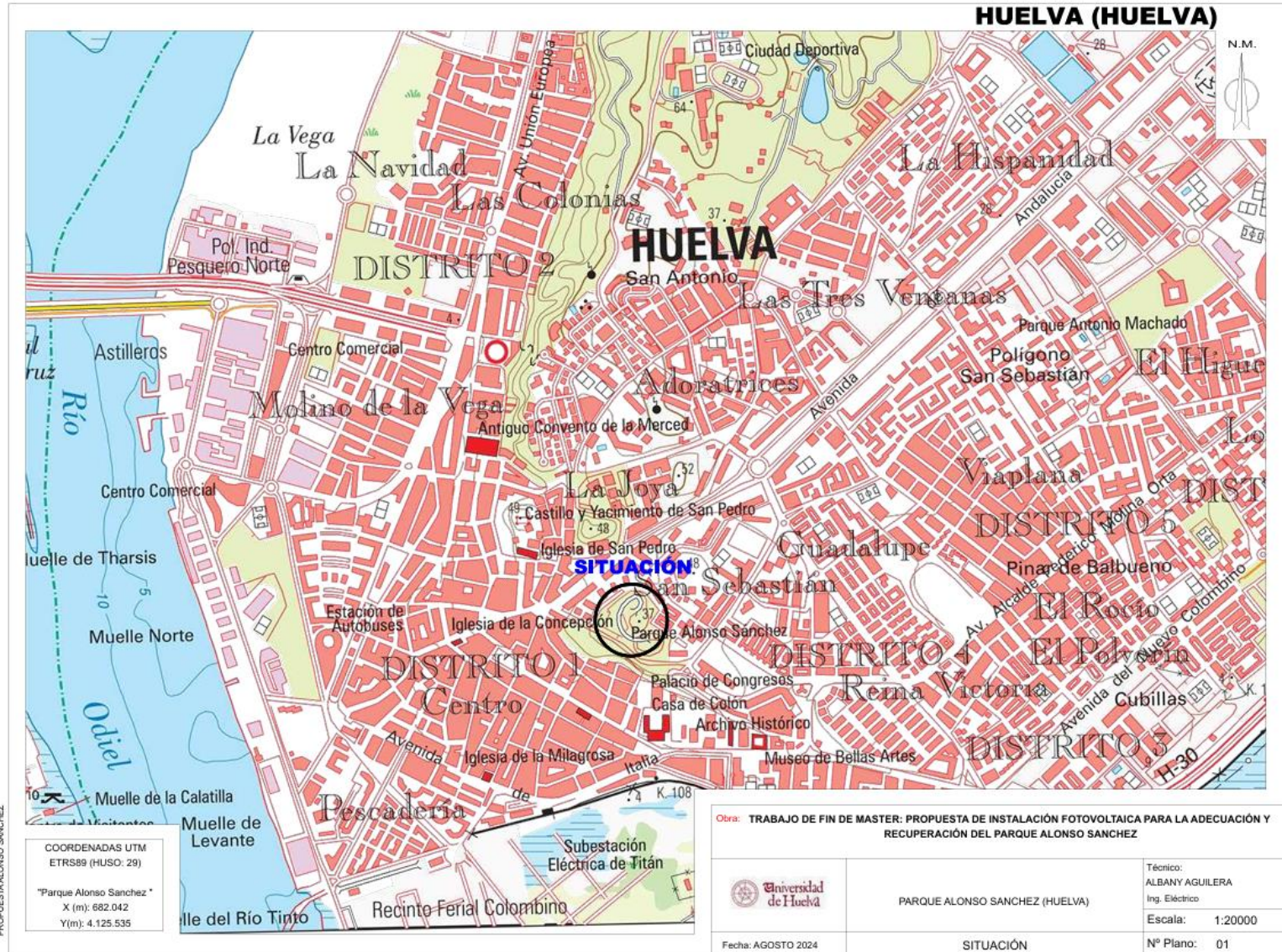
Micoteco. (2005). Cambio climático y mitigación de la huella de carbono. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf

Real Decreto 15/2018, de 31 de marzo, por el que se desarrolla la autoproducción y el autocsumo de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado (BOE), nº 81, de 1 de abril de 2018. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-8122

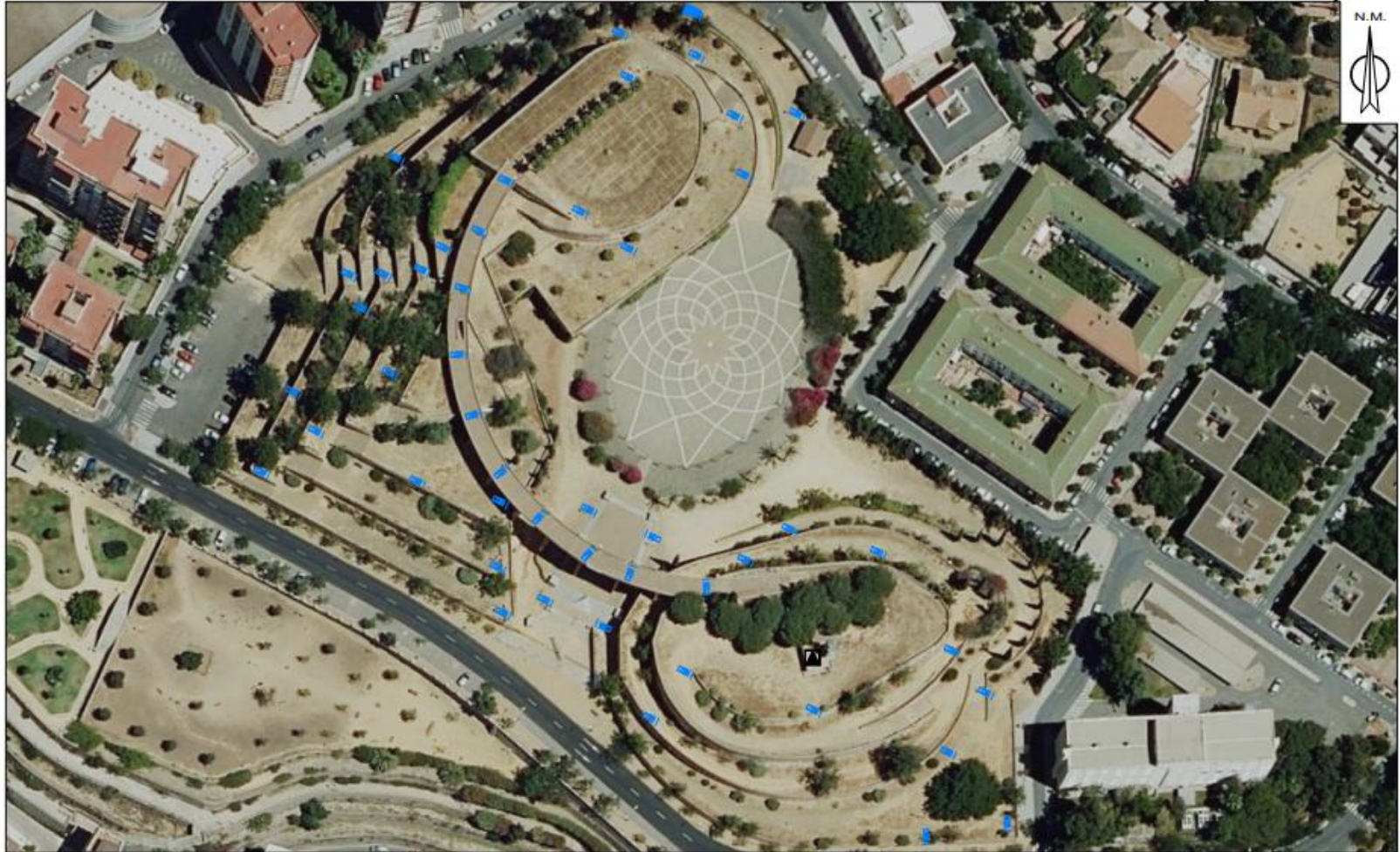
Orden de 5 de marzo de 2013, Puesta en servicio de las instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia y de las instalaciones de autoconsumo de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado (BOE), nº 60, de 6 de marzo de 2013. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-8122

ANEXOS

Anexo I: Planos



HUELVA (HUELVA)



PROPUESTA ALONSO SANCHEZ

COORDENADAS UTM
ETRS89 (HUSO: 29)

"Parque Alonso Sanchez"
X (m): 682.042
Y(m): 4.125.535

LEYENDA

-  Foto a reformar en posición actual
-  CD (CENTRO DE DISTRIBUCIÓN)

Obra: TRABAJO DE FIN DE MASTER: PROPUESTA DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA LA ADECUACIÓN Y RECUPERACIÓN DEL PARQUE ALONSO SANCHEZ



PARQUE ALONSO SANCHEZ (HUELVA)

Técnico:
ALBANY AGUILERA
Ing. Eléctrico

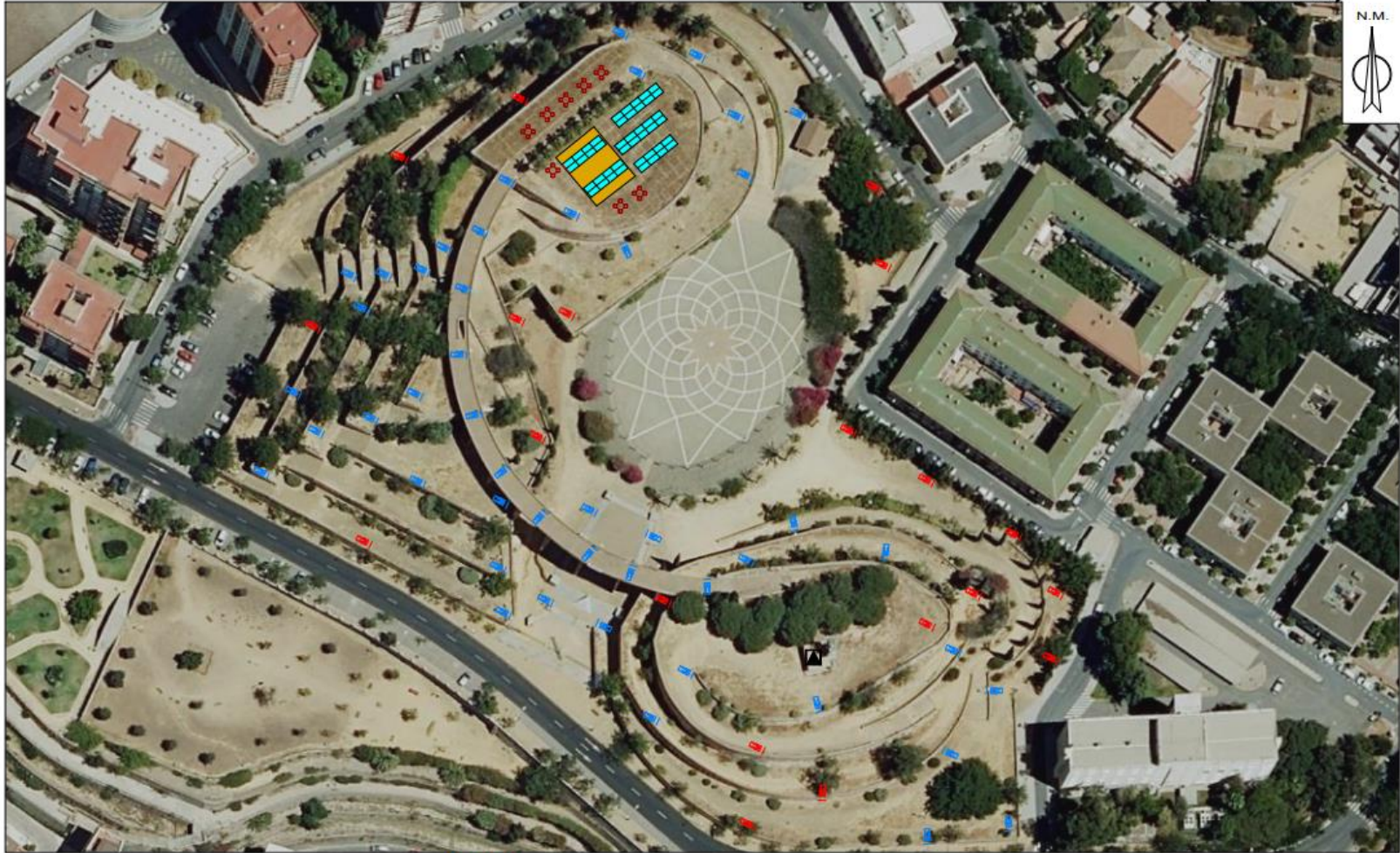
Escala: 1:1.000

Fecha: AGOSTO 2024

EMPLAZAMIENTO ACTUAL

Nº Plano: 02

HUELVA (HUELVA)




PROPUESTA ALONSO SANCHEZ

COORDENADAS UTM
ETRS89 (HUSO: 29)
"Parque Alonso Sanchez"
X (m): 682.042
Y(m): 4.125.535

LEYENDA

	Foco a reformar en posición existente		Panels Jirecódor 56KW
	Foco a reformar en posición existente		
	CD (CENTRO DE DISTRIBUCIÓN)		

Obra: TRABAJO DE FIN DE MASTER: PROPUESTA DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA LA ADECUACIÓN Y RECUPERACIÓN DEL PARQUE ALONSO SANCHEZ		
	PARQUE ALONSO SANCHEZ (HUELVA)	Técnico: ALBANY AGUILERA Ing. Eléctrico
	EMPLAZAMIENTO REFORMADO	Escala: 1:1.000
Fecha: AGOSTO 2024		Nº Plano: 03

Anexo II: Iluminación fotovoltaica



SunStay

BRP710 LED30 CW MR S1 12V LFP AIO Solar

Integrated solar street light with Lithium Ferro Phosphate battery, solar panel and charger built into the luminaire. Pressure die cast aluminium for sturdiness and long life. Specially designed pole mounting bracket allows different tilt angles, lateral and pole top mounting.

Product data

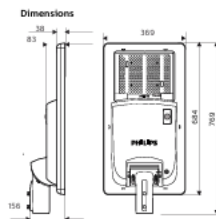
General information		Temperature	
Driver included	Yes	Ambient temperature range	0 to +35 °C
Light Technical		Controls and Dimming	
Luminous Flux	3,000 lm	Dimmable	Yes
Correlated Color Temperature (Nom)	5700 K	Configurability	Factory Configurable
Luminous Efficacy (rated) (Nom)	175 lm/W	Mechanical and Housing	
Color rendering index (CRI)	>70	Housing Material	Aluminium pressure die cast
Light source color	Cool white	Housing Color	Gray
Optical cover type	UV stabilized Polycarbonate cover	Overall length	684 mm
Operating and Electrical		Overall width	369 mm
Battery type	Lithium Ferro Phosphate	Overall height	156 mm
Battery ampere hour	20 Ah	Dimensions (Height x Width x Depth)	156 x 369 x 684 mm
Battery voltage	12.8 V	Approval and Application	
Battery charging & discharging cycles	2000	Ingress protection code	IP65 [Dust penetration-protected, jet-proof]
Panel type	Mono crystalline	Over Time Performance (IEC Compliant)	
Panel voltage	17 Vmp, 21 Voc V	Median useful life L70B50	50,000 hour(s)
Panel peak wattage	35 W	Application Conditions	
Charge controller type	MPPT	Ambient temperature range for charging	0 °C to +45 °C

SunStay

Ambient temperature range for discharging (when light is on)	-20 °C to +35 °C
Solar dimming profile	30% Dusk to dawn, 100% on motion. (Sensor disabled for 5 Hrs, after 5 Hrs)
Grid connection type	Off grid
Battery location	Inside Luminaire
Product Data	
Order product name	BRP710 LED30 CW MR S1 12V LFP AIO Solar
Full product name	BRP710 LED30 CW MR S1 12V LFP AIO Solar

Full product code	871016335461300
Order code	919515812388
Material Nr. (12NC)	919515812388
Numerator - Quantity Per Pack	1
EAN/UPC - Product/Case	8710163354613
Numerator - Packs per outer box	1
EAN/UPC - Case	8710163354613

Dimensional drawing



© 2024 Signify Holding All rights reserved. Signify does not give any representation or warranty as to the accuracy or completeness of the information included herein and shall not be liable for any action in reliance thereon. The information presented in this document is not intended as any commercial offer and does not form part of any quotation or contract, unless otherwise agreed by Signify. Philips and the Philips Shield Emblem are registered trademarks of Koninklijke Philips N.V.

www.lighting.philips.com
2024, February 1 - data subject to change

Anexo III: Ficha técnica Panel Solar JinkoSolar 545W.

www.jinkosolar.com

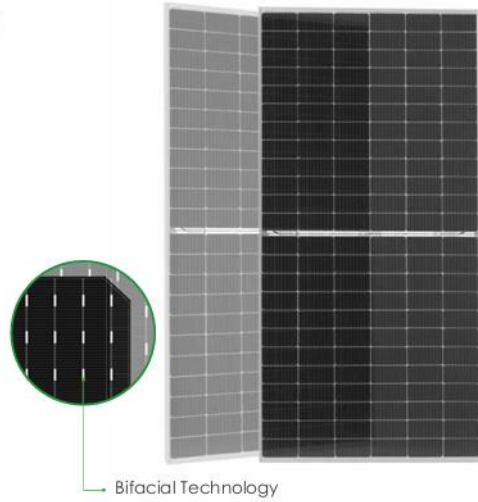


Tiger Pro 72HC-TV 525-545 Watt BIFACIAL MODULE WITH TRANSPARENT BACKSHEET

P-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

- IEC61215(2016), IEC61730(2016)
- ISO9001:2015: Quality Management System
- ISO14001:2015: Environment Management System
- ISO45001:2018 Occupational health and safety management systems



Bifacial Technology

Key Features



Multi Busbar Technology
Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



Light-weight design
Light-weight design using transparent backsheet for easy installation and low BOS cost.



Higher Power Output
Module power increases 5-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.



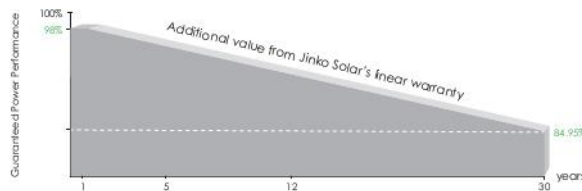
Longer Life-time Power Yield
0.45% annual power degradation and 30 year linear power warranty.



Enhanced Mechanical Load
Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

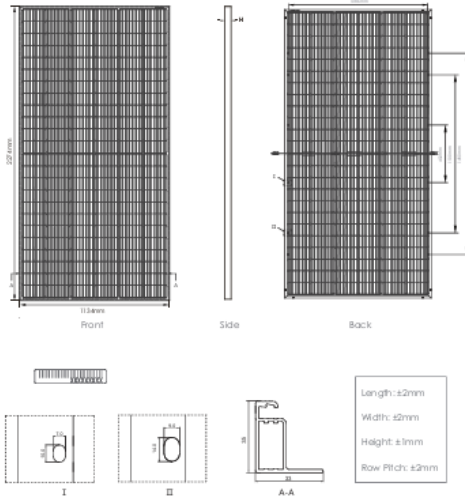


12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.45% Annual Degradation Over 30 years

Engineering Drawings

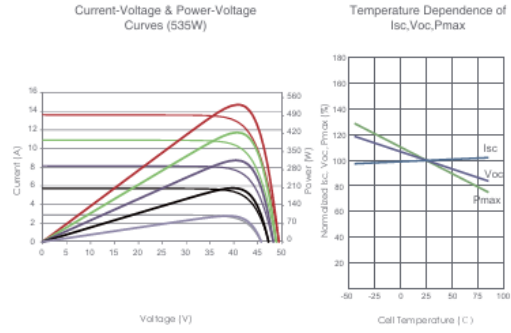


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 620pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	144 (6×24)
Dimensions	2274×1134×35mm (89.53×44.65×1.38 inch)
Weight	28.9 kg (63.7 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM525M-72HL4-TV		JKM530M-72HL4-TV		JKM535M-72HL4-TV		JKM540M-72HL4-TV		JKM545M-72HL4-TV	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	525Wp	391Wp	530Wp	394Wp	535Wp	398Wp	540Wp	402Wp	545Wp	405Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.61V	37.74V	40.71V	37.88V	40.81V	37.98V	40.91V	38.08V	41.07V	38.18V
Maximum Power Current (Imp)	12.93A	10.35A	13.02A	10.41A	13.11A	10.48A	13.20A	10.55A	13.27A	10.62A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.27V	46.50V	49.35V	46.58V	49.42V	46.65V	49.49V	46.71V	49.65V	46.86V
Short-circuit Current (Isc)	13.64A	11.02A	13.71A	11.07A	13.79A	11.14A	13.87A	11.20A	13.94A	11.26A
Module Efficiency STC (%)	20.36%		20.55%		20.75%		20.94%		21.13%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	70±5%									

BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

		5%	15%	25%
5%	Maximum Power (Pmax)	551Wp	557Wp	562Wp
	Module Efficiency STC (%)	21.38%	21.58%	21.78%
15%	Maximum Power (Pmax)	604Wp	610Wp	615Wp
	Module Efficiency STC (%)	23.41%	23.64%	23.86%
25%	Maximum Power (Pmax)	656Wp	663Wp	669Wp
	Module Efficiency STC (%)	25.45%	25.69%	25.93%

*STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📺 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5
 NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📺 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s

©2020 Jinko Solar Co., Ltd. All rights reserved.
 Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

JKM525-545M-72HL4-TV-F1-EN

Anexo IV: Ficha técnica Inversor Huawei Technologies, 36 kW.

SUN2000-30/36/40KTL-M3
Smart PV Controller



Inteligente

Monitorización a nivel de string



Eficiente

Eficiencia máxima del 98.7%



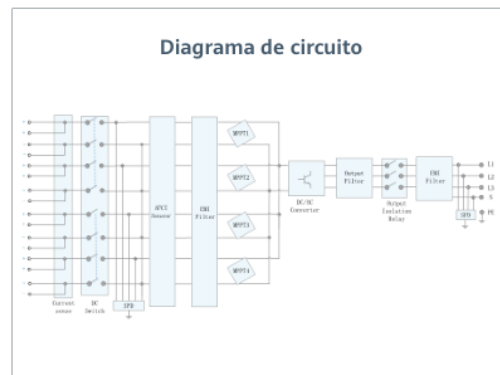
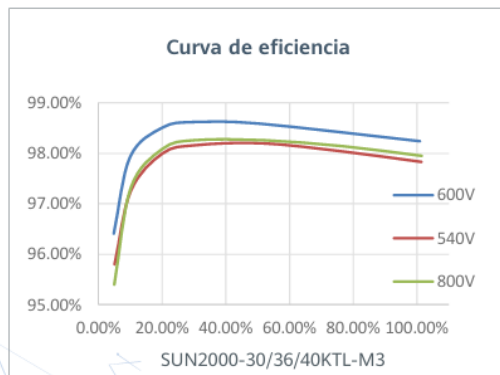
Seguro

Diseño sin fusibles



Confiable

Descargadores de sobretensión tipo II de CC y CA



SUN2000-30/36/40KTL-M3
Especificaciones técnicas

Especificaciones técnicas	SUN2000-30KTL-M3	SUN2000-36KTL-M3	SUN2000-40KTL-M3
Eficiencia			
Máxima eficiencia		98.7%	
Eficiencia europea ponderada		98.4%	
Entrada			
Tensión máxima de entrada ¹		1,100 V	
Intensidad de entrada máxima por MPPT		26 A	
Intensidad de cortocircuito máxima		40 A	
Tensión de arranque		200 V	
Rango de tensión de operación ²		200 V ~ 1000 V	
Tensión nominal de entrada		600 V	
Cantidad de entradas		8	
Cantidad de MPPTs		4	
Salida			
Potencia nominal activa de CA	30,000 W	36,000 W	40,000 W
Máx. potencia aparente de CA	33,000 VA	40,000 VA	44,000 VA
Tensión nominal de Salida		230 Vac / 400 Vac, 3W/N+PE	
Frecuencia nominal de red de CA		50 Hz / 60 Hz	
Intensidad nominal de salida	43.3 A	52.0 A	57.8 A
Máx. intensidad de salida	47.9 A	58.0 A	63.8 A
Factor de potencia ajustable		0.8 LG ... 0.8 LD	
Máx. distorsión armónica total		< 3%	
Características y protecciones			
Dispositivo de desconexión del lado de entrada		Sí	
Protección anti-isla		Sí	
Protección contra sobreintensidad de CA		Sí	
Protección contra polaridad inversa CC		Sí	
Monitorización a nivel de string		Sí	
Descargador de sobretensiones de CC		Sí	
Descargador de sobretensiones de CA		Sí	
Detección de resistencia de aislamiento CC		Sí	
Monitorización de corriente residual		Sí	
Protección ante fallo por arco eléctrico		Sí	
Control del receptor Ripple		Sí	
Recuperación PID integrada ³		Sí	
Comunicación			
Display		Indicadores LED, WLAN Integrado + FusionSolar APP	
RS485		Sí	
Smart Dongle		WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Opcional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Opcional)	
Monitoring BUS (MBUS)		Sí (transformador de aislamiento requerido)	
Especificaciones generales			
Dimensiones (Ancho x Profundo x Alto)		640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch)	
Peso (Kit de herramientas para soporte de suelo incluido)		43 kg (94.8 lb)	
Nivel de Ruido		< 46 dB	
Rango de temperaturas en operación		-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)	
Ventilación		Convección natural	
Max. Altitud de operación		0 - 4,000 m (13,123 ft.)	
Humedad relativa		0% RH ~ 100% RH	
Conector de CC		Staubli MC4	
Conector de CA		Terminal PG impermeable + conector OT/DT	
Grado de Protección		IP 66	
Tipología		Sin transformador	
Consumo de energía durante la noche		≤ 5.5W	
Compatibilidad con optimizador			
Optimizador compatible con DC MBUS		SUN2000-450W-P	
Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)			
Seguridad		EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683	
Estándares de conexión a red eléctrica		IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, AS/NZS 4777.2, DEWA	

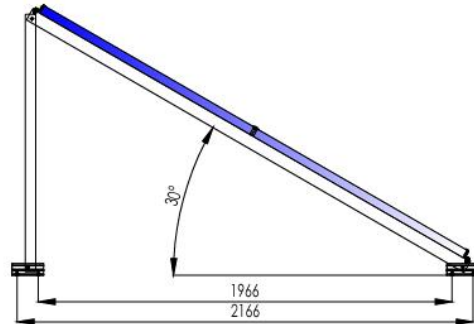
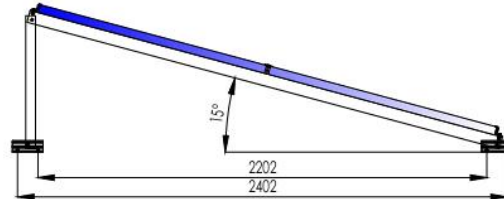
1. El voltaje de entrada máximo es el límite superior del voltaje de CC. Cualquier voltaje DC de entrada más alto probablemente dañaría el inversor.

2. Cualquier voltaje de entrada de CC más allá del rango de voltaje de funcionamiento puede provocar un funcionamiento incorrecto del inversor.

3. SUN2000-30-40KTL-M3 aumenta por encima de cero la tensión entre la FV- y tierra a través de la función de recuperación de PID, con el fin de recuperar la degradación del módulo debido al efecto PID. Compatible con módulos tipo-P (mono, poli), tipo-N (nPERT, HIT)

SOLAR.HUAWEI.COM/ES/

Anexo V: Ficha técnica de la estructura de los paneles.



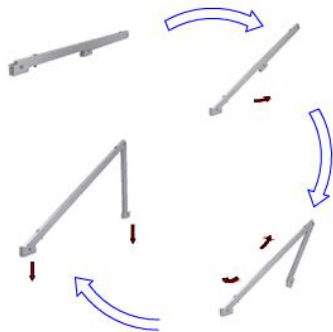
- Soporte inclinado para cubierta de hormigón o subestructura.
- Anclaje a hormigón.
- Soporte premontado.
- Sin perfil guía.
- Disposición de los módulos: Horizontal.
- Valido para espesores de módulos de 28 hasta 40 mm.
- Tornillería de anclaje no incluida.
- Inclinación estándar de 15° y 30°

Viento: Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)
 Materiales: Perfilaría de aluminio EN AW 6005A T6
 Tornillería de acero inoxidable A2-70
 Comprobar el buen estado y la capacidad portante de la cubierta antes de cualquier instalación.
 Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada.

Para módulos de hasta 2279x1150 - Sistema Kit

Carga de nieve: 40 kg/m²

2279x1150 (Ver página 2)



Par de apriete:	
Tornillo Pireol	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm

Distancia máxima entre pórticos ≤1550 mm

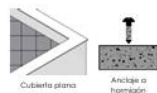
Herramientas necesarias:



Seguridad:



Apriete de las uniones y anclaje al suelo mediante tornillo de hasta M10.



Marcado ES19/86524 CE

Reservado el derecho a efectuar modificaciones - Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

R1-04/21

Velocidades de viento

Soporte inclinado abierto. 2 filas. Horizontal.

24H

Sistema kit

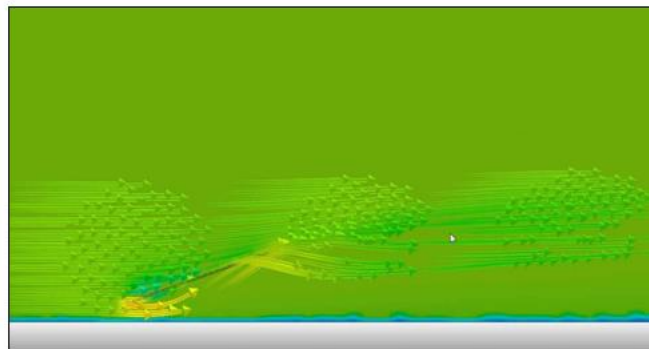


- **Cargas de viento:** Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- **Cálculo estructural:** Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"

Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento		
Tamaño del módulo	2	nº de módulos
2000x1000	150	Velocidad de viento km/h
2279x1150	150	

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

- Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados y utilizar el lastre indicado por el fabricante para cada situación.



Flujo viento -En estructura inclinada.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje.
Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.

Marcado ES19/86524 CE

Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

Anexo VI: Resultados simulación.



PVsyst V7.2.20

VC3, Fecha de simulación:
12/09/24 20:06
con v7.2.20

Resumen del proyecto

Sitio geográfico

Huelva Parque Alonso Sanchez
España

Situación

Latitud 37.26 °N
Longitud -6.95 °W
Altitud 39 m
Zona horaria UTC+1

Configuración del proyecto

Albedo 0.20

Datos meteo

Huelva Parque Alonso Sanchez
Meteonorm 8.0 (1996-2017) - Sintético

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red

Simulación para el año n° 10

Tablas en un edificio

Orientación campo FV

Piano fijo
Inclinación/Azmut 35 / 0 °

Sombreados cercanos

Sombreados lineales

Necesidades del usuario

Carga constante fija
8.03 kW
Global
70.3 MWh/Año

Información del sistema

Generador FV

Núm. de módulos 76 unidades
Pnom total 41.4 kWp

Inversores

Núm. de unidades 1 unidad
Pnom total 36.0 kWca
Proporción Pnom 1.151

Resumen de resultados

Energía producida	68329 kWh/año	Producción específica	1650 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	77.39 %
Energía usada	70320 kWh/año			Fracción solar (SF)	39.40 %

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del generador FV, Pérdidas del sistema.	3
Definición del sombreado cercano - Diagrama de iso-sombreados	5
Resultados principales	6
Diagrama de pérdida	7
Gráficos especiales	8
Evaluación P50 - P90	9
Balance de emisiones de CO ₂	10

**PVsyst V7.2.20**VC3. Fecha de simulación:
12/09/24 20:06
con v7.2.20**Parámetros generales**

Sistema conectado a la red		Tablas en un edificio			
Orientación campo FV		Configuración de cobertizos		Modelos usados	
Orientación		Núm. de cobertizos	7 unidades	Transposición	Perez
Plano fijo		Promedio de diferentes conjuntos		Difuso	Perez, Meteonorm
Inclinación/Azimut	35 / 0 °	Tamaños		Circunsolar	separado
		Espaciamiento cobertizos	4.10 m		
		Ancho de colector	2.29 m		
		Proporc. cob. suelo (GCR)	55.8 %		
		Ángulo límite de sombreado			
		Ángulo límite de perfil	30.6 °		
Horizonte		Sombreados cercanos		Necesidades del usuario	
Horizonte libre		Sombreados lineales		Carga constante fija	
				8.03 kW	
				Global	
				70.3 MWh/Año	

Características del generador FV

Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Jinkosolar	Fabricante	Huawei Technologies
Modelo	JKM-545M-72HL4-TV	Modelo	SUN2000-36KTL-M3-400V
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	545 Wp	Unidad Nom. Potencia	36.0 kWca
Número de módulos FV	76 unidades	Número de inversores	1 unidad
Nominal (STC)	41.4 kWp	Potencia total	36.0 kWca
Módulos	4 Cadenas x 19 En series	Voltaje de funcionamiento	200-1000 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Potencia máx. (=>45°C)	40.0 kWca
Pmpp	37.8 kWp	Proporción Pnom (CC:CA)	1.15
U mpp	711 V		
I mpp	53 A		
Potencia FV total		Potencia total del inversor	
Nominal (STC)	41 kWp	Potencia total	36 kWca
Total	76 módulos	Número de inversores	1 unidad
Área del módulo	196 m²	Proporción Pnom	1.15
Área celular	345 m²		

Pérdidas del conjunto

Pérdidas de suciedad del conjunto		Factor de pérdida térmica		Pérdidas de cableado CC	
Frac. de pérdida	3.0 %	Temperatura módulo según irradiancia		Res. conjunto global	222 mΩ
		Uc (const)	29.0 W/m²K	Frac. de pérdida	1.5 % en STC
		Uv (viento)	0.0 W/m²K/m/s		
Pérdida diodos serie		Pérdida de calidad módulo		Pérdidas de desajuste de módulo	
Caída de tensión	0.7 V	Frac. de pérdida	-0.8 %	Frac. de pérdida	2.0 % en MPP
Frac. de pérdida	0.1 % en STC				
Pérdidas de desajuste de cadenas		Módulo de degradación media			
Frac. de pérdida	0.1 %	Año n°	10		
		Factor de pérdida	0.4 %/año		
		Desajuste debido a la degradación			
		Dispersión Imp RMS	0.4 %/año		
		Dispersión Vmp RMS	0.4 %/año		

**PVsyst V7.2.20**

VC3, Fecha de simulación:
12/09/24 20:06
con v7.2.20

Pérdidas del conjunto**Factor de pérdida IAM**Efecto de incidencia (IAM): Fresnel, revestimiento AR, $n(\text{vidrio})=1.526$, $n(\text{AR})=1.290$

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Pérdidas del sistema.**Indisponibilidad del sistema**

Frac. de tiempo 2.0 %
7.3 días,
3 periodos

Pérdidas de cableado CA**Línea de salida del inv. hasta transfo MV**

Voltaje inversor 400 Vca tri
Frac. de pérdida 0.60 % en STC
Inversor: SUN2000-36KTL-M3-400V
Sección cables (1 Inv.) Cobre 1 x 3 x 16 mm²
Longitud de los cables 20 m

Línea MV hasta inyección

Voltaje MV 20 kV
Cables Alu 3 x 2.5 mm²
Longitud 500 m
Frac. de pérdida 0.06 % en STC

Pérdidas de CA en transformadores**Transfo MV**

Voltaje de red 20 kV
Pérdidas operativas en STC
Potencia nominal en STC 41 kVA
Pérdida de hierro (Conexión 24/24) 0.04 kW
Frac. de pérdida 0.09 % en STC
Resistencia equivalente de bobinas 3 x 44.46 mΩ
Frac. de pérdida 1.13 % en STC



PVsyst V7.2.20

VC3, Fecha de simulación:
12/09/24 20:06
con v7.2.20

Parámetro de sombreados cercanos

Perspectiva del campo PV y la escena de sombreado circundante

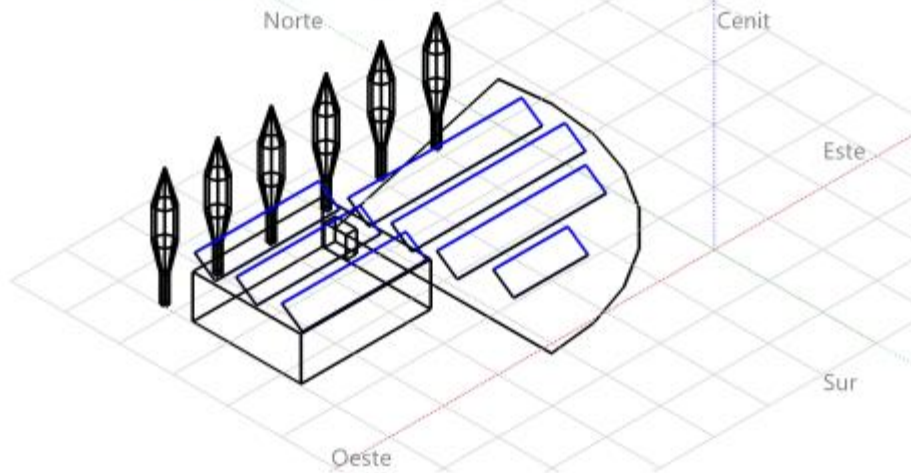
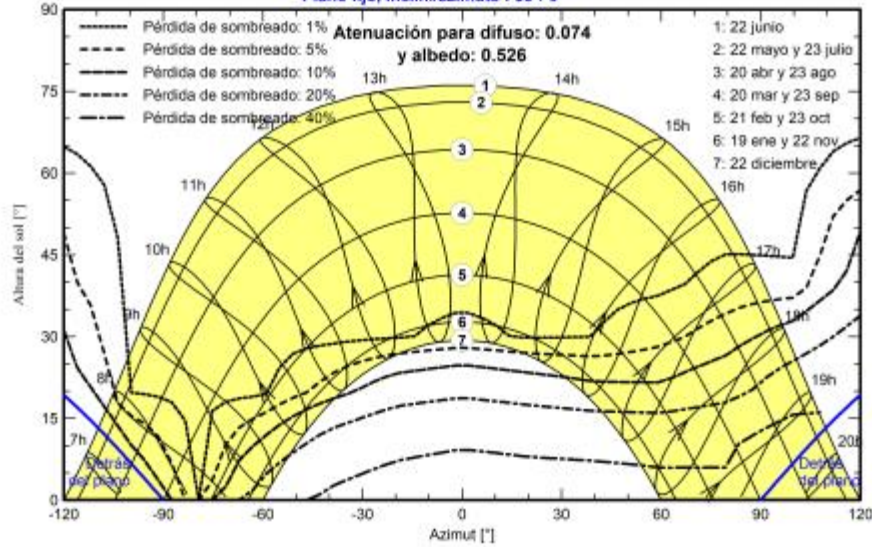


Diagrama de iso-sombreados

Orientación #1

Plano fijo, Inclín./azimuts : 35°/ 0°





PVsyst V7.2.20

VC3, Fecha de simulación:
12/09/24 20:08
con v7.2.20

Resultados principales

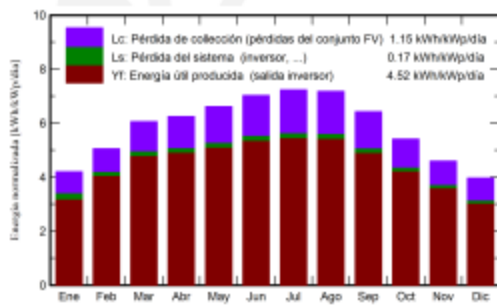
Producción del sistema

Energía producida	68329 kWh/año	Producción específica	1650 kWh/kWp/año
Energía usada	70320 kWh/año	Proporción de rendimiento (PR)	77.39 %
		Fracción solar (SF)	39.40 %

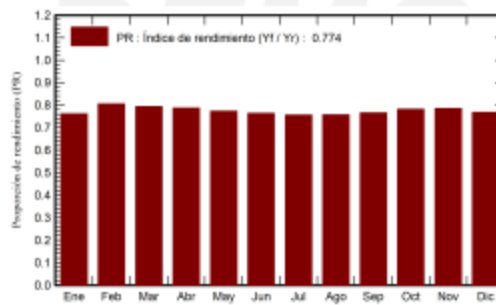
Evaluación económica

Inversión		Costo anual		LCOE	
Global	46.017.40 EUR	Anualidades	0.00 EUR/año	Costo energético	0.03 EUR/kWh
Específico	1.11 EUR/Wp	Costos de func.	1.000.00 EUR/año		
		Periodo de recuperación	6.6 años		

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Enero	77.5	27.45	10.37	130.2	117.1	4409	5972	1800	2307	4172
Febrero	96.9	35.44	11.45	141.5	130.8	4894	5394	1944	2777	3450
Marzo	150.5	50.72	14.41	187.8	173.6	6396	5972	2383	3791	3589
Abril	175.3	68.22	16.64	187.6	172.9	6337	5780	2455	3666	3325
Mayo	215.9	73.93	20.49	205.2	188.6	6802	5972	2668	3906	3305
Junio	233.5	67.57	23.84	211.0	194.2	6903	5780	2628	4044	3151
Julio	243.0	61.34	26.20	224.2	206.8	7260	5972	2699	4321	3273
Agosto	216.1	59.53	26.58	222.7	206.4	7226	5972	2658	4329	3314
Septiembre	163.2	51.46	23.21	192.7	178.3	6329	5780	2373	3742	3407
Octubre	122.6	45.43	19.94	167.8	155.5	5632	5972	2273	3167	3699
Noviembre	85.3	31.18	14.21	137.9	124.9	4647	5780	1961	2523	3818
Diciembre	69.9	26.68	11.43	123.0	107.6	4059	5972	1860	2054	4112
Año	1849.7	598.95	18.27	2131.7	1956.5	70894	70320	27703	40625	42617

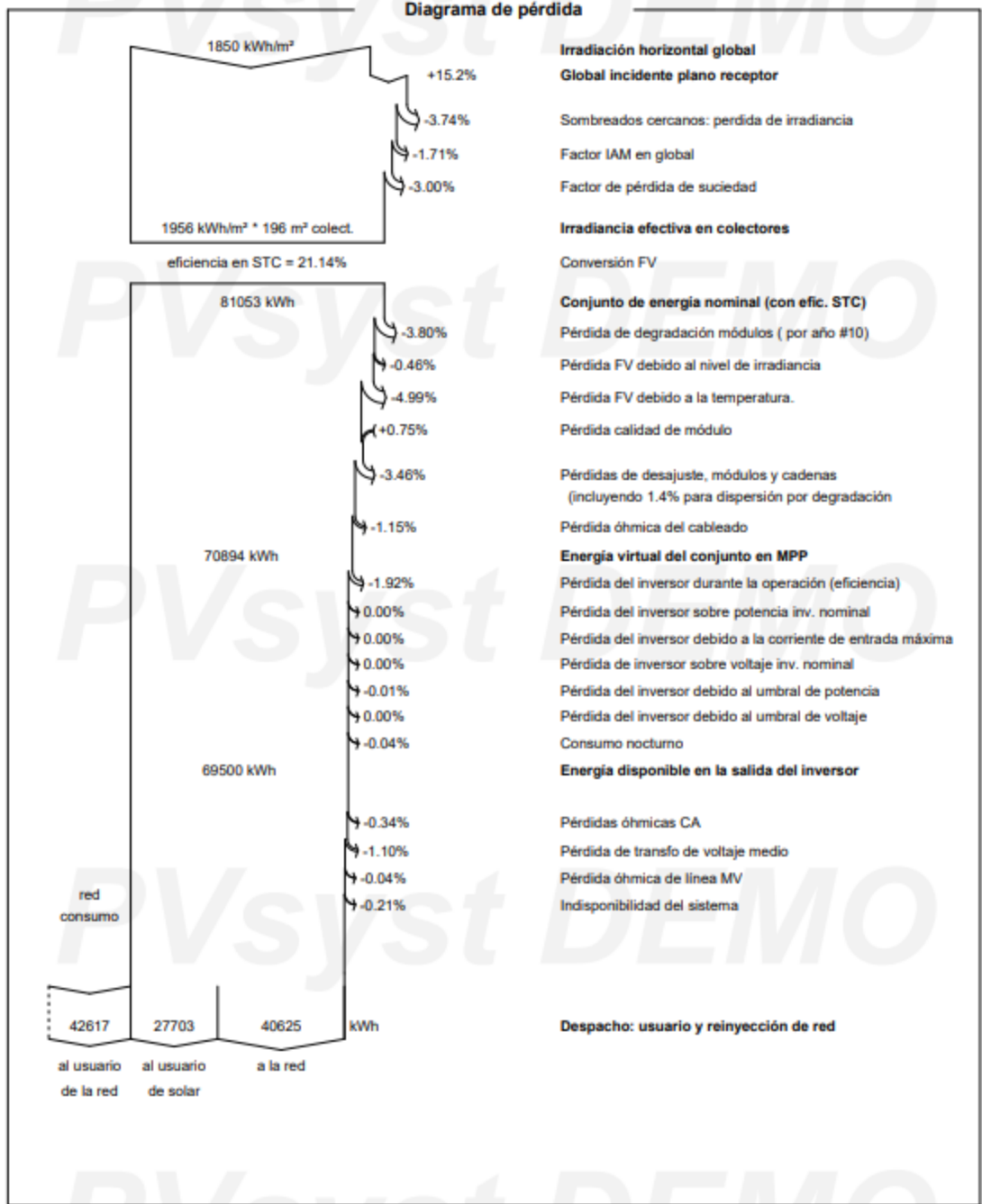
Leyendas

GlobHor	Irradiación horizontal global	EArray	Energía efectiva a la salida del conjunto
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	E_User	Energía suministrada al usuario
T_Amb	Temperatura ambiente	E_Solar	Energía del sol
GlobInc	Global incidente plano receptor	E_Grid	Energía inyectada en la red
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	EFrGrid	Energía de la red



PVsyst V7.2.20

VC3, Fecha de simulación:
12/09/24 20:06
con v7.2.20



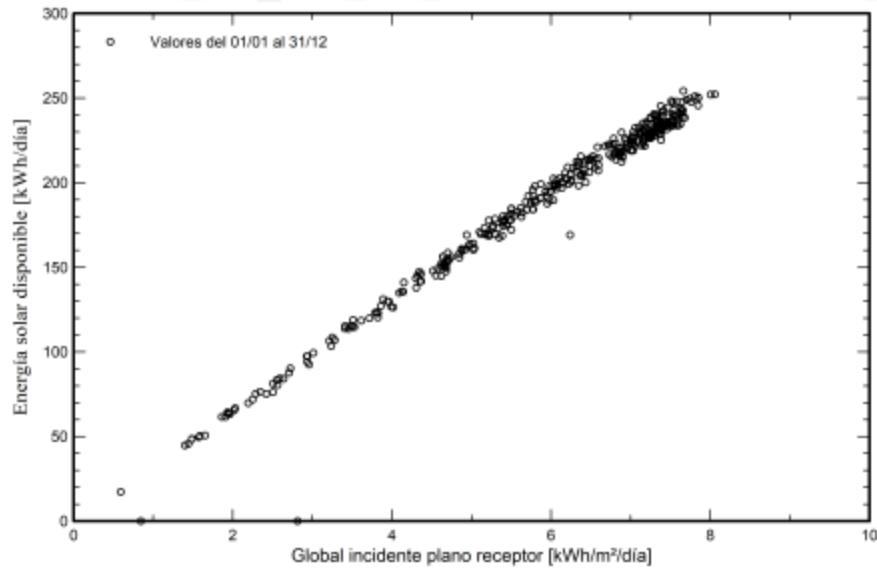


PVsyst V7.2.20

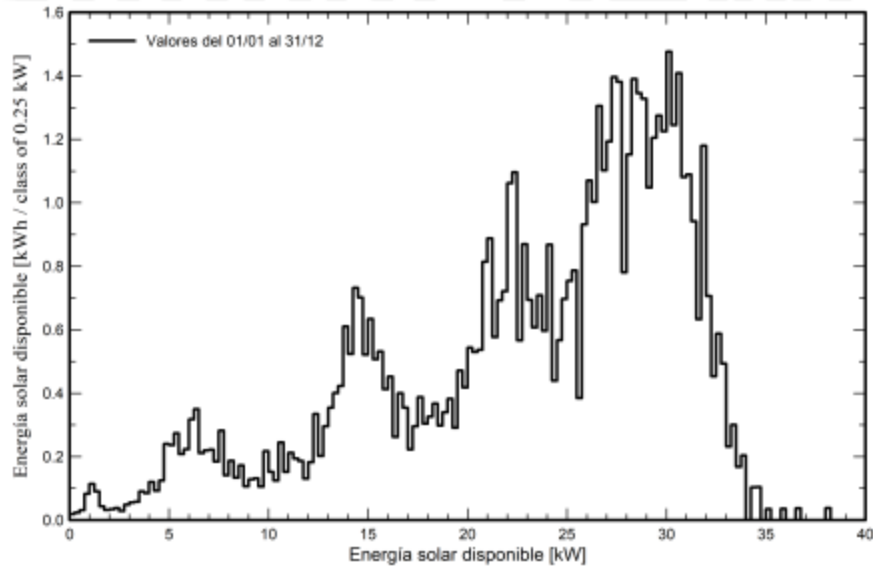
VC3, Fecha de simulación:
12/09/24 20:06
con v7.2.20

Gráficos especiales

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema





PVsyst V7.2.20

VC3, Fecha de simulación:
12/09/24 20:06
con v7.2.20

Evaluación P50 - P90

Datos meteo

Fuente Meteonorm 8.0 (1996-2017)
Tipo Promedios mensuales
Sintético - Promedio multianual
Variabilidad año a año (Varianza) 2.3 %

Desviación especificada

Cambio climático 0.0 %

Variabilidad global (meteo y sistema)

Variabilidad (Suma cuadrática) 2.9 %

Incertidumbres sobre la simulación y los parámetros

Modelado/parámetros del módulo FV 1.0 %
Incertidumbre eficiencia inversor 0.5 %
Incertidumbres de suciedad y desajuste 1.0 %
Incertidumbre de degradación 1.0 %

Probabilidad de producción anual

Variabilidad 2.00 MWh
P50 68.52 MWh
P90 65.95 MWh
P95 65.23 MWh

Distribución de probabilidad

