

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Diseño de una instalación fotovoltaica flotante de
400 kW

Autor: Pedro José Gutiérrez Callejón

Tutor: Miguel Ángel González Cagigal

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

Sevilla 2025



Trabajo Fin de Grado
en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Diseño de una instalación fotovoltaica flotante de 400 kW

Autor:

Pedro José Gutiérrez Callejón

Tutor:

Miguel Ángel González Cagigal

Profesor Permanente Laboral

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

Sevilla, 2025

Trabajo Fin de Grado: Diseño de una instalación fotovoltaica flotante de 400 kW

Autor: Pedro José Gutiérrez Callejón

Tutor: Miguel Ángel González Cagigal

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2025

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis amigos

Agradecimientos

Mi padre me dijo un día cuando entré en la carrera que yo era un proyecto de ingeniero que algún día se llevaría acabo. Puedo decir que tras mucha dedicación, constancia y esfuerzo aquel proyecto se lleve acabo en unos días.

Lo más valioso que he aprendido en estos años es que cada esfuerzo que dedicamos a algo merece la pena y, tarde o temprano, dará sus frutos. Todos tenemos días buenos y malos, por eso es esencial darnos una segunda oportunidad, levantarnos al día siguiente y por muy duro que sea, seguir ahí, porque algún día llegará.

Se lo dedico a mis padres que se emocionaban con las asignaturas que aprobaba. A mis hermanos que tanto han aguantado. A mis tios y abuelos que tanto han preguntado por aquel proyecto y a mis amigos que siempre me han apoyado.

Pedro José Gutiérrez Callejón

Sevilla, 2025

Resumen

En un contexto de creciente demanda energética y preocupación por la sostenibilidad, la generación descentralizada de energía se ha consolidado como una opción atractiva para los consumidores. Este modelo permite no solo reducir la dependencia de las fuentes convencionales, sino también disminuir los costes asociados al consumo eléctrico. Entre las alternativas disponibles, la energía solar fotovoltaica destaca por su capacidad para aprovechar un recurso limpio y abundante: la radiación solar. En particular, las instalaciones fotovoltaicas flotantes están ganando relevancia como una solución innovadora que combina la eficiencia energética con el aprovechamiento de superficies acuáticas. Estas instalaciones no solo optimizan el uso del espacio, sino que también presentan ventajas como la reducción de la evaporación del agua y el aumento del rendimiento de los paneles gracias a las condiciones ambientales sobre el agua.

Este tipo de instalaciones aprovecha superficies acuáticas, como embalses, para la generación de energía solar, ofreciendo múltiples beneficios: optimizan el uso del terreno, reducen la evaporación del agua y mejoran el rendimiento de los paneles debido a las condiciones térmicas favorables sobre el agua. Además, la caída en los costes de los sistemas fotovoltaicos y su creciente competitividad frente a fuentes de energía convencionales han potenciado su adopción.

El presente trabajo se estructura en dos partes principales. En la primera, se abordarán los fundamentos teóricos de las tecnologías fotovoltaicas flotantes. Se analizarán sus características, ventajas y desafíos, incluyendo ejemplos de proyectos existentes que han demostrado su viabilidad técnica y económica. La segunda parte consistirá en el desarrollo de un proyecto de ingeniería para diseñar una instalación fotovoltaica flotante destinada a consumo local en Carmona, Sevilla. Este proyecto buscará combinar innovación tecnológica con beneficios medioambientales y económicos, contribuyendo al avance hacia un modelo energético más sostenible.

Abstract

In a context of growing energy demand and concern for sustainability, decentralised energy generation has become an attractive option for consumers. This model makes it possible not only to reduce dependence on conventional sources, but also to reduce the costs associated with electricity consumption. Among the available alternatives, photovoltaic solar energy stands out for its capacity to take advantage of a clean and abundant resource: solar radiation. In particular, floating photovoltaic installations are gaining relevance as an innovative solution that combines energy efficiency with the use of water surfaces. These installations not only optimise the use of space, also offer advantages such as reduced water evaporation and increased panel performance thanks to the ambient conditions on the water.

This type of installation uses water surfaces, such as reservoirs, for solar energy generation, offering multiple benefits: they optimise the use of land, reduce water evaporation and improve the performance of the panels due to the favourable thermal conditions over the water. In addition, the falling costs of photovoltaic systems and their increasing competitiveness against conventional energy sources have boosted their adoption.

This paper is structured in two main parts. In the first part, the theoretical foundations of floating photovoltaic technologies will be addressed. Its characteristics, advantages and challenges will be analysed, including examples of existing projects that have demonstrated their technical and economic feasibility. The second part will consist of the development of an engineering project to design a floating photovoltaic installation for local consumption in Carmona, Seville. This project will seek to combine technological innovation with environmental and economic benefits, contributing to progress towards a more sustainable energy model.

Índice

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xiv
Índice de Tablas	xvii
Índice de Figuras	xix
Notación	xxi
1 Introducción	1
1.1 <i>La tecnología flotante fotovoltaica</i>	2
1.1.1 Perspectiva general	2
1.1.2 Concepto de célula fotovoltaica	2
1.1.3 Tipos de células fotovoltaicas	3
1.1.4 Tipos de sistemas flotantes	4
1.2 <i>Evolución de la tecnología fotovoltaica</i>	5
1.2.1 Fotovoltaica flotante a escala global	5
1.2.2 Fotovoltaica flotante en España	5
1.3 <i>Ventajas y desventajas frente a la fotovoltaica terrestre</i>	6
2 Designación Del Proyecto	9
2.1 <i>Ubicación del proyecto</i>	9
2.2 <i>Búsqueda en el mercado</i>	13
2.2.1 Sea Block	13
2.2.2 Isigenere	14
2.2.3 Ocean Sun	15
2.3 <i>Empresa escogida</i>	16
3 Memoria Descriptiva	19
3.1 <i>Introducción</i>	19
3.1.1 Objeto	19
3.1.2 Localización y descripción del lugar	19
3.2 <i>Especificaciones técnicas de la instalación</i>	20
3.2.1 Placas Solares	20
3.2.2 Inversores	22
3.2.3 Cableado	23
3.2.4 Protecciones	23
3.2.5 Plataforma Flotante	24
4 Memoria De Cálculo	27
4.1 <i>Cálculos de los paneles</i>	27
4.1.1 Potencia de la instalación	27

4.1.2	Número de paneles	27
4.2	<i>Cálculos de los inversores</i>	28
4.2.1	Potencia de los inversores	28
4.2.2	Distribución de los inversores en strings	28
4.2.3	Distribución de Strings por inversor	30
4.2.4	Comprobación de la Temperatura	30
4.3	<i>Dimensionamiento de cables</i>	33
4.3.1	Planteamiento	33
4.3.2	Cableado de CC entre los módulos y los inversores	34
4.3.3	Cableado de Corriente Alterna entre inversores y cuadros de Baja Tensión	36
4.4	<i>Cálculo de protecciones eléctricas</i>	39
4.4.1	Planteamiento	39
4.4.2	Sección CC Módulos - inversores	39
4.4.3	Sección CA Inversores – Cuadros de BT	40
5	Pliego De Condiciones	41
5.1	<i>Introducción</i>	41
5.1.1	Condiciones de la instalación	41
5.1.2	Alcance	41
5.2	<i>Obligaciones y responsabilidades de partes vinculantes</i>	42
5.2.1	Obligaciones y responsabilidades de la dirección técnica	42
5.2.2	Obligaciones y responsabilidades del contratista	42
5.2.3	Obligaciones y responsabilidades del coordinador de seguridad y salud	43
5.2.4	Obligaciones y responsabilidades del propietario	44
5.3	<i>Criterios administrativos</i>	44
5.3.1	Generalidades	44
5.3.2	Criterios de medición	45
5.3.3	Criterios de valoración	45
5.3.4	Criterios para el acopio de materiales	46
5.4	<i>Ejecución y control de la obra</i>	46
5.4.1	Obras que comprende el proyecto	46
5.4.2	Inicio de las obras	46
5.5	<i>Componentes y materiales</i>	46
5.5.1	Generalidades	46
5.5.2	Generadores fotovoltaicos	47
5.5.3	Inversores	48
5.5.4	Cableado	49
5.5.5	Protecciones y puesta a tierra	49
5.6	<i>Términos, Recepción y Disposiciones</i>	50
5.6.1	Generalidades	50
6	Desglose De Costes	51
7	Análisis De Costes	54
7.1	<i>Introducción</i>	54
7.2	<i>Ahorro anual</i>	55
7.3	<i>Análisis de la inversión</i>	58
8	Estudio De Seguridad Y Salud	63
8.1	<i>Objeto del estudio de seguridad y salud</i>	63
8.2	<i>Datos del proyecto</i>	63
8.2.1	Emplazamiento	63
8.2.2	Titular	63
8.2.3	Autor del Proyecto	63
8.2.4	Presupuesto total del Proyecto	63
8.2.5	Plazo de ejecución	63

8.3	<i>Estudio de Seguridad y Salud</i>	64
8.3.1	Introducción y objeto del presente estudio	64
8.3.2	Derechos y obligaciones	64
8.3.3	Identificación de riesgo y prevención	67
9	Planos	69
	Referencias	74
	Anexos	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Características del inversor escogido	29
Tabla 2- Características de los paneles solares escogidos	29
Tabla 3. Coste de la electricidad por kWh en España de 2023	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del efecto fotovoltaico	3
Figura 2. Ejemplo de instalación fotovoltaica flotante móvil	4
Figura 3. Ejemplo de instalación fotovoltaica flotante fija	5
Figura 4. Vista satelite de la ubicación escogida	11
Figura 5. Datos de irradiación por W/m ² en la balsa por año	12
Figura 6. Instalación fotovoltaica flotante de Sea Block	13
Figura 7. Instalación fotovoltaica flotante de Isigenere	14
Figura 8. Instalación fotovoltaica flotante de Ocean Sun	15
Figura 9. Distancia del emplazamiento a municipios de Sevilla	19
Figura 10. Vista satélite del emplazamiento	20
Figura 11. Compra de módulos fotovoltaicos.	21
Figura 12. Características del módulo fotovoltaico escogido	21
Figura 13. Características del inversor escogido	22
Figura 14. Flotadores proporcionados por Sea Block	24
Figura 15. Sistema flotante de Sea Block	24
Figura 16. Sistema de amarre de Sea Block	25
Figura 17. Uniones entre flotadores	25
Figura 18. Plataforma de mantenimiento de la instalación	26
Figura 19. Pasarela de acceso a la instalación	26
Figura 20. Coeficientes de temperatura del módulo	30
Figura 21. Distribución de los paneles solares de la instalación	32
Figura 22. Esquema caso más desfavorable para el dimensionamiento de cables CC	34
Figura 23. Secciones para el dimensionamiento de cables de CC de Procables	35
Figura 24. Esquema distancia de la instalación al cuadro de BT	36
Figura 25. Secciones para el dimensionamiento de cables de CA de Prysmian	37
Figura 26. Esquema distancia al nuevo cuadro de BT	38
Figura 27. Listado de protecciones del Inversor	39
Figura 28. Gráfica precio del MWh en España 2023 proporcionada por OMIE	54
Figura 29. Producción de potencia generada por la instalación mensualmente	55
Figura 30. Gráfico representativo de la potencia generada a lo largo del año	57
Figura 31. Gráfico ahorro anual generado	57

Notación

TW	Tera Vatio
MAPAMA	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
UE	Unión Europea
GW	Giga Vatio
HDPE	Polietano de Alta Densidad
kWp	Kilovatio pico
MWp	Megavatio pico
kWn	Kilovatio nominal
REBT	Reglamento Eléctrico de Baja Tensión
STC	Standard Test Condition
ITC	Inspección Técnica de Construcciones
BT	Baja Tensión
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

1 INTRODUCCIÓN

LA creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero han impulsado el desarrollo de fuentes de energía renovables. Estas alternativas, como la energía solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica, ofrecen un camino hacia un futuro más sostenible y limpio. A medida que la tecnología avanza, estas fuentes se vuelven más eficientes y accesibles, lo que no solo reduce la dependencia de combustibles fósiles, sino que también promueve la economía local y la creación de empleos.

Una curiosidad a tener en cuenta es que la cantidad de potencia que recibe nuestro planeta Tierra del sol es de 89.000 TW. Esto es 6 veces más que la potencia que se consume en todo el planeta que se estima en unos 16 TW. Hace trece años ya se estimaba que, con seis grandes plantas fotovoltaicas, ubicadas estratégicamente en diferentes partes del mundo, se podría generar la potencia necesaria para satisfacer la demanda global. Aquí podemos ver la importancia de la radiación solar como fuente de potencia en el ámbito de la generación de potencia y es una labor la del ingeniero la de su aprovechamiento.

La energía solar fotovoltaica flotante se presenta como una solución innovadora para abordar la creciente demanda de energía renovable en un contexto de limitaciones de espacio terrestre. Esta tecnología se ha convertido en una opción atractiva a nivel global para la generación de electricidad sostenible. Países asiáticos como China, Japón y Corea del Sur han liderado su implementación, utilizando cuerpos de agua para instalar grandes plantas solares.

En España, la energía fotovoltaica flotante ha ganado relevancia gracias a la gran cantidad de embalses y presas que podrían aprovecharse para este tipo de proyectos. Ejemplos como el embalse de Iznájar muestran el potencial del país para desarrollar estas instalaciones. Este enfoque contribuye a la diversificación de fuentes renovables y refuerza el compromiso del país con la transición energética y la reducción de emisiones de carbono.

El objetivo de este proyecto es la desarrollar un diseño detallado de las especificaciones técnicas para la instalación de una planta solar fotovoltaica flotante que estará conectada a la red de distribución. Esta planta se ubicará cerca del municipio de Carmona, provincia de Sevilla. El cálculo y dimensionamiento se realizará conforme a la normativa pertinente y aplicando los conocimientos adquiridos durante el periodo educativo. Para ello primero adquiriremos unos conocimientos previos sobre las características de la tecnología fotovoltaica flotante y mas tarde, nos adentraremos en el proyecto técnico.

1.1 La tecnología flotante fotovoltaica

1.1.1 Perspectiva general

LA fotovoltaica flotante es una tecnología emergente en el ámbito de las energías renovables que combina la generación de electricidad a partir de la energía solar con la instalación de paneles sobre cuerpos de agua, como lagos, embalses y estanques. Lo que diferencia a esta tecnología de la tradicional es que estos sistemas fotovoltaicos flotan en una superficie de agua.

El método de generación de energía con respecto a la terrestre permanece igual. La energía se obtiene a partir de la radiación solar, que es captada mediante sistemas solares fotovoltaicos. Cuando la luz del sol incide sobre una célula fotovoltaica, se genera una diferencia de energía, lo que hace que los electrones se muevan y produzcan electricidad.

Los sistemas de energía solar flotante tienen una gran capacidad de generación energética, impulsada por varios factores clave. Al instalarse sobre cuerpos de agua, estos paneles fotovoltaicos pueden aprovechar al máximo la radiación solar, ya que la ausencia de obstáculos como edificios, montañas o vegetación permite una captación más directa de los rayos solares. Esto mejora la eficiencia de la conversión de luz solar en electricidad, aumentando la producción de energía. Además, la cercanía al agua genera un efecto de enfriamiento natural, que ayuda a mantener los paneles a temperaturas más bajas. Este enfriamiento reduce el riesgo de sobrecalentamiento de las celdas fotovoltaicas, un problema común en instalaciones terrestres, que reduce su rendimiento. Al mantenerse más frescos, los paneles flotantes no solo operan de manera más eficiente en el corto plazo, sino que también sufren menos desgaste a largo plazo, prolongando su vida útil y optimizando la inversión inicial.

La fotovoltaica flotante emplea los mismos paneles solares que las instalaciones terrestres, pero estos se montan sobre plataformas flotantes. Estas plataformas están dispuestas en varias filas y se anclan al fondo o a los lados del cuerpo de agua donde se colocan. Este sistema de anclaje permite que las plataformas resistan las fuerzas horizontales causadas por el viento y las olas.

El progreso y desarrollo de estas tecnologías, junto con la reducción de sus costos, ha hecho que se conviertan en una de las opciones más populares para que particulares y empresas reduzcan sus gastos en consumo eléctrico. Además, la facilidad de instalación de los dispositivos y su mantenimiento relativamente simple son características que la distinguen de otras fuentes de energía renovable.

1.1.2 Concepto de célula fotovoltaica

Los paneles solares están formados por células fotovoltaicas que son los elementos de la instalación que transforman la luz solar en electricidad.

Las células fotovoltaicas utilizan dos capas de silicio (tipo-n y tipo-p), que se dopan para crear un campo eléctrico. Este proceso de dopado permite que una de las capas tenga carga positiva y la otra negativa, lo que genera un campo eléctrico interno. Los materiales más utilizados para dopar estas capas son el fósforo (para crear la carga negativa) y el boro (para la carga positiva).

El silicio es un material no metálico con propiedades que le permiten actuar como un conductor. Esto lo hace capaz de absorber la luz solar y transformarla en energía eléctrica. Cuando los fotones impactan en una celda de silicio, provocan el movimiento de los electrones, generando un flujo de corriente eléctrica. Este proceso se conoce como "efecto fotovoltaico" y es el principio fundamental de funcionamiento de los paneles solares.

Para que esta energía pueda utilizarse, se requiere de un inversor conectado a los paneles que se encarga de convertir la corriente continua producida por las células en corriente alterna, que es compatible con la red eléctrica.

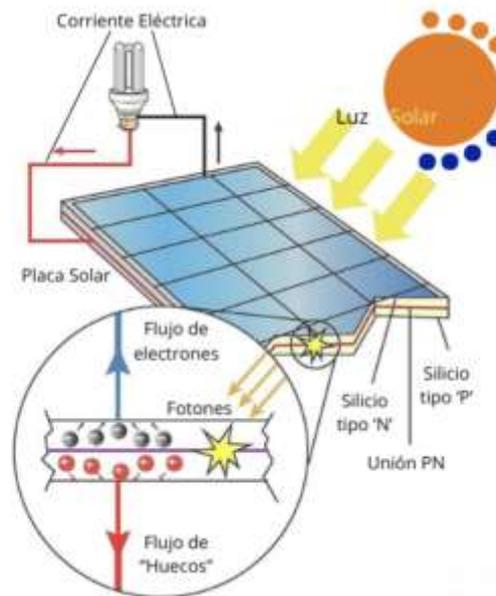


Figura 1. Diagrama del efecto fotovoltaico

1.1.3 Tipos de células fotovoltaicas

Las células fotovoltaicas se clasifican principalmente según el material con el que se fabrican. Entre ellas se encuentran las de silicio, telurio de cadmio (CdTe), arseniuro de galio (GaAs) y seleniuro de galio indio-cobre (CIGS).

Recientemente, las células de perovskita (PSC), compuestas por carbonato de calcio, estroncio, oxígeno y titanio, han ganado interés. Las células de silicio son las más comunes en el mercado, gracias a su costo más accesible y alta durabilidad, además de contar con procesos de producción bien establecidos y flexibles en comparación con otros tipos.

Las células fotovoltaicas de silicio se subdividen en tres tipos principales: monocristalinas, policristalinas y amorfas. Las células monocristalinas se fabrican a partir de obleas de un único cristal de silicio, lo que les da un color gris oscuro y alta eficiencia. Las células policristalinas, por otro lado, se forman con obleas de múltiples cristales, lo que les da un característico tono azul. Finalmente, las células amorfas son finas películas de silicio sin una estructura cristalina ordenada.

Para comparar los diferentes tipos de células fotovoltaicas, es importante considerar factores como la eficiencia, el rango de temperatura en que operan, el costo y la durabilidad. Las células monocristalinas de silicio, por ejemplo, ofrecen una eficiencia cercana al 20 %, superior a la de las policristalinas (15 %) y a las amorfas (10 %). A pesar de esto, las opciones policristalinas y amorfas son más económicas. Las policristalinas funcionan mejor en climas cálidos, mientras que las monocristalinas rinden más en condiciones frías.

Las células de arseniuro de galio, con una eficiencia del 31 %, superan a todas las de silicio y tienen la ventaja de mantener su rendimiento a altas temperaturas. Sin embargo, su elevado precio restringe su uso a aplicaciones aeroespaciales.

En cuanto a las células de telurio de cadmio, estas compiten actualmente con las de silicio policristalino, pues han incrementado su eficiencia al 15 % mientras sus costos han disminuido. Además, comparten las ventajas de flexibilidad y ligereza con las células de silicio amorfo.

Por último, las células de silicio amorfo son las más económicas del mercado, aunque ofrecen una eficiencia más baja, alrededor del 10 %, en comparación con otros tipos de células solares.

1.1.4 Tipos de sistemas flotantes

Las instalaciones fotovoltaicas flotantes se dividen principalmente en dos tipos: fijas y móviles. Las instalaciones fijas están sujetas al fondo del cuerpo de agua mediante anclajes, lo que les da una posición estable. Por otro lado, las instalaciones móviles flotan libremente sobre la superficie, adaptándose a las variaciones del agua sin necesidad de estar ancladas. Esta flexibilidad las hace ideales para balsas o embalses donde no es práctico ni rentable realizar anclajes en el fondo, debido a las características de los materiales y el coste adicional que implicaría este tipo de instalación.

Nuestra instalación será del tipo móvil ya que trabajamos con una balsa que requiere mantener los paneles en la superficie sin la posibilidad de fijarlos de forma permanente. Esta opción resulta más adecuada tanto por la naturaleza de la balsa como por la optimización de costes en este tipo de instalación.

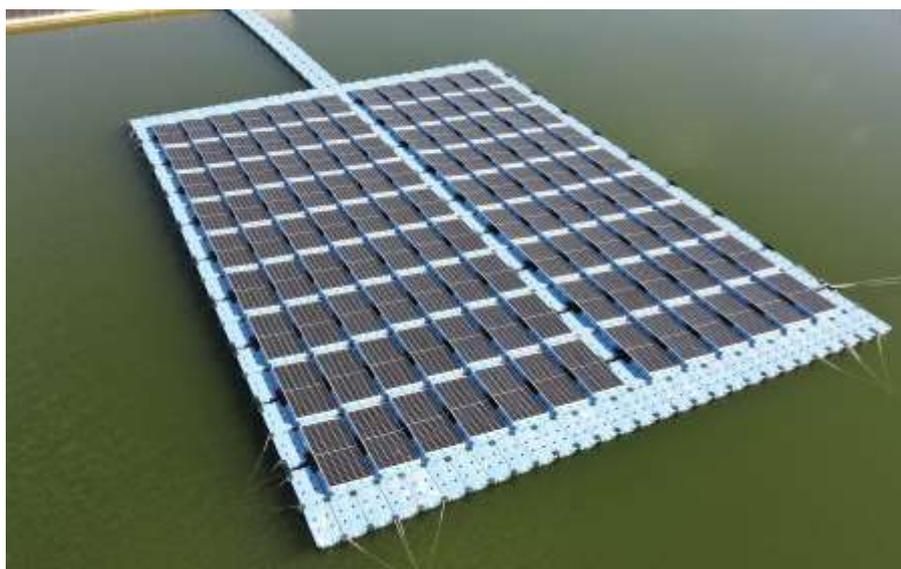


Figura 2. Ejemplo de instalación fotovoltaica flotante móvil



Figura 3. Ejemplo de instalación fotovoltaica flotante fija

1.2 Evolución de la tecnología fotovoltaica

1.2.1 Fotovoltaica flotante a escala global

La energía solar fotovoltaica flotante está ganando impulso en mercados de todo el mundo. Asia y Europa ya han implementado diversos proyectos, demostrando que la falta de terrenos disponibles para instalaciones solares puede superarse con sistemas en el agua.

Como ocurre con muchas tecnologías emergentes, China lidera el mercado global de energía solar fotovoltaica flotante, concentrando alrededor del 70% de la capacidad instalada. El resto se distribuye entre países como Japón, Corea del Sur y otras naciones asiáticas, incluidas Filipinas y Vietnam. En Europa, la tecnología también está presente, especialmente en países como los Países Bajos, Alemania, Francia y España.

El último informe de SolarPower Europe sobre la energía solar flotante en Europa señala que en 2022 la capacidad instalada de esta tecnología alcanzó los 5.7 GW, y proyecta un crecimiento anual del 22% en los próximos años. Asimismo, el estudio resalta el gran potencial de los embalses a nivel mundial, que podrían albergar hasta 23.300 GWp de capacidad instalada con sistemas de energía solar flotante.

En todos los escenarios del estudio, España se encuentra entre los 5 primeros países con mayor proyección para esta tecnología, gracias al gran tamaño de sus embalses disponibles.

1.2.2 Fotovoltaica flotante en España

Con los avances tecnológicos que están mejorando la viabilidad técnica y económica de la energía solar flotante, es posible que en un futuro cercano los embalses en España estén parcialmente cubiertos por paneles solares.

El cambio climático ha provocado que España experimente temperaturas más extremas, con veranos cada vez más calurosos e inviernos más fríos, además de períodos prolongados de sequía. Estas fluctuaciones no favorecen el rendimiento de los paneles solares terrestres, ya que las variaciones de temperatura pueden reducir su eficiencia.

La energía fotovoltaica flotante ofrece una ventaja significativa, pues las temperaturas sobre cuerpos de agua son más moderadas y estables, evitando extremos.

Además, proteger el agua, un recurso esencial, refuerza la necesidad de optar por esta tecnología como una pieza clave para la transición energética en España y a nivel global.

Estos son algunos de los proyectos más ambiciosos que actualmente están activos en nuestro país:

- **Zorita (Cáceres):** En 2020 se inauguró el primer sistema flotante del país, con 3.000 paneles solares que cubren un área de 12.000 m².
- **Andévalo - Pedro Arco (Huelva):** Se instaló un sistema de autoconsumo con una planta flotante de 369 kWp, que junto a otros módulos suma una capacidad total de 2.722 kWp, produciendo 4.215.466 kWh anuales.
- **Torrelaguna (Madrid):** Se han instalado placas solares flotantes en el depósito de la minicentral hidroeléctrica, con 3.770 módulos y una potencia de 1.700 kWp.
- **Lliria (Comunidad Valenciana):** En 2021 se implementó un sistema aislado de la red con 870 kW para el riego de la comunidad de regantes.

1.3 Ventajas y desventajas frente a la fotovoltaica terrestre

La energía fotovoltaica flotante presenta varias ventajas significativas en comparación con la fotovoltaica terrestre que ya hemos ido relatando y que volveremos a destacar.

En primer lugar, la energía fotovoltaica flotante juega un papel crucial en la reducción de la escasez de terrenos, ya que utiliza espacios acuáticos como embalses, estanques y lagos, lo que limita la competencia por tierras que pueden ser valiosas para otros usos. Este enfoque también ayuda a proteger terrenos con importancia ambiental o histórica. Al funcionar como una barrera contra la evaporación, estos sistemas contribuyen a la conservación del agua y, en algunos casos, crean condiciones propicias para el desarrollo de nuevos ecosistemas, fomentando la vida de organismos como las algas.

Además de los beneficios ambientales, la implementación de esta tecnología genera un impacto positivo en la economía local, mejorando los medios de vida de los residentes y ofreciendo oportunidades de empleo y formación. Los paneles solares flotantes, al estar a temperaturas más frescas, tienden a operar con mayor eficiencia, lo que incrementa su rendimiento.

Otra de las ventajas destacables es que los paneles instalados en el agua requieren menos limpieza. Esto se debe a que no acumulan tanto polvo como los tradicionales, lo que reduce significativamente la necesidad de mantenimiento relacionado con la suciedad. Como resultado, la instalación flotante puede ser más eficiente en términos de mantenimiento, permitiendo un funcionamiento más continuo y efectivo.

Sin embargo, también es importante señalar algunas desventajas. A pesar de los beneficios, hay aspectos negativos que es esencial conocer. En particular, los paneles flotantes generan energía durante un tiempo limitado en comparación con los paneles solares convencionales. Esto se debe a que son fijos, lo que restringe su capacidad para aprovechar toda la luz solar al no poder seguir la trayectoria del sol como lo hacen algunos sistemas terrestres.

Además, la instalación de energía solar flotante implica costos elevados. La infraestructura necesaria incluye elementos esenciales que incrementan considerablemente el precio, lo que hace que los paneles solares terrestres sigan siendo más atractivos debido a la necesidad de reducir costes, ya que la inversión puede no recuperarse fácilmente en la actualidad.

Por último, los sistemas flotantes pueden ser más vulnerables a fenómenos meteorológicos extremos, lo que podría comprometer su funcionamiento y durabilidad a largo plazo. En conjunto, estas desventajas son aspectos cruciales a tener en cuenta al evaluar la viabilidad de la energía solar fotovoltaica flotante.

2 DESIGNACIÓN DEL PROYECTO

2.1 Ubicación del proyecto

LA elección de la ubicación de una planta fotovoltaica flotante requiere un análisis detallado de diversos factores. A continuación, se presentan los aspectos más importantes a tener en cuenta para una correcta elección de ubicación de una instalación fotovoltaica flotante:

1. Análisis del recurso solar:

- **Disponibilidad solar:** evaluar la irradiación solar de la zona usando mapas solares y datos climáticos históricos para asegurar una alta exposición al sol durante todo el año. Se usará la herramienta PVGIS para el cálculo de radiación solar incidente en la balsa escogida.
- **Condiciones meteorológicas:** considerar la presencia de nubosidad, vientos fuertes y fenómenos climáticos que puedan afectar la generación de energía y la estabilidad de la instalación.

2. Selección del tipo de cuerpo de agua:

- **Tipo de cuerpo de agua:** optar por embalses, lagos, estanques o canales de riego, preferiblemente cuerpos de agua artificiales, ya que presentan menos conflictos regulatorios y ambientales.
- **Niveles de agua y profundidad:** es importante que el nivel del agua sea estable para evitar problemas de flotabilidad. La profundidad adecuada facilita la instalación de sistemas de anclaje sin impactar demasiado al entorno acuático.
- **Movimientos del agua:** elegir aguas con poca corriente y oleaje para reducir la complejidad y el coste de los anclajes, y proteger la estructura de posibles daños.

3. Factores ecológicos y ambientales:

- **Impacto en la biodiversidad:** analizar la flora y fauna acuática para evitar daños a los ecosistemas locales, ya que la instalación puede modificar la penetración de la luz en el agua.
- **Áreas protegidas:** evitar la instalación en reservas naturales o zonas de alta importancia ecológica para minimizar problemas legales y ambientales.

4. Accesibilidad y logística:

- **Proximidad a infraestructuras de transporte:** la cercanía a carreteras y puertos facilita el traslado de equipos y materiales, reduciendo costes de construcción y mantenimiento.
- **Espacio disponible:** asegurarse de que el cuerpo de agua tenga el tamaño suficiente para la instalación de los módulos flotantes sin interferir con otros usos del agua, como la pesca o el riego.
- **Distancia a la red eléctrica:** un punto de interconexión cercano a la red de transmisión eléctrica reduce costos de conexión y pérdidas de energía.

5. Aspectos legales y regulatorios:

- **Normativas locales:** conocer las leyes y regulaciones que rigen el uso del agua para la generación de energía, así como los requisitos de estudios ambientales.
- **Aceptación social:** es fundamental identificar posibles objeciones de las comunidades locales, sobre todo si el agua tiene un uso recreativo, cultural o económico relevante.

6. Análisis económico:

- **Costes de instalación y operación:** realizar un estudio de viabilidad económica que incluya los costes de los sistemas flotantes y de anclaje.
- **Costes de mantenimiento:** tener en cuenta el mantenimiento de los paneles y de las estructuras flotantes.

7. Seguridad de la planta:

- **Exposición a eventos extremos:** evaluar la susceptibilidad del sitio a fenómenos como huracanes o inundaciones, para diseñar sistemas de protección adecuados.
- **Riesgos de seguridad:** considerar la necesidad de implementar medidas de seguridad, como vigilancia y sistemas de monitoreo remoto, especialmente en áreas donde el vandalismo o el robo puedan ser un problema.

8. Integración con otros usos del agua:

- **Compatibilidad con usos existentes:** asegurarse de que la planta fotovoltaica no interfiera con otras actividades como la pesca o el uso recreativo del agua.

La ubicación escogida para la instalación fotovoltaica es la de una balsa perteneciente a Carmona en la provincia de Sevilla. Las coordenadas de esta serían 37°34'35.7"N 5°33'25.9"W.

Esta alternativa se ha tomado tras rastreo de balsas y embalses en las provincias de Sevilla, Cádiz y Huelva. Uno de los principales motivos de su adjudicación es su forma rectangular, ideal para introducir paneles flotantes. En la figura 4 se puede ver que esta cuenta con 426.522 m² de superficie y un perímetro de unos 3.11 Km.



Figura 4. Vista satélite de la ubicación escogida

Nada descubriríamos si decimos que la provincia de Sevilla destaca por su buen clima, excelentes datos de irradiación solar la avalan para el uso de este tipo de instalaciones. Además, esta radiación es constante a lo largo de todo el año, con cielos despejados la mayor parte del tiempo, lo que maximiza la producción de electricidad.

Igualmente introduciremos las coordenadas de nuestra balsa en PVGIS que nos proporcionará cifras reales de irradiación solar en dicha localización.

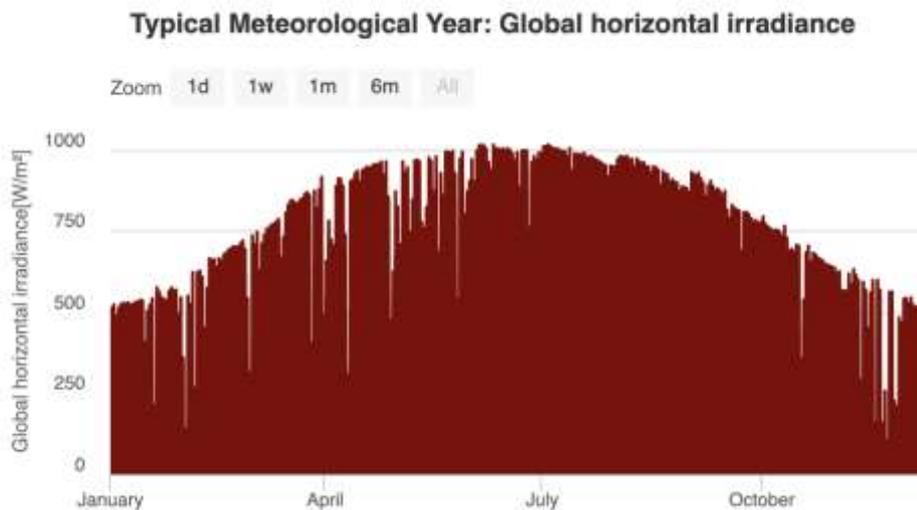


Figura 5. Datos de irradiación por W/m^2 en la balsa por año

La *Global Horizontal Irradiance* (GHI), o irradiancia global horizontal, es una medida de la potencia de la radiación solar recibida por una superficie horizontal por unidad de área, generalmente expresada en W/m^2 . Este valor incluye tanto la radiación solar directa que llega en línea recta desde el sol, como la radiación difusa que es dispersada por la atmósfera y llega desde todas las direcciones del cielo.

El programa PVGIS hace la media de irradiación media en W/m^2 entre los periodos comprendidos entre 2005 y 2020 en la ubicación de la balsa correspondiente a la figura 5. La irradiación solar más alta, que se puede observar durante el verano en un día claro al mediodía puede llegar a valores de $1000 W/m^2$ en una superficie perpendicular a los rayos del sol, lo que se conoce como irradiancia máxima.

Estos datos indican que Sevilla tiene un potencial solar muy alto, con niveles de irradiación que permiten una producción eficiente de energía solar tanto fotovoltaica como térmica.

Supondremos que al encontrarnos en una balsa no tendrá impacto la problemática con el viento y oleajes.

Tampoco nos encontramos en un área protegida, no existen vías pecuarias alrededor y se supondrá que no implicará un impacto grave en la fauna del ecosistema local.

Nos encontramos en una zona que se sitúa a 12 Km de Guadajoz y a 42 Km de la zona centro de Carmona. Se supondrá que tenemos buenos puntos de conexión a la red eléctrica.

La balsa actualmente es usada como riego para una comunidad de regantes por lo que consideraremos que no entorpecemos en actividades que se realicen allí con la instalación de los paneles.

Tampoco nos localizamos en una zona conflictiva.

2.2 Búsqueda en el mercado

Tras descripción del lugar donde se instalarán los paneles fotovoltaicos, nos adentraremos en el mercado para la búsqueda del material necesario para el montaje de la instalación. En el mercado hemos encontrado 3 empresas que nos han llamado la atención y que a continuación desvelaremos.

2.2.1 Sea Block

Sea Block es una empresa especializada en el diseño, fabricación y comercialización de soluciones modulares para la instalación de paneles fotovoltaicos flotantes. Sus soluciones modulares permiten una instalación rápida y adaptable, facilitando la expansión o reconfiguración de los sistemas según las necesidades del cliente.

El compromiso de Sea Block con la sostenibilidad va más allá de sus productos, ya que también adopta prácticas de fabricación respetuosas con el medio ambiente y promueve el uso de materiales reciclables. Esto, junto con su colaboración estrecha con ingenieros, diseñadores y expertos en energías renovables, le permite ofrecer soluciones personalizadas que optimizan la eficiencia energética de cada proyecto.

Gracias a su enfoque innovador en el campo de la energía solar flotante, Sea Block se ha posicionado como un líder en el mercado, proporcionando alternativas viables para la producción de energía limpia en lugares donde el espacio terrestre es limitado. Su experiencia de más de 15 años en instalaciones contribuye a la diversificación de fuentes energéticas, ayudando a las comunidades y empresas a reducir su huella de carbono.



Figura 6. Instalación fotovoltaica flotante de Sea Block

Principales ventajas:

- **Flexibilidad en la Instalación:** Las soluciones de Sea Block están diseñadas con un enfoque modular, lo que facilita su montaje y permite una adaptación rápida a distintas formas.
- **Resistencia a Condiciones Climáticas Extremas:** Las estructuras de Sea Block son robustas y diseñadas para soportar vientos fuertes, oleajes y cambios de temperatura.
- **Materiales de Alta Calidad:** Fabricadas con materiales duraderos y resistentes a la corrosión, las plataformas garantizan una larga vida útil, lo que reduce costes de mantenimiento y reemplazo.

- Asesoría Integral: Sea Block ofrece un enfoque integral en sus proyectos, colaborando estrechamente con ingenieros, arquitectos y desarrolladores para adaptar sus soluciones a las necesidades específicas de cada cliente.
- Instalación y Mantenimiento Simplificados: Las estructuras diseñadas por Sea Block son fáciles de instalar y requieren un mantenimiento mínimo, lo que reduce costes operativos y asegura un funcionamiento eficiente a largo plazo.

2.2.2 Isigenere

Es una firma española especializada en ingeniería y desarrollo de productos. Desde 2008, han comercializado a nivel mundial su sistema innovador y patentado, llamado Isifloating. Según sus descripciones, este sistema permite cubrir parcial o completamente diversas superficies, tales como balsas de riego, instalaciones industriales, embalses, plantas hidroeléctricas y lagos, entre otros. Su tecnología se basa en flotadores que están casi totalmente cubiertos por paneles solares. Su visión se centra en crear productos que no solo sean eficientes, sino que también promuevan un uso responsable de los recursos naturales.



Figura 7. Instalación fotovoltaica flotante de Isigenere

Principales ventajas:

- Paneles inclinados 5° que minimizan la resistencia al viento.
- Adaptabilidad a embalses pequeños por su alta potencia.
- Aseguran una excelente calidad gracias a la producción de los flotadores mediante el proceso de inyección.
- Mantenimiento sencillo que puede realizar personal sin especialización y con herramientas comunes.
- Alta velocidad de instalación.

2.2.3 Ocean Sun

Ocean Sun es una empresa noruega que ofrece una solución alternativa a quienes buscan tener una instalación solar flotante. Fundada en 2016, la compañía ha desarrollado una tecnología innovadora para instalar paneles solares basadas en una estructura circular que soporta los paneles solares, optimizada para ambientes marinos y acuáticos. La empresa realiza proyectos para particulares, ofreciendo soluciones sólidas y sostenibles.

La tecnología se basa en módulos solares fotovoltaicos soportados sobre una membrana delgada y flexible, capaz de adaptarse a diversas condiciones del mar, desde ubicaciones en alta mar hasta embalses y lagos.

Gracias a esta tecnología, el enfriamiento directo por el agua resulta en un aumento de hasta el 10% en la producción de energía en comparación con las instalaciones de energía solar fotovoltaica montadas en tierra y las basadas en pontones.



Figura 8. Instalación fotovoltaica flotante de Ocean Sun

Principales ventajas:

- Uso mínimo de materiales en comparación con cualquier otro sistema de energía solar flotante.
- Instalación sencilla, segura y rápida.
- Mayor eficiencia gracias al enfriamiento directo por el agua.
- Comprobada resistencia ante fuertes vientos, oleaje y corrientes intensas.
- Reducción significativa de los costes logísticos de materiales.

2.3 Empresa escogida

La elección de la empresa escogida la abordaremos en este apartado. A continuación, realizaremos una comparativa entre cada una de las empresas y se desvelará la opción que suponemos que es más atractiva para el desarrollo de esta instalación flotante.

Cabe destacar que las 3 opciones preseleccionadas son empresas con un notable éxito, ya sea a nivel nacional o internacional, y que generan importantes ganancias. Las tres alternativas seleccionadas son excelentes candidatas para el proyecto; sin embargo, tomaremos en cuenta ciertos matices que nos permitirán identificar cuál de ellas es la más adecuada.

Nos guiaremos principalmente por 3 aspectos:

- **Coste de la instalación.** Es un factor crucial que considerar al implementar nuevas tecnologías. Dado que se trata de un área innovadora, es esencial evaluar cuidadosamente los gastos asociados para evitar inversiones excesivas. Una instalación costosa puede suponer un riesgo significativo, especialmente si los beneficios a largo plazo no son claros.
- **Costes de mantenimiento.** Estos gastos incluyen no solo la reparación y el reemplazo de componentes, sino también la mano de obra, los suministros necesarios y cualquier servicio técnico requerido para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema. Un mantenimiento adecuado no solo prolonga la vida útil de la instalación, sino que también maximiza su eficiencia y rendimiento a lo largo del tiempo.
- **Experiencia.** En el contexto profesional, una sólida experiencia puede ser un factor determinante para el éxito, ya que proporciona una comprensión más profunda de los desafíos y oportunidades que se presentan. Además, la experiencia a menudo se traduce en una mayor confianza y capacidad para adaptarse a cambios, lo que resulta esencial en entornos dinámicos y competitivos.

Después de examinar los puntos cruciales para decantarnos por una alternativa u otra, procederemos a analizar si estas empresas se ajustan adecuadamente a nuestras exigencias.

- **Sea Block.** Esta compañía es la más longeva de las 3 alternativas escogidas con más de 15 años en el sector. Nos facilitan un precio muy competitivo de 90 € por plataforma flotante. El precio incluye todos los equipos necesarios para el uso de la instalación. Su sistema flotante pasa por los más estrictos controles de calidad que requiere un producto como los cubos de polietileno de alta densidad HDPE. Además, Sus equipos permiten un montaje y desmontaje ágil y sencillo, además de requerir un mantenimiento mínimo. Sea Block es una de las empresas líderes del mercado por su alta competitividad y eficiencia en este tipo de instalaciones.
- **Isigener.** Esta empresa española se adapta a los requisitos que un cliente esperaría para este tipo de instalaciones. Ofrece un precio de 100 € por cada plataforma flotante. Este precio incluye todos los costes relacionados con la fabricación, la instalación de la plataforma, el equipo eléctrico, así como los anclajes, estructuras, tensores y sujetadores, entre otros. Los flotadores están diseñados con una inclinación de 5° para los paneles solares, lo que permite un uso óptimo de la superficie disponible y evita problemas de sombreado entre los paneles. Esto significa que se requieren solo los flotadores necesarios para la instalación, maximizando el área cubierta a un coste competitivo. Además, la empresa cuenta con una sólida trayectoria en el sector, habiendo llevado a cabo este tipo de proyectos desde 2008. Sus instalaciones requieren un mantenimiento mínimo, ya que después de 10 años de operación no presentan signos de deterioro.

- **Ocean Sun.** Es la empresa más reciente de las tres analizadas. Con 7 años de trayectoria, han realizado 13 instalaciones, está enfocada en consolidar su tecnología. Sus características permiten obtener un rendimiento óptimo en comparación con otras alternativas, aunque esto conlleva un coste de mantenimiento significativamente más alto debido a su tecnología tan innovadora. Esta falta de experiencia, combinada con el elevado coste de mantenimiento y un precio de 150 € por panel más el precio de la membrana por separado, la convierte en la opción menos viable para llevar a cabo el proyecto.

En conclusión, se ha decidido que la empresa seleccionada para llevar a cabo el proyecto sea Sea Block. Aunque Ocean Sun se destacaba por su tecnología innovadora, sus altos costos de mantenimiento e infraestructura nos llevaron a considerar otras opciones.

Por otro lado, Isigenere es una alternativa viable gracias a su experiencia y propuesta en el mercado. Sin embargo, hemos optado por Sea Block debido a su precio competitivo, que contribuirá a reducir los costes del proyecto, así como a su mayor trayectoria en el sector.

3 MEMORIA DESCRIPTIVA

EN esta memoria descriptiva se detallarán los elementos necesarios para que dicho proyecto se lleve a cabo. Se describirán los aspectos técnicos de la planta, como los paneles utilizados, la disposición y configuración de los strings de módulos, la elección de inversores, las protecciones eléctricas implementadas para garantizar la seguridad y eficiencia del sistema y la elección de cables utilizadas en la planta para el correcto transporte de energía.

3.1 Introducción

3.1.1 Objeto

En el siguiente proyecto, evaluaremos la viabilidad técnica, económica y ambiental de una planta fotovoltaica flotante en un embalse, teniendo en cuenta aspectos como la eficiencia energética, el impacto en el ecosistema, los costes de implementación y mantenimiento, y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

La energía solar fotovoltaica se ha consolidado como una de las fuentes de energía renovable más extendidas a nivel global, gracias a sus numerosas ventajas tanto ambientales como económicas. La instalación de esta planta en un embalse permitirá aprovechar un recurso preexistente para generar energía limpia, disminuyendo la huella de carbono y costes energéticos.

3.1.2 Localización y descripción del lugar

La planta fotovoltaica flotante que diseñaremos se ubicaría en Carmona, en la provincia de Sevilla, España con unas coordenadas geográficas de 37°34'35.7"N 5°33'25.9"W. Está ubicada a 10.6 km de la SE-6103, a 14 km de La Campana y a 42 km de Carmona como observamos en la figura 9.

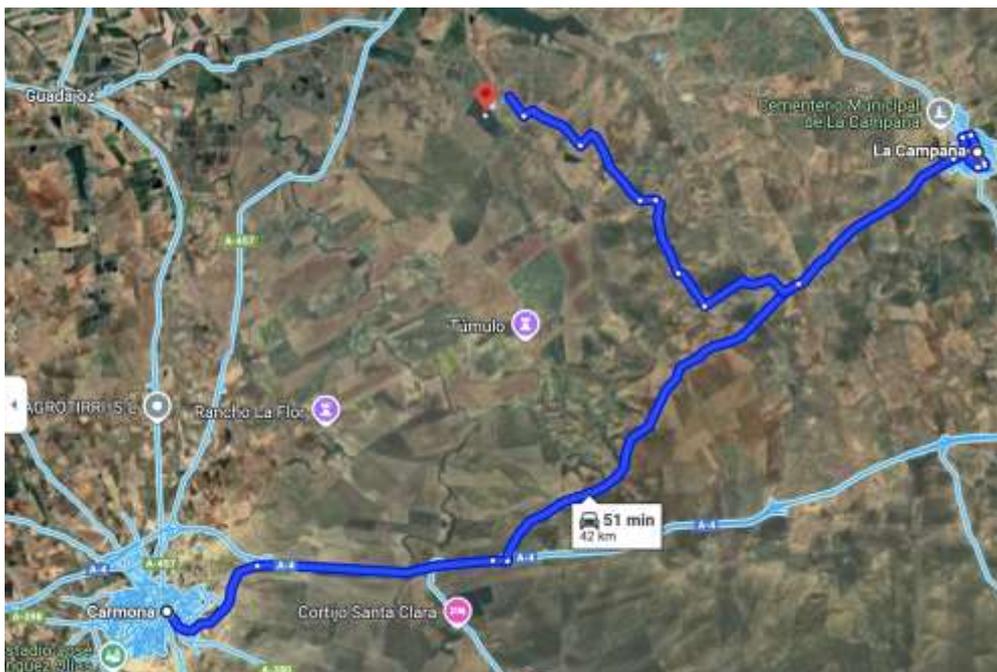


Figura 9. Distancia del emplazamiento a municipios de Sevilla

Como vemos en la figura 10, el terreno donde se encuentra el embalse carece de obstáculos que puedan interferir en el rendimiento de la instalación. Las orillas son completamente llanas, amplias y existe actualmente acceso a ellas. La superficie total abarca aproximadamente 426.522 m^2 y un perímetro de unos 3,11 km como previamente calculamos.



Figura 10. Vista satélite del emplazamiento

La zona, además, se caracteriza por tener uno de los niveles más altos de radiación solar en Europa (Sevilla), lo que la convierte en un lugar ideal para la generación de potencia.

3.2 Especificaciones técnicas de la instalación

3.2.1 Placas Solares

El módulo fotovoltaico, también conocido como panel o placa solares, es el dispositivo que capta la energía solar para iniciar el proceso de transformación en energía sostenible.

La energía solar empieza a cobrar vida en una pieza de silicio de unos pocos centímetros cuadrados, la célula fotovoltaica. El material semiconductor que recubre cada célula solar, comúnmente el silicio, es altamente sensible a la luz y produce electricidad al recibir la radiación solar.

Los paneles están compuestos por una estructura de soporte, cableado dispuesto en la parte posterior de la placa, un marco resistente y un encapsulado que protege el módulo. Los paneles escogidos para cubrir las necesidades del proyecto son de 550 W, la justificación de estos paneles la veremos más adelante en el apartado de cálculos de la instalación.

Debemos tener en cuenta que Sea Block solo nos colocaría las plataformas flotantes, ellos no se encargan de la elección y compra de módulos. Tras búsqueda exhaustiva en el mercado, se ha escogido módulos de la marca Atersa. Esta marca nos ofrece un descuento significativo por la adquisición de un volumen considerable de módulos como podemos ver en la figura 11.

	Rango	Precio + IVA
550Wp - Precio por volumen (+ IVA)	1	74,02€
550Wp - Precio por volumen (+ IVA)	2 - 15	73,93€
550Wp - Precio por volumen (+ IVA)	16 - 30	73,84€
550Wp - Precio por volumen (+ IVA)	31 - 93	71,93€
550Wp - Precio por volumen (+ IVA)	94 - 186	70,75€
550Wp - Precio por volumen (+ IVA)	187 - 279	69,57€
550Wp - Precio por volumen (+ IVA)	280 - 372	68,98€
550Wp - Precio por volumen (+ IVA)	373 - 465	68,39€
550Wp - Precio por volumen (+ IVA)	466 - 558	67,81€
550Wp - Precio por volumen (+ IVA)	559 - 620	67,22€
550Wp - Precio por volumen (+ IVA)	621 - 1363	66,63€
550Wp - Precio por volumen (+ IVA)	1364 +	65,45€

Figura 11. Compra de módulos fotovoltaicos.

El módulo en cuestión es el “Panel solar 550W Monocristalino ATERSA” de la gama OPTIMUM GS que cuenta con 144 medias células. Un módulo de "media célula" se compone de células solares cortadas por láser en dos mitades, que luego se conectan entre sí. Su principal ventaja es que, al dividir la corriente del módulo a la mitad, se reducen significativamente las pérdidas resistivas

Este panel trabaja a 24V y se utiliza en todo tipo de instalaciones de alto rendimiento tanto domésticas como industriales y con o sin conexión a red, incorporando baterías y reguladores cuando sea necesario.

Ofrece una alta eficiencia del 21,3% y una tolerancia de potencia positiva de 0/+5W, lo que le permite generar más energía, siendo especialmente adecuado para instalaciones con espacio limitado. En la figura 12 se observarán las especificaciones del módulo.

Características eléctricas	A-535M GS 144	A-540M GS 144	A-545M GS 144	A-550M GS 144
Potencia Máxima (Pmax)	535 Wp	540 Wp	545 Wp	550 Wp
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	41.50 V	41.65 V	41.80 V	41.95 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	12.90 A	12.97 A	13.05 A	13.12 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	49.35 V	49.50 V	49.65 V	49.80 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	13.78 A	13.85 A	13.92 A	13.98 A
Eficiencia del Módulo (%)	20.7	20.9	21.1	21.3
Tolerancia de Potencia (W)			0/+5	
Máxima Serie de Fusibles (A)			25	
Máxima Tensión del Sistema (IEC)			DC 1.500V	
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)			45±2	

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: irradiación de 1000 w/m², espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.
Tolerancias media STC: ±3% (Pmp); ±3% (Voc, Vmp); ±4% (Isc, Imp).
Test in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%.
Clasificación protección eléctrica: CLASS II
Clasificación seguridad al fuego: CLASS C

Figura 12. Características del módulo fotovoltaico escogido

3.2.2 Inversores

El inversor fotovoltaico es un componente esencial en cualquier proyecto de energía solar. Su principal función es convertir la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA), que es la forma de electricidad mayoritariamente utilizada en hogares y empresas.

De acuerdo con las especificaciones de nuestra instalación, y tal como se explicará en la memoria de cálculo, se necesitarán 3 inversores con una capacidad nominal de 115 kWn cada uno, lo que dará como resultado una capacidad total de 345 kW para la planta.

El inversor escogido será el SUN2000-115KTL-M2 de HUAWEI con 5 años de garantía y 20 años de vida útil.

En la figura 13 se muestran las características de este.

Technical Specification		SUN2000-115KTL-M2
Efficiency		
Max. efficiency		98.6% @400 V, 98.8% @480 V
European efficiency		98.4% @400 V, 98.6% @480 V
Input		
Max. Input Voltage ¹		1,100 V
Max. Current per MPPT		30 A
Max. Current per Input		30 A
Max. Short Circuit Current per MPPT		40 A
Start Voltage		200 V
MPPT Operating Voltage Range ²		200 V - 1,000 V
Nominal Input Voltage		600 V @400 Vac, 720 V @480 Vac
Number of MPPT trackers		10
Max. input number per MPPT tracker		2
Output		
Nominal AC Active Power		115,000 W
Max. AC Apparent Power		125,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)		125,000 W
Nominal Output Voltage		400 V / 480 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency		50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current		166.0 A @400 V, 138.4 A @480 V
Max. Output Current		182.3 A @400 V, 151.9 A @480 V
Adjustable Power Factor Range		0.8 leading.. 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion		< 3%

Figura 13. Características del inversor escogido

Los inversores se montarán en un armario, uno para cada uno de los tres inversores, fijado a la plataforma de mantenimiento. Este armario lo proporcionará la compañía tras reunión con ellos.

El armario seleccionado será adecuado para exteriores, con un nivel de protección contra el agua y polvo de IP65 y resistencia a impactos IK10, entre otras características. Su diseño está optimizado para permitir una ventilación adecuada, garantizando así una correcta gestión térmica. Se utilizarán los soportes necesarios para este tipo de armario, proporcionados por el fabricante correspondiente.

3.2.3 Cableado

El sistema de cableado se dividirá en dos partes: uno para la corriente continua (CC), que conecta los strings de los paneles solares con los inversores, y otro para la corriente alterna (CA), que conecta los inversores con el cuadro de baja tensión.

3.2.3.1 Cableado para CC

Para el cableado de corriente continua (CC), será necesario disponer del cableado que conecta las distintas células para formar los strings, así como el requerido para enlazar los strings con los inversores. Para calcular las cantidades necesarias, se añadirá un 10% extra destinado a reparaciones futuras e imprevistos. Las conexiones en serie entre los paneles se realizarán con cable de color negro, mientras que las conexiones entre los strings y los inversores emplearán cable rojo para el positivo y negro para el negativo. De este modo, se obtendrán los siguientes elementos:

- 450 m de cable negro de 4 mm^2 de sección. El cable escogido es el Flexible clase 5 de Procables.
- 350 m de cable rojo de 4 mm^2 de sección. El cable escogido es el Flexible clase 5 de Procables.

3.2.3.2 Cableado para CA

El cableado requerido entre los inversores y la caja de baja tensión consistirá en 5 hilos: 3 para las fases, 1 para el neutro y 1 adicional para la conexión a tierra.

- 120 m manguera de 5 hilos de 85 mm^2 . El cable escogido es cable Superflex Multiconductor de 85 mm^2 de Prysmian.

3.2.4 Protecciones

De manera similar al cableado, se hará una distinción entre las instalaciones de corriente continua (CC) y corriente alterna (CA).

La caja de combinación para el lado de CC se alojará en armarios ubicados junto al armario del inversor correspondiente, los cuales estarán fijados a la plataforma de mantenimiento proporcionada por Sea Block. Por su parte, las protecciones de la rama de CA se instalarán en el mismo armario que contiene el inversor, justo en la salida de conexión de este.

3.2.4.1 Protecciones para CC

Según lo descrito en la memoria de cálculo, la intensidad máxima que atravesará cada par de strings será de 28 A, un valor que se encuentra dentro del límite permitido por el inversor, el cual admite hasta 32 A por cada uno de sus puertos. Aunque el inversor ya incluye todas las protecciones necesarias para este tipo de instalación, se implementarán sistemas de seguridad complementarios. Estas medidas adicionales tienen como objetivo reforzar la protección, especialmente en los componentes más sensibles del sistema, los inversores.

- Se utilizarán 3 cajas de combinación de dos entradas y dos salidas y 1 caja de combinación de 2 entradas y 2 salidas de la marca Oncy por cada inversor. Como tenemos 3 inversores, se necesitan 3 combinaciones de estas cajas. Incluye protecciones contra sobretensiones de tipo II, interruptor y portafusibles.
- Fusible de 32 A de la marca Autosolar, instalado en el portafusibles de la caja de conexiones.

3.2.4.2 Protecciones para CA

Al igual que en el caso de corriente continua, el inversor cumple con las protecciones requeridas por el REBT. Sin embargo, para asegurar la protección de la instalación en caso de fallo del inversor, se ha optado por instalar cuatro fusibles de cuchilla en cada cable tetrapolar, con una intensidad nominal de 250 A. El modelo seleccionado será NH-1 250A de Obramat. Adicionalmente, se instalará un interruptor automático con una corriente nominal de 250 A y sensibilidad ajustable a 30 mA, específicamente el modelo NSX250HB1 de Schneider Electric.

3.2.5 Plataforma Flotante

Las plataformas seleccionadas se argumentaron previamente que iban a ser de Sea Block. Esta se encargará de suministrar todos los componentes necesarios para la plataforma flotante, incluyendo los sistemas de anclaje, los soportes para los paneles solares, los inversores, el cableado y las cajas de combinación. En la siguiente figura veremos una fotografía de los flotadores que nos facilita Sea Block.



Figura 14. Flotadores proporcionados por Sea Block

- Sistema flotante: pontón diseñado para albergar los paneles solares, compuesto por la unión rígida de diversos flotadores. Se dispondrán como vemos en la figura 15.



Figura 15. Sistema flotante de Sea Block

- Sistema de amarre: dispositivo creado para mantener la estructura en una posición fija, evitando su desplazamiento por el agua como se observa en la figura 16.



Figura 16. Sistema de amarre de Sea Block

- Uniones: componentes que permiten la conexión y fijación entre los distintos flotadores que conforman un pontón. La siguiente figura muestra con detalle las conexiones entre los flotadores, destacando cómo se ensamblan para garantizar estabilidad y funcionalidad en su estructura.



Figura 17. Uniones entre flotadores

- Plataforma de mantenimiento: se utiliza para acceder a las células FV. Las pasarelas medirán medio metro cada una y estarán dispuestas como en la figura 18.



Figura 18. Plataforma de mantenimiento de la instalación

- Plataforma de acceso: estructura destinada al mantenimiento, que facilita el ingreso a los pontones. Tendrá diversos accesos como observamos en la figura 19.



Figura 19. Pasarela de acceso a la instalación

4 MEMORIA DE CÁLCULO

EN esta memoria se detallarán los cálculos técnicos necesarios para el diseño de la instalación fotovoltaica flotante para posterior dimensionamiento de los útiles necesarios para llevarla a cabo. También se justificará cada cálculo con las decisiones tomadas para asegurar el diseño adecuado de la instalación.

4.1 Cálculos de los paneles

4.1.1 Potencia de la instalación

Al diseñar una planta fotovoltaica flotante, la potencia recomendada depende de factores específicos del proyecto y del lugar. Sin embargo, como referencia básica, proyectos de pequeña escala en cuerpos de agua medianos pueden tener entre 100 kWp y 500 kWp, mientras que plantas más grandes en embalses significativos pueden alcanzar potencias superiores a 1 MWp.

Este proyecto se enfocará en una planta fotovoltaica de dimensiones reducidas, en función del alto coste asociado a conseguir licitaciones para instalaciones de mayor envergadura. Hablamos de licitaciones ya sean relacionadas con la seguridad, salud en el trabajo, protección ambiental, compatibilidad electromagnética etc.

Moviendonos en el rango de 100 kWp y 500 kWp hemos escogido realizar una planta de 400kWp. Con esta potencia, la planta podría suministrar electricidad aproximadamente a entre 50 y 100 hogares, dependiendo del consumo medio local y de la eficiencia estacional. Suficiente tanto como para abastecer una comunidad de regantes o viviendas locales de alrededores.

Otra cosa a tener en cuenta es que las plantas fotovoltaicas flotantes suelen rendir alrededor del 80% de su capacidad pico por varias razones. La primera es que, aunque están diseñadas para aprovechar la luz solar, factores como la orientación de los paneles, la sombra de las estructuras flotantes y la acumulación de suciedad pueden afectar su rendimiento. Además, las condiciones ambientales, como la temperatura del agua y la incidencia de luz, influyen en la eficiencia. Es fundamental considerar estos aspectos al diseñar y evaluar la producción energética de este tipo de instalaciones.

Esto significa que, si nuestra planta fotovoltaica flotante tiene una potencia pico nominal de 400 kWp, se espera que funcione aproximadamente a 320 kWn en condiciones óptimas.

4.1.2 Número de paneles

Generalmente, los paneles disponibles en el mercado tienen potencias que oscilan entre 300 W y 600 W por panel. Los paneles fotovoltaicos más utilizados en la actualidad son aquellos con potencias de 550 W y 600 W. Estos modelos son populares debido a su eficiencia y capacidad para maximizar la generación de potencia.

Aunque como es obvio, los paneles fotovoltaicos de 600 W generan más energía que los de 550 W, lo que mejora el rendimiento general de la instalación, también suelen ser más grandes, lo que puede limitar el espacio disponible. En términos de eficiencia, ambos pueden ser similares, pero los de 600 W a menudo incorporan tecnología más avanzada. A pesar de su mayor coste, los paneles de 600 W son ideales para maximizar la producción de energía en áreas amplias, mientras que los de 550 W son adecuados para proyectos con restricciones de espacio y presupuesto.

Usaremos paneles de 550 W por diversas razones. Son generalmente más asequibles, lo que los convierte en una opción atractiva para proyectos con un presupuesto limitado. Aunque su capacidad de generación de energía es inferior a la de paneles más grandes, su eficiencia puede ser similar, y son ideales para instalaciones pequeñas o medianas donde se busca un equilibrio entre coste y rendimiento. El mantenimiento de los paneles de 600W, al tratarse de una tecnología más avanzada, implicaría un aumento en los costes futuros del proyecto.

Al hacer el cociente entre la potencia nominal (400 kW) y la potencia de los paneles (550 W) nos queda que deberíamos usar 728 paneles.

4.2 Cálculos de los inversores

4.2.1 Potencia de los inversores

Para determinar el número de inversores requeridos en una instalación fotovoltaica, es esencial entender el concepto de capacidad pico. Esta se refiere a la producción máxima teórica que el sistema puede alcanzar, aunque en la práctica esta cifra tiende a ser poco realista. Generalmente, la producción efectiva bajo condiciones normales se sitúa en torno al 80% de esa capacidad pico, lo cual es un aspecto que se debe considerar en los cálculos posteriores.

Otro aspecto crucial para dimensionar adecuadamente los inversores en una instalación es evaluar las condiciones de funcionamiento. Aunque podría parecer económico optar por un único inversor que cubra toda la producción de la planta, esto conlleva ciertos riesgos. Si este inversor falla, la planta quedaría completamente inactiva. Además, estos dispositivos son costosos y sofisticados, lo que implica que su reparación o reemplazo puede ser un proceso prolongado y complicado.

Esto podría resultar en un aumento de los costes energéticos para nuestra instalación, ya que dependerían completamente de la red eléctrica durante ese tiempo. Para mitigar este riesgo, se recomienda instalar tres inversores, ya que, con solo dos, la planta aún podría quedar en gran medida inoperativa durante un tiempo considerable.

Como se mencionó anteriormente, la capacidad pico se refiere a un nivel de producción máxima que la planta no logrará alcanzar en la práctica. Se espera que la planta produzca aproximadamente el 80% de su capacidad máxima. Por lo tanto, al calcular las necesidades de los inversores, se considerará la capacidad nominal de la instalación en lugar de la capacidad pico.

Al realizar el cociente entre 320 kW_n y los 3 inversores propuestos, nos queda que cada inversor soportará 106.67 kW_n.

Esta configuración presenta un inconveniente. Resulta que, aunque la estimación de que la capacidad nominal de la planta será aproximadamente el 80% de la capacidad pico es ampliamente aceptada en el sector, es recomendable ser cauteloso. Por eso, resulta sensato proporcionar a los inversores una capacidad ligeramente superior, dejando un margen adicional. Se escogerá inversores de 115 kW_n por lo comentado.

4.2.2 Distribución de los inversores en strings

Para organizar adecuadamente los paneles asignados, dividiremos la instalación en tres secciones, cada una gestionada por un inversor independiente.

El cómputo total de paneles que calcularemos era de 728. Dado que hemos dividido la instalación en 3 secciones, asignaremos 243 paneles a dos subplantas y 242 paneles a la faltante, ya que la división no es exacta.

A continuación, será necesario organizar los paneles solares en conjuntos llamados strings, que se conectarán directamente a los inversores. Considerando que los inversores cuentan con una capacidad nominal de 115 kWn, los grupos de strings vinculados a cada inversor deberán sumar esta capacidad para optimizar la eficiencia de cada dispositivo.

Los datos importantes del inversor necesarios para realizar estos cálculos están disponibles en su ficha técnica, que se detalla en la Tabla 1: Características técnicas del inversor SUN2000-115KTL-M2.

Tabla 1- Características del inversor escogido

Característica	Valor
Tensión máxima de CC (V_{max})	1100 V
Tensión mínima de entrada (V_{DCmin})	600 V
Nº de seguidores de punto de máxima potencia	10
Corriente de entrada máxima por punto MPPT	30 A

Asimismo, es necesario extraer los datos importantes de la ficha técnica de los paneles solares, que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2- Características de los paneles solares escogidos

Característica	Valor
Tensión de circuito abierto (V_{oc})	49,8 V
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	13,98 V
Tensión en punto de máxima potencia (V_{mpp})	41,95 V
Corriente en el punto de máxima potencia (I_{mpp})	13,12 A

Con estas especificaciones, comenzaremos determinando cuántos paneles es necesario conectar en serie para alcanzar un voltaje adecuado para el inversor, dentro del rango definido por V_{max} y V_{DCmin} .

Partiremos proponiendo strings de 15 paneles.

$$V_{DCmin} < N^{\circ} \text{ de Módulos} \cdot V_{mpp} < V_{max}$$

$$600V < 15 \cdot 41,95 V \approx 629,25 V < 1100 V$$

Podemos verificar que estas condiciones se satisfacen, lo que confirma que esta es una disposición adecuada de módulos para el inversor. Ocurre que no tenemos un número uniforme de paneles para todos los strings.

Para las dos secciones de 243 paneles, distribuiremos 16 strings: 13 strings contarán con 15 módulos cada uno, y los 3 strings restantes tendrán 16 módulos.

En cuanto a la tercera sección, que dispone de 242 paneles, se organizará en 16 strings, donde 14 strings tendrán 15 módulos cada uno y los 2 strings finales estarán compuestos por 16 módulos.

Todos los string como hemos calculado cumplirán con los límites establecidos de tensiones mínimas y máximas.

4.2.3 Distribución de Strings por inversor

De acuerdo con la información proporcionada en la ficha técnica, cada inversor dispone de 10 puntos MPPT, lo que significa, en términos simples, que puede gestionar 10 conexiones independientes. Será necesario combinar los strings de los inversores en paralelo para asegurar que el voltaje se mantenga dentro de los valores requeridos.

Al hacer estas agrupaciones, debemos tener en cuenta la intensidad máxima que puede soportar cada punto MPPT, la cual, según las especificaciones, es de 30 A. Con esto en mente, proponemos conectar 8 grupos compuestos por 2 strings cada uno, asignándolos a los puntos MPPT respectivos, utilizando así 8 de los 10 puertos disponibles en el inversor.

A continuación, verificaremos si la corriente de los grupos de strings es aceptable para el inversor, asegurándonos de que no supere el límite máximo permitido por cada punto MPPT. Para realizar este cálculo, utilizaremos el valor de corriente de cortocircuito más desfavorable, según lo indicado en la ficha técnica del módulo.

$$\text{N}^\circ \text{ Strings Paralelo} \cdot \text{Corriente del String} < \text{Corriente Max. Entrada MPPT}$$

$$2 \cdot 13,12 \text{ A} = 26,24 \text{ A} < 30 \text{ A}$$

4.2.4 Comprobación de la Temperatura

La temperatura tiene un impacto notable en la eficiencia y el rendimiento de los paneles solares fotovoltaicos, lo que a su vez afecta la tensión y la corriente generadas por los módulos. Generalmente, un aumento en la temperatura provoca una reducción en la tensión del módulo, mientras que la corriente tiende a incrementarse. Esta dinámica se debe a que el calor excesivo dificulta el movimiento de los electrones a través del material semiconductor del panel solar, resultando en una disminución de la tensión de salida.

Es crucial considerar este efecto para garantizar que se respeten los límites establecidos por el inversor. Para llevar a cabo estos cálculos, se deben consultar los datos relevantes proporcionados en la ficha técnica del módulo.

Características de temperatura	
Coefficiente Temp. de Isc (TK Isc)	0.048 % /°C
Coefficiente Temp. de Voc (TK Voc)	-0.27 % /°C
Coefficiente Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.35 % /°C
Reducción eficiencia (200W/m² 25°C)	3.5% ±2%
Temperatura de funcionamiento	-40 a +85 °C

Figura 20. Coeficientes de temperatura del módulo

Las temperaturas a las que se deben aplicar estos coeficientes son las correspondientes a las condiciones de prueba estándar (Standard Test Certificate, STC), que se definen como una irradiación solar de 1000 W/m², una temperatura de la célula (que es la temperatura de la superficie del panel) de 25 °C y una masa de aire de AM 1.5. Por lo general, la diferencia de temperatura entre la superficie de una célula y la temperatura ambiente es de aproximadamente 30 °C, lo que sugiere que la temperatura ambiente bajo las condiciones STC sería de -5 °C.

La temperatura máxima que se considera para el lugar de instalación es de 45 °C. Por lo tanto, asumiremos un incremento de 50 °C en comparación con la temperatura ambiente de las condiciones STC. Con esta información, procederemos a calcular la variación de voltaje de los módulos.

$$50^{\circ}\text{C} \cdot (-0,27 \text{ }^{\circ}\text{C}) = -13,5 \%$$

Aplicando esta variación a la tensión de los strings:

$$(100-13.5) \% \cdot 629,5 \text{ V} \approx 544,52 \text{ V} < 600 \text{ V}$$

Al analizar estas condiciones extremas, notamos que la tensión de un string podría descender por debajo del umbral mínimo requerido por el inversor. Aunque este cálculo podría no ser completamente exacto, dado que la temperatura ambiente en una instalación ubicada sobre agua probablemente no alcance los 45 °C, es prudente adoptar un enfoque conservador. Por ello, se sugiere utilizar strings compuestos por 16 módulos, lo que incrementaría la tensión de cada uno

A continuación, validaremos que la tensión resultante sea adecuada tanto para el funcionamiento bajo condiciones estándar (STC) como para la temperatura ambiente máxima esperada.

$$600\text{V} < 16 \cdot 41,95 \text{ V} \approx 671,2 \text{ V} < 1100 \text{ V}$$

$$(100-13,5) \% \cdot 671,18 \text{ V} \approx 580,59 \text{ V} < 600 \text{ V}$$

La opción de 16 módulos tampoco nos valdría, por lo que ensayaremos con strings compuestos de 17 módulos.

$$600\text{V} < 17 \cdot 41,95\text{V} \approx 713,15 \text{ V} < 1100 \text{ V}$$

$$(100-13,5) \% \cdot 713,15 \text{ V} \approx 617,18 \text{ V} > 600 \text{ V}$$

Podemos asegurar que al implementar strings de 17 módulos, se lograrán cumplir los requisitos de tensión establecidos por el inversor. Como resultado de este ajuste, la siguiente distribución de paneles será la elegida:

- Para las 2 secciones de 243 paneles, 14 strings de los cuales 9 strings llevarán 17 paneles y 5 strings llevarán 18 paneles.
- Para la sección de 242 paneles faltante, 14 strings de los cuales 10 strings llevarán 17 paneles y 4 strings llevarán 18 paneles.

Esta sería una imagen de la distribución de los paneles:

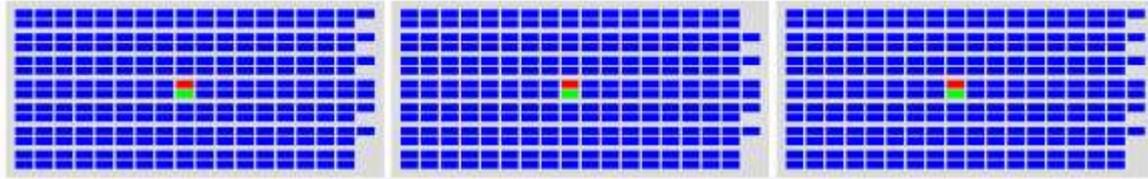


Figura 21. Distribución de los paneles solares de la instalación

Se observan las 3 secciones bien diferenciadas, con pasarelas de 0,5 m entre ellas para disponer de sitio para su mantenimiento. De color rojo situamos a los inversores y de verde a los combiner box o caja combinadora que veremos más adelante.

Se propone organizar cada sección en 7 pares de módulos para aprovechar 7 de los 10 puertos MPPT que ofrece el inversor. La corriente que circula en los 14 strings es la misma que en el caso de los 16 strings por lo que no hará falta calcularla. No obstante, es crucial confirmar que, bajo las condiciones de temperatura extremas que hemos considerado, se continúa respetando el umbral establecido por el inversor, ya que el incremento de temperatura en un módulo puede provocar un aumento en la corriente.

$$50^{\circ}\text{C} \cdot (0,048 \%/^{\circ}\text{C}) = 2,4 \%$$

Aplicando esta variación a la corriente de los conjuntos de strings:

$$(100+2,4) \% \cdot 27,62 \text{ A} \approx 28,28 \text{ A} < 30 \text{ A}$$

Se cumple con las condiciones que impone el inversor.

4.3 Dimensionamiento de cables

4.3.1 Planteamiento

Se procederá a la elección de un cable que cumpla con los criterios exigidos en relación a la máxima caída de tensión admitida y la intensidad máxima que puede soportar.

Según lo estipulado por la normativa ITC 40, la caída de tensión máxima permitida para cables utilizados en “Instalaciones Generadoras de Baja Tensión” está limitada a un 1,5% del voltaje nominal. Esta regulación es fundamental para asegurar la eficiencia y el correcto funcionamiento del sistema eléctrico, ya que una caída de tensión excesiva puede resultar en pérdidas de energía y afectar el rendimiento de la instalación.

En el contexto de nuestra instalación, se contemplan dos etapas diferenciadas en el cableado. La primera etapa se refiere al cableado de corriente continua, que conectará los strings con los inversores. Este tramo es crucial, ya que implica el transporte de la energía generada hacia los inversores, donde se convertirá en corriente alterna. La selección adecuada de los cables en esta fase es esencial para minimizar las pérdidas energéticas y maximizar la eficiencia del sistema.

La segunda etapa del cableado se desarrollará desde los inversores hasta el cuadro de baja tensión (BT), donde se realizará la distribución de la energía eléctrica a las diferentes cargas o puntos de consumo. En esta fase, también es vital seleccionar un cable que cumpla con las normativas y criterios establecidos, asegurando así que la energía se transfiera de manera segura y eficiente a los consumidores finales.

4.3.2 Cableado de CC entre los módulos y los inversores

El primer paso para determinar la máxima caída de tensión entre los módulos y los inversores consiste en identificar el cable de mayor longitud requerido, es decir, aquel que represente la situación más desfavorable.

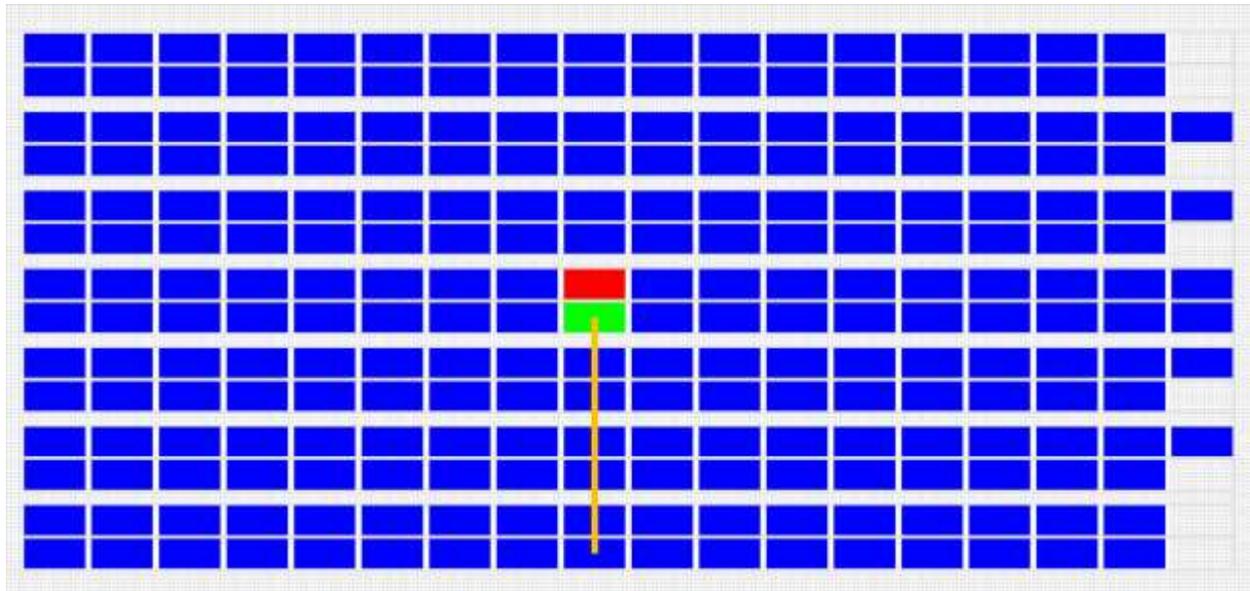


Figura 22. Esquema caso más desfavorable para el dimensionamiento de cables CC

En la figura podemos ver un esquema de una de las secciones de la instalación. De color rojo y verde tenemos los inversores y los combiner box respectivamente de la sección.

La instalación se compone de 14 strings, 7 strings para cada lado, en los cuales una de las filas se compondrá de distintos módulos debido a las imprecisiones de las divisiones de las plantas realizadas. El caso más desfavorable para el dimensionamiento de estos cables ocurre cuando una pareja de strings de la última fila se conecta a el inversor. Según la ficha técnica sabemos que estos módulos miden 2279x1134 mm.

Como los módulos permanecen en horizontal usaremos el ancho, la cuenta a realizar para hallar la distancia entre módulo e inversor es:

$$1134 \text{ mm} \cdot 5 + 2 \cdot \frac{1134 \text{ mm}}{2} + 500 \text{ mm} \cdot 3 = 8304 \text{ mm} = 8,304 \text{ m}$$

Hemos supuesto que el cable va conectado a la mitad del último módulo, por eso dividimos el ancho entre dos. También va conectado a la mitad de la distancia del combiner box. Los 500 mm es la distancia que hay entre las pasarelas. Para hacer un estudio más precavido debemos de añadir una distancia de seguridad por lo que se escogerá 12 m de distancia.

La intensidad máxima que circula por estos cables ya se calculó en apartados anteriores y nos resultó 28,28 A.

Cables fotovoltaicos

Calibre	Diámetro exterior	Clase de cableado	Peso	Radio mínimo de curvatura	Resistencia máxima del conductor	Capacidad de corriente [*]
mm ²	mm		kg/km	mm	Ω/km	A
4	7,23	Flexible Clase 5	72	29	4,95	45
6	8,31	Flexible Clase 5	99	33	3,30	58
10	9,26	Flexible Clase 5	143	37	1,91	83
16	10,38	Flexible Clase 5	201	201	1,21	117

[*] Capacidad de corriente permisible para conductores sencillos aislados para 0 a 2000V nominales al aire libre y temperatura ambiente de 30°C. [NTC 2050, Tabla 310-17]

Figura 23. Secciones para el dimensionamiento de cables de CC de Procables

La normativa la ITC-BT-40 establece que la caída de tensión máxima permitida en sistemas de baja tensión es generalmente del 1.5% para instalaciones generadoras. Debemos de comprobar que este límite se impone en el cableado de nuestra instalación.

La sección del cable la calcularemos reorganizando la fórmula de caída de tensión:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \rho}{\Delta V} = \frac{2 \cdot 12m \cdot 28,28A \cdot 0,0178 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}}{1.5\% \text{ de } 617,18V} = 1,298 mm^2$$

Imponiendo el límite que queremos que es una caída de tensión del 1,5% de la total del string y sabiendo que la conductividad del cobre es $\rho = 0,0178 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$. La sección debe de ser mínimo de $1,298 mm^2$ según los cálculos realizados. La sección que escogemos según catálogo es la de $4 mm^2$.

4.3.3 Cableado de Corriente Alterna entre inversores y cuadros de Baja Tensión

Similar al caso anterior, lo primero que se deberá hacer es calcular la distancia que tendrá el cable desde el inversor más alejado hasta el cuadro de baja tensión en esta situación. Se ha calculado la distancia que hay a la vivienda más lejana por medio de Autocad.



Figura 24. Esquema distancia de la instalación al cuadro de BT

Como podemos observar en el dibujo la distancia que figura entre los paneles y la vivienda son 819 m.

Este cable deberá ser capaz de soportar el 125% de la corriente nominal del inversor para cumplir con el criterio de máxima intensidad permitida. La corriente se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I_{INV} = \frac{P_{INV}}{\sqrt{3} \cdot V_{INV}} = \frac{115000kW}{\sqrt{3} \cdot 400 V} = 165,99 A$$

Siendo 207.49 A la intensidad que deberá admitir el cable.

MULTICONDUCTOR - 3 FASES						
Calibre	Sección nominal	Diámetro de conductor aprox.	Espesor aislamiento	Diámetro exterior aprox.	Peso total aprox.	Capacidad de corriente*
AWG 8.37kcmil	mm ²	mm	mm	mm	kg/km	A
14	2.08	1.8	0.7	9.7	143	25
12	3.31	2.3	0.7	10.8	190	30
10	5.26	2.8	0.7	12	259	40
8	8.37	3.7	0.7	14	379	55
6	13.3	4.7	0.7	16.4	546	75
4	21.2	5.7	0.9	19.6	837	95
2	33.6	7.2	0.9	22.9	1235	130
1/0	53.5	9.1	1	27.6	1923	170
2/0	67.4	10.3	1.1	30.8	2406	195
3/0	85	11.4	1.1	33.5	2870	225
4/0	107	12.9	1.2	37.4	3650	260

Figura 25. Secciones para el dimensionamiento de cables de CA de Prysmian

Si nos vamos a la tabla de la figura, observamos que el cable que debemos de seleccionar es el de 85 mm^2 , ya que este tiene una intensidad máxima admisible de 225A. Debemos de comprobar si este cumple con los requisitos de tensión máxima permitida.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \rho}{\Delta V} = \frac{2 \cdot 819 \text{ m} \cdot 207,49 \text{ A} \cdot 0,0178 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}}{1,5\% \text{ de } 617,18 \text{ V}} = 653,47 \text{ mm}^2$$

Nos dice que deberíamos tener una sección de al menos $653,47 \text{ mm}^2$ para que cumpla el criterio del 1,5% admisible. Los cables de gran sección tienen desventajas como su alto coste, dificultad de manipulación, necesidad de más espacio, menor flexibilidad, mayor peso, conexiones más complejas y riesgo de sobrecalentamiento si no se instalan correctamente.

Introduciremos un cuadro de baja tensión para acortar la longitud del cable y poder dimensionar con una sección que tengamos en el catálogo.

En la siguiente imagen se muestra como hemos reducido la longitud del cable al introducir un cuadro de baja tensión.

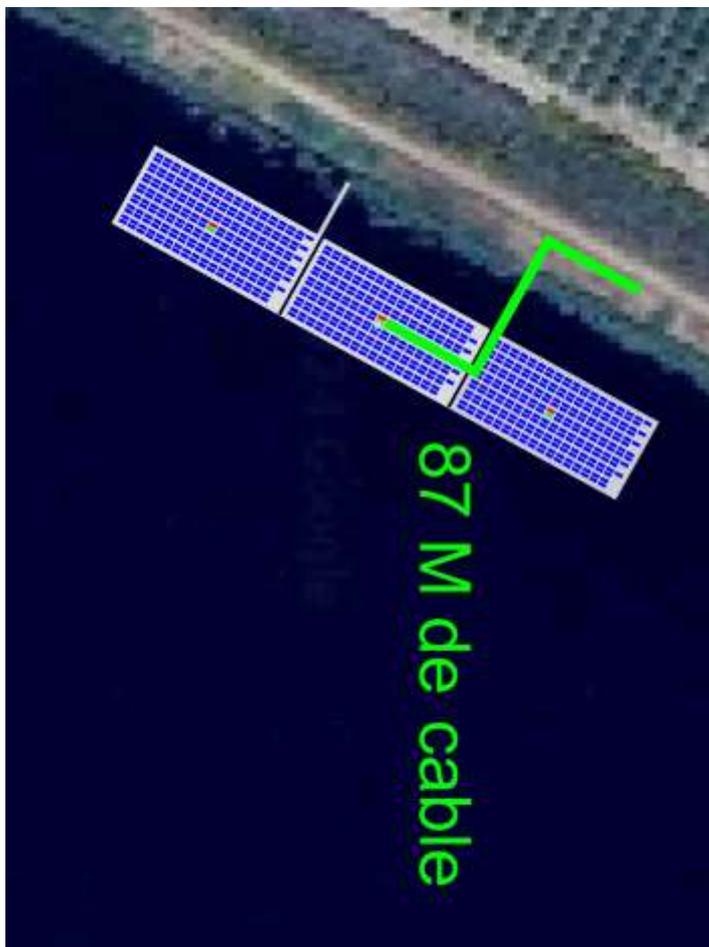


Figura 26. Esquema distancia al nuevo cuadro de BT

Procederemos a calcular si dicha tensión mediante el criterio de tensión máxima permitida es viable.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \rho}{\Delta V} = \frac{2 \cdot 87m \cdot 207,49A \cdot 0,0178 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}}{1,5\% \text{ de } 617,18V} = 69,42 mm^2$$

Se necesitaría un cable de $85 mm^2$ para cumplir con los requisitos de tensión máxima admisible.

Esto serán los cables necesitados tras los cálculos realizados:

- Cables Módulos-Inversor: Flexible clase 5 con sección $4 mm^2$.
- Cables Inversor-Cuadro Baja Tensión: Cables Superflex 3 x $85 mm^2$.

4.4 Cálculo de protecciones eléctricas

4.4.1 Planteamiento

En este apartado, se llevará a cabo el cálculo de las protecciones eléctricas necesarias para asegurar la seguridad de las personas, el entorno, los bienes y los componentes eléctricos de la instalación. Para ajustarse a las normativas aplicables, es esencial considerar distintos tipos de protecciones, como aquellas contra sobrecargas, cortocircuitos, contactos directos e indirectos, sobretensiones, caídas de tensión, operación en isla, variaciones de frecuencia y derivaciones. Cabe resaltar que algunas de estas protecciones ya vienen integradas en el inversor, conforme a las normativas y con certificación del fabricante.

Asimismo, para asegurar la protección de la instalación eléctrica, es necesario implementar algunas de estas protecciones de forma redundante y con fácil acceso. Por lo tanto, se incorporarán a la instalación las protecciones ya integradas en el inversor, cumpliendo de este modo con los estándares normativos.

	Protection
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Smart String Level Disconnecter	Yes

Figura 27. Listado de protecciones del Inversor

En la figura 27, se observa todas las protecciones con las que cuenta el inversor, dotado con protecciones del tipo II ante sobrecargas atmosféricas.

4.4.2 Sección CC Módulos - inversores

Como antes hemos mencionado, nuestro inversor ya cuenta con protecciones. Dichas protecciones las encontramos en la figura 27.

Aunque el inversor ya cuenta con protecciones, se opta por añadir una caja combinadora para proporcionar protección adicional, ya que el coste de estas protecciones es mínimo en comparación con el valor del inversor. Estas cajas combinadoras se instalarán en un armario ubicado junto al que contiene el inversor.

La instalación, tal y como se ha descrito previamente, está configurada para que en las condiciones más adversas circulen 28,28 A. Por ello, se opta por seleccionar un fusible de 32 A, que corresponde a la máxima intensidad de entrada permitida.

Se emplearán 4 cajas por inversor, 3 de ellas compuestas por dos salidas y cuatro entradas y la sobrante compuesta por 2 entradas y una única salida. Esto permitirá agrupar las conexiones de los 4 strings en 2 pares de strings en paralelo y un par de strings en una única salida. Las cajas combinadoras estarán dotadas de protección contra sobretensiones de tipo II, interruptores para interrumpir el flujo de corriente, y portafusibles para fusibles de 32 A.

4.4.3 Sección CA Inversores – Cuadros de BT

Para dar cumplimiento al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), es necesario disponer de dispositivos de protección contra sobrecargas, cortocircuitos, sobretensiones y descargas atmosféricas. Aunque el inversor ya incorpora estas protecciones exigidas por el REBT, se optará por instalar un fusible y un interruptor automático en la salida del inversor como medida de seguridad adicional.

El fusible será de tipo cuchilla con una intensidad nominal de 250 A, lo que permitirá proteger el cable elegido, cuya capacidad máxima de corriente es de 225A en las condiciones más adversas. Además, se instalará un interruptor automático con una intensidad nominal de 250 A y una sensibilidad de 300 mA frente a variaciones de corriente.

5 PLIEGO DE CONDICIONES

Este pliego de condiciones tiene como objetivo establecer los requisitos técnicos, normativos y funcionales para el diseño, suministro, instalación, puesta en marcha y mantenimiento de la instalación fotovoltaica flotante.

5.1 Introducción

5.1.1 Condiciones de la instalación

Los materiales expuestos a la intemperie deberán contar con medidas de protección adecuadas frente a los agentes ambientales, especialmente frente a la radiación solar y la humedad, que podrían afectar su durabilidad y rendimiento.

Es imprescindible extremar los cuidados en la protección de equipos y materiales que puedan estar sometidos a agentes externos altamente corrosivos o agresivos, como aquellos generados por procesos industriales en las proximidades.

Se rechazará cualquier módulo que presente defectos de fabricación, tales como grietas, manchas, desalineaciones en las células fotovoltaicas o burbujas en el material encapsulante, ya que estas imperfecciones comprometen su calidad y funcionalidad.

Para que un módulo sea considerado aceptable, su potencia máxima y corriente en corriente continua (c.c.), medidas bajo condiciones estándar de prueba (STC), deberán encontrarse dentro de un margen de $\pm 10\%$ respecto a los valores nominales especificados en el catálogo.

5.1.2 Alcance

El Propietario será responsable de proporcionar todos los equipos y materiales especificados en los planos del proyecto, asegurándose de que cumplan con las cantidades, características, tipos y dimensiones establecidas en las mediciones y cuadros técnicos asociados. En caso de discrepancias en las cantidades entre los planos y las mediciones, se considerará como referencia definitiva lo indicado en los planos. Para cuestiones relacionadas con las calidades de los materiales, este documento prevalecerá sobre cualquier otro.

Todos los equipos y materiales suministrados deberán ser nuevos y estar en perfectas condiciones, incluyendo el transporte hasta el lugar de la obra como parte de la oferta.

Además, el Propietario deberá asignar un técnico competente encargado de supervisar la instalación. Este técnico será responsable ante la dirección facultativa, tanto de su propio trabajo como del desempeño de los técnicos y operarios que ejecuten la obra.

5.2 Obligaciones y responsabilidades de partes vinculantes

5.2.1 Obligaciones y responsabilidades de la dirección técnica

5.2.1.1 Trabajos defectuosos

Si el Director de la Obra tiene motivos fundados para sospechar la existencia de defectos en los trabajos realizados, podrá disponer en cualquier momento, y antes de la recepción definitiva, la realización de las demoliciones necesarias para verificar y evaluar dichos defectos.

5.2.1.2 Inalterabilidad del Proyecto

El proyecto, junto con sus anexos, no podrá ser modificado, a menos que la dirección técnica renuncie explícitamente a él o que el convenio de prestación de servicios sea rescindido de acuerdo con los términos y condiciones establecidos por la ley.

5.2.1.3 Inspección y medidas previas al montaje

Previo al inicio del montaje, la empresa encargada de la instalación deberá verificar y marcar la ubicación precisa de todos los componentes de la instalación, tales como equipos, dispositivos y cables. Si se detectan diferencias entre las medidas obtenidas en el sitio y las especificadas en los planos, las cuales impidan continuar con los trabajos conforme a las normativas aplicables, será responsabilidad de la empresa instaladora informar a la dirección de obra sobre las inconsistencias para que se tomen las acciones correctivas necesarias.

5.2.2 Obligaciones y responsabilidades del contratista

5.2.2.1 Definición

Se entiende por Contratista a la entidad encargada de llevar a cabo la ejecución de la obra. Esta parte deberá elaborar un plan detallado de seguridad e higiene, específico para el proyecto, que cumpla con todas las normativas y regulaciones vigentes. Dicho plan deberá ser aprobado por el coordinador de seguridad y salud. Cualquier fallo o incumplimiento en este plan será responsabilidad exclusiva del Contratista, quien deberá asumir las consecuencias derivadas.

En caso de accidentes que ocurran durante el desarrollo de los trabajos, el Contratista se regirá por la legislación vigente en materia de accidentes laborales, siendo el único responsable ante cualquier incumplimiento. En ningún caso se podrá responsabilizar a la Propiedad ni a la Dirección Facultativa por incidentes o daños derivados de estos.

El Contratista también será responsable de cualquier accidente que ocurra debido a falta de capacitación o imprudencia, tanto dentro de la obra como en los edificios adyacentes. Asimismo, será responsable de cubrir las indemnizaciones correspondientes y los daños que puedan producirse durante la ejecución de los trabajos, conforme a lo establecido en la legislación aplicable.

El cumplimiento de todas las normativas relevantes para la ejecución de la obra está especificado en la memoria del proyecto.

5.2.2.2 Personal

El nivel de formación técnica y la experiencia del personal proporcionado por el Contratista serán adecuados y proporcionales a las funciones y responsabilidades que se le asignen en cada caso.

5.2.2.3 Conocimiento y modificaciones del proyecto

El Contratista tiene la obligación de familiarizarse completamente con todos los documentos del proyecto, solicitando las aclaraciones que considere necesarias para interpretar correctamente los mismos durante la ejecución de la obra. Además, podrá proponer modificaciones constructivas que considere pertinentes, las cuales deberán ser evaluadas y aprobadas por el Director de Obra. Las modificaciones solo podrán ser implementadas con su autorización por escrito.

5.2.2.4 Replanteo

El Constructor (o la entidad responsable) iniciará los trabajos con el replanteo en el terreno, estableciendo las referencias principales que servirán de base para los replanteos parciales posteriores. Estos trabajos estarán incluidos dentro de la oferta presentada.

El replanteo deberá ser sometido a la aprobación del Director Técnico, quien, tras dar su conformidad, elaborará un acta acompañada de un plano. Este documento también deberá ser aprobado por el Director Técnico antes de proceder con las siguientes etapas de la obra.

5.2.2.5 Responsabilidades

El Contratista asumirá la plena responsabilidad de la ejecución de los trabajos contratados, incluyendo cualquier defecto que pueda surgir debido a una ejecución deficiente o al uso de materiales de mala calidad. Asimismo, será responsable de las partes de la obra que subcontrate, asegurándose de que los subcontratistas cuenten con la debida habilitación legal para realizar dichos trabajos.

5.2.2.6 Materiales y equipos

El Contratista será responsable de suministrar los materiales y equipos auxiliares requeridos para la correcta ejecución de la obra, de acuerdo con el cronograma de trabajo estipulado. Asimismo, deberá poner a disposición los recursos necesarios, tanto humanos como materiales, para cumplir con las directrices impartidas por la dirección facultativa, asegurando en todo momento la seguridad y el buen progreso de los trabajos.

5.2.2.7 Limpieza de la obra

Es responsabilidad del Constructor (o entidad correspondiente) mantener las obras y sus alrededores en condiciones de limpieza, retirando escombros y materiales sobrantes. También deberá eliminar cualquier instalación provisional que ya no sea necesaria y tomar todas las medidas necesarias para asegurar que la obra se mantenga ordenada y con una apariencia adecuada.

5.2.3 Obligaciones y responsabilidades del coordinador de seguridad y salud

5.2.3.1 Seguridad e higiene en la obra

El Contratista será responsable de velar por la seguridad y la salud en el desarrollo de la obra, asegurándose de que todas las actividades se realicen conforme a la Ley 31/95 y sus normativas relacionadas. Además, asumirá la responsabilidad de cualquier accidente que ocurra por falta de destreza o descuido, así como de los daños causados a terceros debido a estas circunstancias.

En caso de que, por la naturaleza de la obra, no se designe un Contratista, el Director de la Obra asumirá las responsabilidades mencionadas.

5.2.4 Obligaciones y responsabilidades del propietario

5.2.4.1 Desarrollo técnico

La Propiedad tendrá derecho a requerir a la Dirección Facultativa que asegure el desarrollo técnico adecuado del proyecto y su correcta ejecución, siempre dentro de los límites establecidos por la normativa vigente.

5.2.4.2 Personal

El personal proporcionado por el Contratista deberá contar con el nivel técnico y la experiencia necesarios, en cada caso, para cumplir adecuadamente con las funciones que se le asignen.

5.2.4.3 Interrupción de las obras.

La Propiedad podrá rescindir en cualquier momento la ejecución de las obras, conforme a lo estipulado en el Código Civil, sin perjuicio de las indemnizaciones que, en su caso, deba abonar.

5.2.4.4 Cumplimiento de la normativa urbanística.

Conforme a la legislación sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana, la Propiedad deberá cumplir con todas las normativas urbanísticas vigentes y no podrá iniciar las obras sin contar con la licencia correspondiente otorgada por los organismos competentes. Asimismo, deberá notificar a la Dirección Facultativa la concesión de dicha licencia. En caso de no hacerlo, la Dirección Facultativa tendrá la facultad de suspender las obras, siendo la Propiedad la única responsable de los posibles perjuicios derivados de la paralización.

5.2.4.5 Actuación en la ejecución de la obra.

La Propiedad se compromete a no ordenar la ejecución de ninguna obra ni modificar el proyecto sin la previa autorización de la Dirección Facultativa. Asimismo, se abstendrá de destinar la obra a un uso diferente al previsto en el proyecto original, ya que cualquier alteración podría comprometer la seguridad del edificio al no haber sido contemplada en las condiciones iniciales del encargo del proyecto.

5.2.4.6 Honorarios

El Propietario tiene la obligación de abonar puntualmente todos los honorarios acordados con la Dirección Facultativa en el momento estipulado.

5.3 Criterios administrativos

5.3.1 Generalidades

El Propietario deberá proporcionar una fianza equivalente al 15% del presupuesto total de ejecución de las obras, tal como se establezca en el contrato. Esta fianza será reembolsada una vez concluido el período de garantía, siempre que la Dirección Facultativa emita un informe favorable sobre la finalización de los trabajos.

La obra se llevará a cabo de acuerdo con el proyecto original, este pliego de condiciones y las directrices que emita el director de obra. El cronograma de ejecución será determinado por la Dirección Facultativa, quien también establecerá los plazos necesarios para garantizar el adecuado avance de la obra.

El propietario se compromete a abonar el coste de los trabajos ejecutados, previa medición acordada entre él y la Dirección Facultativa, siempre que dichos trabajos se hayan realizado conforme al proyecto y a las condiciones acordadas para la ejecución de la obra.

El precio de contratación incluirá el costo total de la obra.

5.3.2 Criterios de medición

5.3.2.1 Partidas

Se aplicarán los mismos criterios establecidos en las hojas de estado de mediciones.

5.3.2.2 Partidas no contenidas

El precio se determinará en base a la medición correspondiente y al precio acordado en el contrato, o bien mediante la justificación de los costes de mano de obra y materiales utilizados.

5.3.3 Criterios de valoración

5.3.3.1 Precios contradictorios

Los precios de los trabajos que no estén contemplados en el contrato serán establecidos de manera conjunta entre la Dirección Facultativa y el Propietario. El Propietario deberá presentar un desglose detallado de los mismos, y será necesaria la aprobación de la Dirección Facultativa antes de proceder con su ejecución en la obra.

5.3.3.2 Indemnizaciones por retraso

El importe de la indemnización por retraso no justificado en la finalización de la obra se calculará como un tanto por mil del valor total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, comenzando desde la fecha de finalización establecida en el calendario de obra. Este tanto por mil será acordado entre el Propietario, la Dirección Facultativa y el Contratista.

5.3.3.3 Revisiones de precios

La revisión de precios se llevará a cabo únicamente cuando esté contemplada en el contrato firmado entre la Propiedad y el Contratista.

5.3.3.4 Valoración y abono de trabajos

Dependiendo de la modalidad acordada para la contratación de la obra y salvo que se establezca lo contrario en el pliego particular de condiciones económicas, el abono podrá realizarse de las siguientes maneras:

- **Tipo fijo o tanto alzado total:** Se abonará la cantidad previamente acordada como base para la adjudicación, descontando, si aplica, el importe correspondiente a la baja ejecutada por el adjudicatario.
- **Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra:** Se abonará la cantidad previamente determinada, con variación únicamente en función del número de unidades de obra realizadas.
- **Tanto variable por unidad de obra:** Se abonará conforme a las condiciones en las que se realice el trabajo y los materiales empleados, de acuerdo con las instrucciones del director técnico.
- **Por lista de jornales y recibos de materiales:** Se abonará según los recibos autorizados, siguiendo el procedimiento establecido en el presente pliego de condiciones.
- **Por horas de trabajo:** Se abonará según las horas de trabajo efectivas, conforme a las condiciones estipuladas en el contrato.

El criterio elegido para el abono será redactado y firmado por el Propietario, la Dirección Facultativa y el Contratista.

5.3.4 Criterios para el acopio de materiales

Todos los materiales y elementos constructivos utilizados en la ejecución de este proyecto deberán ajustarse a los requisitos estipulados en el Pliego de Condiciones y en la normativa vigente. El Director de Obra será el encargado de interpretar y verificar el cumplimiento de dichas disposiciones, con la potestad de rechazar cualquier material o trabajo que no se ajuste a las especificaciones requeridas.

5.4 Ejecución y control de la obra

5.4.1 Obras que comprende el proyecto

Las obras contempladas en este Pliego están descritas en la Memoria y especificadas en los Planos y demás documentos asociados al Proyecto.

Asimismo, las normas generales de este Pliego se aplicarán a cualquier unidad de obra adicional que resulte necesaria por modificaciones, imprevistos o nuevas exigencias, aunque no estén incluidas inicialmente en los documentos del Proyecto.

5.4.2 Inicio de las obras

El adjudicatario estará obligado a iniciar las obras dentro de los quince días posteriores a la fecha de adjudicación definitiva. Deberá notificar oficialmente a la Dirección Técnica el día previsto para el inicio de los trabajos, quedando esta notificación sujeta a confirmación.

Las obras deberán completarse en su totalidad dentro del plazo establecido en el contrato, comenzando a contar desde la misma fecha mencionada. No se aceptarán como justificantes de retraso la falta de personal ni las dificultades en el suministro de materiales.

5.5 Componentes y materiales

5.5.1 Generalidades

Todas las instalaciones deberán garantizar las medidas de protección y seguridad necesarias para las personas, cumpliendo con las normativas establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión o la legislación vigente que lo sustituya.

Como norma general, se deberá asegurar al menos un nivel básico de aislamiento eléctrico (clase I) para todos los equipos y materiales empleados. Asimismo, se instalarán los elementos de seguridad necesarios para proteger a las personas contra contactos directos e indirectos, especialmente en instalaciones que operen con tensiones superiores a 50 VRMS o 120 VCC. Se recomienda priorizar el uso de equipos y materiales con aislamiento eléctrico de clase II.

Las instalaciones estarán dotadas de protecciones adecuadas contra cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones, garantizando la integridad de los sistemas.

Los equipos electrónicos utilizados deberán cumplir con las directivas de la Unión Europea sobre Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética, certificadas por el fabricante cuando sea posible.

En la sección de Planos, se incluirán las especificaciones técnicas completas de todos los componentes, proporcionadas por los fabricantes.

5.5.2 Generadores fotovoltaicos

Los módulos empleados deberán cumplir con las normativas vigentes que aseguren su calidad y seguridad: UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, UNE-EN 61646 para módulos de capa delgada, o UNE-EN 62108 para módulos de concentración, además de las normas UNE-EN 61730-1 y 61730-2, relacionadas con la seguridad en sistemas fotovoltaicos. La certificación correspondiente deberá ser emitida por un laboratorio acreditado y presentada como garantía.

Cada módulo deberá estar identificado claramente mediante información visible y permanente que incluya el modelo, el nombre o logotipo del fabricante, y un número de serie trazable que permita conocer su fecha de fabricación.

Los módulos seleccionados deben ajustarse estrictamente a las especificaciones técnicas del proyecto. En caso de discrepancias, será imprescindible una justificación técnica incluida en la Memoria del proyecto.

Será necesario que los módulos incluyan diodos de protección que eviten daños en las células o en sus conexiones eléctricas a causa de sombreados parciales. Además, deberán contar con un grado de protección mínimo IP65. Los marcos, si están presentes, deberán estar fabricados en aluminio o acero inoxidable para garantizar su durabilidad.

Los valores reales de potencia máxima y corriente de cortocircuito de los módulos, medidos en condiciones estándar, deberán mantenerse dentro de un margen del ± 5 % respecto a los valores nominales indicados en el catálogo del fabricante.

Se rechazará cualquier módulo que presente defectos visibles como fisuras, manchas, desalineación de las células o burbujas en el encapsulante, ya que pueden comprometer su funcionamiento y durabilidad.

Para instalaciones con tensiones superiores a 48 V en corriente continua, será obligatorio conectar tanto la estructura del generador como los marcos metálicos de los módulos a una toma de tierra común con el resto del sistema.

Se instalarán dispositivos que permitan la desconexión independiente de ambos terminales en cada rama del generador, garantizando una operación segura.

En caso de emplear módulos que no cuenten con certificación oficial, deberá aportarse una justificación técnica junto con la documentación de los ensayos realizados. Cualquier excepción a las especificaciones deberá contar con la aprobación explícita del IDAE. En todo momento, será obligatorio cumplir con las normativas vigentes aplicables a la instalación.

5.5.3 Inversores

Este apartado establece los criterios técnicos aplicables a inversores, ya sean monofásicos o trifásicos, que operen como fuentes de tensión con valores fijos de amplitud y frecuencia. En el caso de inversores de características diferentes, se exigirá que cumplan con estándares de calidad equivalentes.

1. Tipo de onda:

- Los inversores deberán generar una onda senoidal pura.
- En casos excepcionales, podrán emplearse inversores de onda no senoidal si su potencia nominal es inferior a 1 kVA, siempre que no dañen los equipos conectados ni comprometan su funcionamiento adecuado.

2. Rango de operación:

- El inversor debe garantizar un rendimiento adecuado en todo el rango de tensiones de entrada permitido por el sistema.
- La salida debe mantenerse dentro de los márgenes:
 - **Tensión:** $V_{NOM} \pm 5\%$ ($V_{NOM} = 220\text{ VRMS}$ o 230 VRMS).
 - **Frecuencia:** $50\text{ Hz} \pm 2\%$.

3. Desempeño bajo carga:

- El inversor debe ser capaz de suministrar su potencia nominal de forma continua dentro del rango de temperaturas ambientales especificado por el fabricante.
- Debe operar correctamente con todas las cargas previstas, incluyendo aquellas que requieran altos picos de corriente para arrancar, como motores o televisores, sin causar interferencias en las demás cargas.

4. Protecciones integradas: los inversores deberán incluir sistemas de protección frente a:

- Tensión de entrada fuera del rango operativo.
- Desconexión accidental del acumulador.
- Cortocircuitos en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas que superen los límites establecidos.

5. Eficiencia y consumo energético:

- El autoconsumo del inversor sin carga no debe superar el 2 % de su potencia nominal.
- Las pérdidas energéticas diarias por autoconsumo deben ser inferiores al 5 % del consumo diario total.
- Se recomienda incluir un modo de "stand-by" para reducir las pérdidas cuando el inversor esté en vacío.

6. **Identificación del equipo:** cada inversor deberá estar etiquetado con la siguiente información:

- Potencia nominal (VA).
- Tensión nominal de entrada (V).
- Tensión nominal de salida (VRMS) y frecuencia (Hz).
- Identificación del fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.
- Indicaciones de polaridad y terminales.

Esta normativa asegura el correcto desempeño y seguridad de los inversores en instalaciones eléctricas, contribuyendo a la fiabilidad del sistema y a la protección de los equipos conectados.

5.5.4 Cableado

A continuación, se detallarán los requisitos técnicos mínimos exigidos para el cableado de la instalación

1. **Cumplimiento de la legislación vigente:** todo el cableado y conductores empleados en la instalación deberán ajustarse a la normativa vigente, garantizando el cumplimiento de los estándares de seguridad, eficiencia y calidad establecidos por la legislación.
2. **Selección adecuada de conductores:** los conductores serán dimensionados con la sección adecuada para minimizar las caídas de tensión y evitar el sobrecalentamiento. La sección elegida se calculará tomando en cuenta las necesidades específicas de la instalación.
3. **Caídas de tensión:** los conductores deberán ser dimensionados de manera que la caída de tensión en cualquier condición de operación no supere el 3 % de la tensión nominal continua del sistema, incluida la caída de tensión en cualquier terminal intermedio.
4. **Longitud y configuración del cableado:** se incluirá la longitud total de cable necesario para la instalación, tanto para las secciones de corriente continua como alterna, según la aplicación específica de cada parte del sistema.
 - Se evitarán esfuerzos excesivos sobre los cables y otros elementos de la instalación, garantizando la durabilidad y el buen funcionamiento de los conductores durante toda la vida útil del sistema.

Este enfoque asegura que el cableado cumpla con los requisitos técnicos y de seguridad necesarios para la correcta operación del sistema, minimizando las pérdidas energéticas y los posibles riesgos asociados al uso inadecuado de materiales o secciones incorrectas.

Los conductores positivos y negativos de la instalación deben ir separados, protegidos y señalizados según la normativa vigente. Los cables exteriores estarán protegidos contra las condiciones meteorológicas.

5.5.5 Protecciones y puesta a tierra

En instalaciones con tensiones nominales mayores a 48 voltios, se deberá disponer de una toma de tierra que conecte, como mínimo, la estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos. El sistema protegerá a las personas contra contactos directos e indirectos, manteniendo las condiciones de seguridad de cualquier instalación preexistente. Asimismo, la instalación contará con dispositivos para prevenir cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones.

5.6 Términos, Recepción y Disposiciones

5.6.1 Generalidades

El Director de Obra notificará a la Propiedad la proximidad de la finalización de las obras, acordando la fecha para realizar el acto de recepción provisional. Este acto contará con la participación de un técnico designado por la Propiedad, un representante del Constructor y el propio Director de Obra. También podrán convocarse otros técnicos que hayan intervenido en áreas específicas de la Dirección del Proyecto.

Si las obras están en condiciones de ser aceptadas, se iniciará el plazo de garantía, y la Dirección Facultativa procederá a emitir el Certificado Final de Obra. Durante la recepción provisional, el Contratista deberá presentar las autorizaciones necesarias de los organismos oficiales correspondientes para la puesta en marcha de aquellas instalaciones que lo requieran.

En caso de que las obras cumplan con las especificaciones previstas, la Dirección Facultativa las aprobará, quedando formalmente entregadas a la propiedad mediante la firma del acta correspondiente. Si las obras presentan defectos, se dejará constancia en el acta, detallando las observaciones y estableciendo un plazo para corregirlos. Si el Contratista no subsana los defectos en el tiempo fijado, la Dirección Facultativa podrá otorgar un nuevo plazo improrrogable o, en su defecto, resolver el contrato.

6 DESGLOSE DE COSTES

A continuación, se detallarán los costes de forma aproximada del proyecto en cuestión. Dicho plan presupuestario se desglosa en diferentes apartados, atendiendo a las fases del proyecto y necesidades de este.

Apartado	Resumen	Cantidad	Precio	Cuantía
CAPITULO 1. EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN				
1.1	EQUIPOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA	728	66,23 €	48.215,44 €
	Panel solar 550W Monocristalino ATERSA OPTIMUM GS, con 144 medias células, ofrece alta eficiencia (21,3%), trabaja a 24V y es ideal para instalaciones domésticas e industriales, maximizando energía en espacios reducidos.			
1.2	INVERSORES	3	5089,00 €	15.267,00 €
	Inversor central trifásico de 115 kW para conexión a red, con eficiencia del 98,8%, 10 MPPT sin fusibles, protección IP66 y C5, y monitorización inteligente. Admite hasta 1100 Vcc de entrada y 30 A por MPPT, incluye accesorios para instalación.			
1.3	SISTEMAS DE PROTECCIÓN	3	2.128,00 €	6384,00 €
	El sistema de protección cubre tanto la parte de corriente continua (CC) como la de corriente alterna (CA). Incluye cajas de combinación con interruptores de corte, protectores contra sobretensiones tipo II y portafusibles con fusibles de 32 A. También cuenta con interruptores automáticos diferenciales de 250 A con sensibilidad ajustable a 30 mA, además de portafusibles y fusibles tipo cuchilla de 250 A.			
1.4	SISTEMA DE CABLEADO DE CC	3	2.445,00 €	7.335,00 €
	Cable adecuado para interconectar los paneles solares y conectar los strings a las cajas de combinación, incluyendo los conectores MC4 necesarios para una instalación segura y eficiente.			

Apartado	Resumen	Cantidad	Precio	Cuantía
1.5	SISTEMA DE CABLEADO DE CA	3	5.215,56 €	15.646,08 €
	Cable necesario para conectar los inversores al cuadro de BT.			
1.6	CASETA PARA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	6	120,00 €	720,00 €
	Casetas con protección IP65, conforme a la norma IEC EN62208, diseñadas para alojar las cajas de combinación, inversores y protecciones de CA, incluyendo los montantes y fijaciones necesarios para su correcta instalación.			
1.7	SISTEMA DE CONTROL	1	4.250,00 €	4.250,00 €
	Sistema de monitorización para la instalación, que permitirá supervisar en tiempo real los principales parámetros como voltaje, intensidad por string, producción y funcionamiento de seguridad en modo isla, entre otros. El sistema se entregará completamente instalado y probado, con formación incluida.			
1.8	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA Y DE CONSUMO	1	3.700,00 €	3.700,00 €
	Contador bidireccional para controlar la generación de electricidad renovable, aprobado y certificado.			
1.9	FLOTADORES Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN	1	85.423,47 €	85.423,47 €
	Componentes necesarios para la plataforma flotante suministrados por Sea Block, incluyendo flotadores, sistemas de anclaje, soportes para los paneles solares, inversores, cableado y cajas de combinación.			
TOTAL CAPÍTULO 1				186.940,99 €

Apartado	Resumen	Cantidad	Precio	Cuantía
CAPÍTULO 2. CONCEPTOS DE OBRA				
2.1	REDACCIÓN DEL PROYECTO	1	4.600,00 €	4.600,00 €
2.2	REALIZACIÓN DE LA DIRECCIÓN DE OBRAS Y EMISIÓN DE CERTIFICADO FINAL DE OBRA.	1	3.200,00 €	3.200,00 €
2.3	GESTIÓN CON COMPAÑÍAS ELÉCTRICAS, AYUNTAMIENTO, INDUSTRIA, INSCRIPCIÓN	1	3.200,00 €	3.200,00 €
2.4	SEGURIDAD Y SALUD	1	3.000,00 €	3.000,00 €
	Incluyendo el Plan de Seguridad y Salud, la Coordinación de Seguridad y Salud, y la obtención del Libro de Seguridad y Salud.			
2.5	CONTROL DE CALIDAD	1	1.000,00 €	1.000,00 €
2.6	GESTIÓN DE RESIDUOS	1	700,00 €	700,00 €
2.7	OTROS	1	2.500,00 €	2.500,00 €
TOTAL CAPÍTULO 2				18.200,00 €
TOTAL INSTALACIÓN				205.140,99 €

Asciende el coste de ejecución de la instalación fotovoltaica flotante a DOSCIENTOS CINCO MIL CIENTO CUARENTA EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS DE EURO.

7 ANÁLISIS DE COSTES

7.1 Introducción

Para determinar si la instalación propuesta sería beneficiosa para el cliente, es esencial realizar un análisis detallado del rendimiento económico a lo largo del tiempo. Este análisis debe considerar la inversión inicial, los ahorros anuales en la factura eléctrica y el periodo necesario para recuperar la inversión.

Antes de presentar los cálculos asociados a esta instalación, es importante señalar que la tarifa utilizada como referencia para el coste de la electricidad corresponde a datos de 2023. Hemos obtenido estos datos de la herramienta OMIE, aplicación que detalla los costes de electricidad según el periodo de tiempo seleccionado. En la figura 28 se muestra la gráfica del coste de la luz en MWh del año 2023 en España

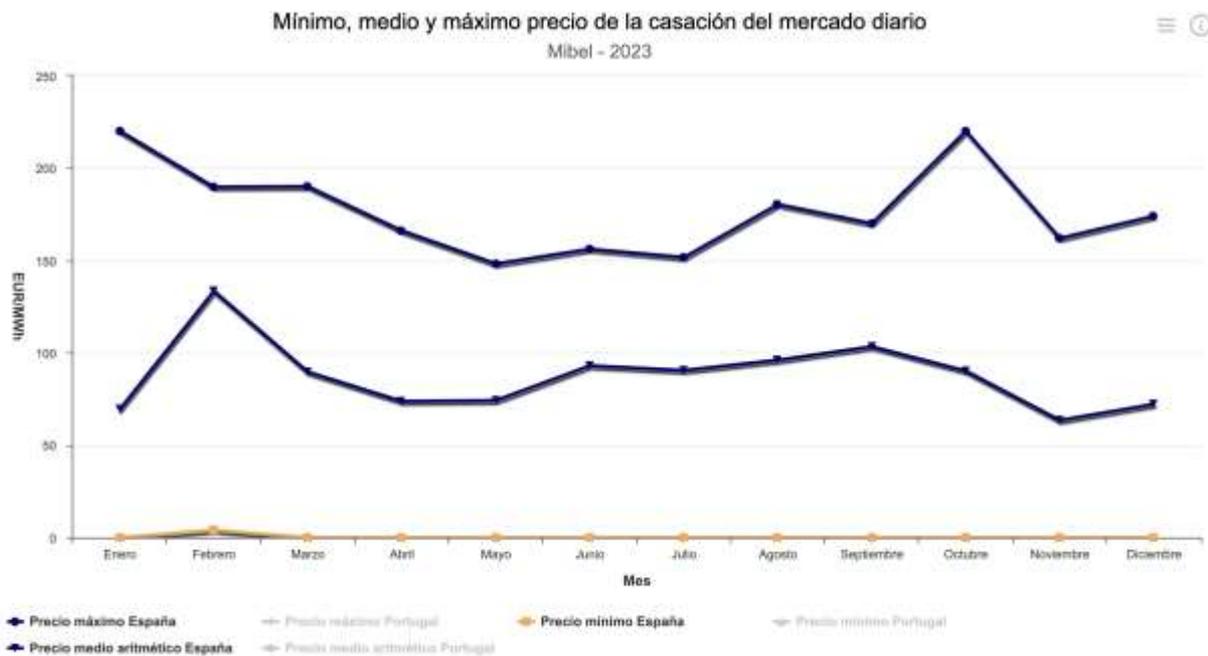


Figura 28. Gráfica precio del MWh en España 2023 proporcionada por OMIE

Sobre esta base, se han extraído las tarifas medias mensuales en España:

Tabla 3. Coste de la electricidad por kWh en España de 2023

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0,22€	0,19€	0,19€	0,17€	0,15€	0,16€	0,15€	0,18€	0,17€	0,22€	0,16€	0,17€

7.2 Ahorro anual

Es relevante para este proyecto llevar a cabo un análisis a lo largo del año de los patrones de luz solar que incidiría en el lugar para evaluar la producción de potencia que generaría nuestra instalación.

La siguiente tabla presenta la estimación de la potencia mensual generada por paneles solares de 550 kW, que influirá en el sitio de instalación, información proporcionada por la herramienta PVGIS.

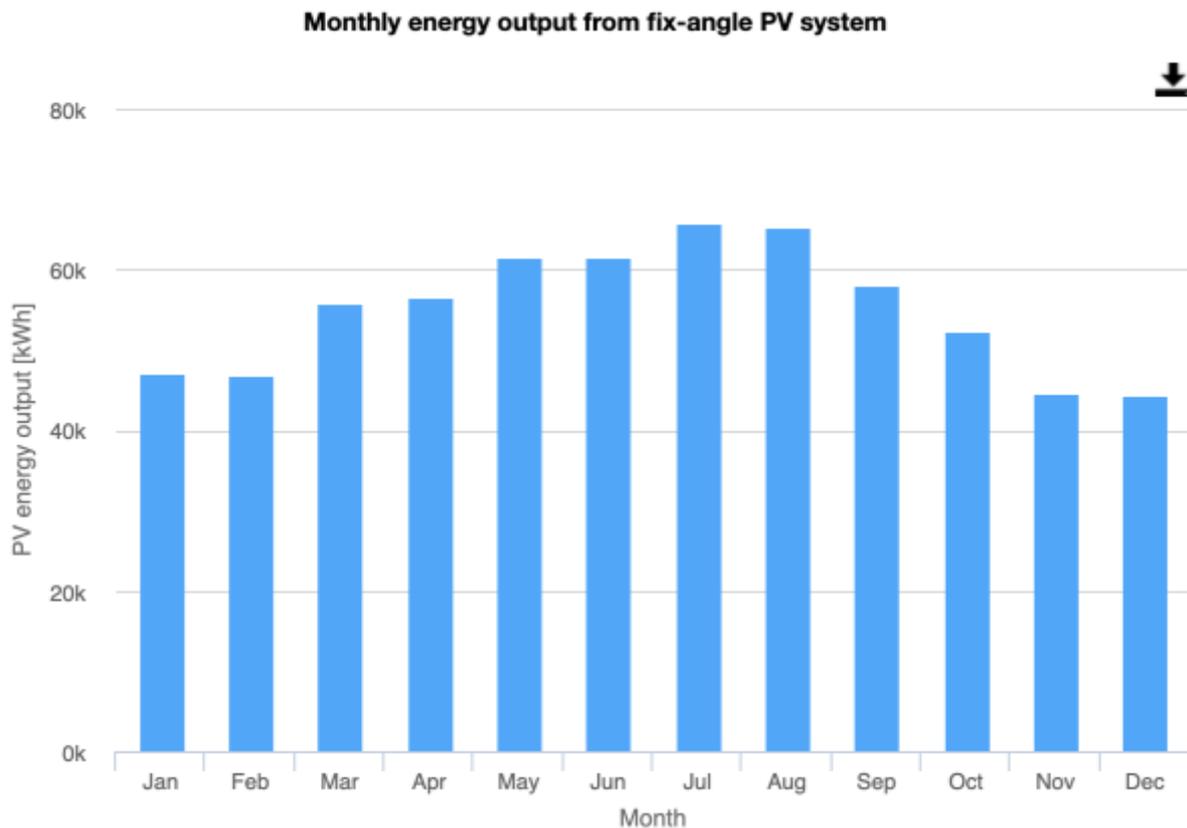


Figura 29. Producción de potencia generada por la instalación mensualmente

De la cual extraemos los siguientes datos totales:

MES	POTENCIA GENERADA (kWh)	PRECIO ELECTRICIDAD (€/kWh)	BENEFICIO (€)
ENERO	46.999,52 kWh	0,22 €	10.339,89 €
FEBRERO	46.883,44 kWh	0,19 €	8.907,85 €
MARZO	55.797,31 kWh	0,19 €	10.601,49 €
ABRIL	56.550,48 kWh	0,17 €	9.613,58 €
MAYO	61.561,62 kWh	0,15 €	9.234,24 €
JUNIO	61.549,34 kWh	0,16 €	9.847,89 €
JULIO	65.754,75 kWh	0,15 €	9.863,21 €
AGOSTO	65.225,21 kWh	0,18 €	11.740,54 €
SEPTIEMBRE	58.130,02 kWh	0,17 €	9.882,10 €
OCTUBRE	52.396,98 kWh	0,22 €	11.527,34 €
NOVIEMBRE	44.621,33 kWh	0,16 €	7.139,41 €
DICIEMBRE	44.243,72 kWh	0,17 €	7.521,43 €
TOTAL ANUAL	659.713,72 kWh		116.218,99 €

Como analizaremos en detalle en la próxima sección, esta instalación representa una inversión rentable desde varios puntos de vista. En términos financieros, se estima que la recuperación del capital invertido podrá lograrse en un período corto, 6 años. Esto significa que, en un plazo relativamente breve, la instalación comenzará a generar beneficios netos.

Por otra parte, al evaluar la proyección a largo plazo, el Valor Actual Neto (VAN) resulta ser extremadamente positivo. Este indicador no solo refuerza la viabilidad económica del proyecto, sino que también subraya su capacidad para generar ingresos sostenibles y significativos durante todo su ciclo de vida operativo. En conjunto, estos factores confirman que la instalación es una opción sólida y estratégica desde el punto de vista financiero y energético.



Figura 30. Gráfico representativo de la potencia generada a lo largo del año



Figura 31. Gráfico ahorro anual generado

7.3 Análisis de la inversión

Aunque el ahorro estimado en el apartado anterior es significativo, es fundamental contrastarlo con el coste total de la inversión necesaria para implementar la instalación, así como con los gastos asociados a su mantenimiento. Este tipo de instalación tiene una vida útil proyectada de 25 a 30 años, por lo que resulta imprescindible analizar los flujos de caja previstos durante ese periodo para evaluar la inversión de manera objetiva.

Sin un análisis detallado de estos flujos, existe el riesgo de que el cliente, no aprecie adecuadamente el valor de la inversión. Aunque los ahorros en costos operativos sean elevados, podrían considerar que el capital requerido para la instalación tendría un mejor uso en otros proyectos durante ese tiempo.

Por esta razón, se ha planteado una estrategia de amortización en un plazo de 10 años, sin destinar el 100 % del ahorro en la factura eléctrica exclusivamente a la amortización del equipo. Este enfoque permite que el cliente disponga de parte de su capital para obtener rentabilidad a través de otras oportunidades, evitando así comprometer demasiado sus recursos en un solo ejercicio para lograr una amortización rápida.

Para evaluar la viabilidad económica de esta inversión, se realizará un análisis del Valor Actual Neto (VAN) y de la Tasa Interna de Retorno (TIR), aplicando una tasa de descuento del 10 % y considerando un 21 % de tasa impositiva.

AÑO	FACTURACIÓN (€)	MANTENIM IENTO (€)	SERVICIOS AUXILIARES (€)	AMORTIZACI ÓN ANUAL (€)	TOTAL, GASTOS (€)	BAI (€)	BDI (€)	FONDOS GENERADOS (€)
0	-	-		-	-	-		-205.140,99 €
1	116.218,99	5.000	65000	20.514,1	90.514	25.705	20.307	40.821
2	115.056,8	5.000	65000	20.514,1	90.514	24.543	19.389	39.903
3	113.906,23	5.000	65000	20.514,1	90.514	23.392	18.480	38.994
4	112.767,17	5.000	65000	20.514,1	90.514	22.253	17.580	38.094
5	111.639,49	5.000	65000	20.514,1	90.514	21.125	16.689	37.203
6	110.523,10	5.000	65000	20.514,1	90.514	20.009	15.807	36.321
7	109.417,87	5.000	65000	20.514,1	90.514	18.904	14.934	35.448
8	108.323,69	5.000	65000	20.514,1	90.514	17.810	14.070	34.584
9	107.240,45	5.000	65000	20.514,1	90.514	16.726	13.214	33.728
10	106.168,05	5.000	65000	20.514,1	90.514	15.654	12.367	32.881
11	105.106,37	5.000	65000	0	70.000	35.106	27.734	27.734
12	104.055,31	5.000	65000	0	70.000	34.055	26.904	26.904
13	103.014,75	5000	65000	0	70.000	33.015	26.082	26.082

AÑO	FACTURACIÓN (€)	MANTENIM IENTO (€)	SERVICIOS AUXILIARES (€)	AMORTIZACI ÓN ANUAL (€)	TOTAL, GASTOS (€)	BAI (€)	BDI (€)	FONDOS GENERADOS (€)
14	101.984,61	5000	65000	0	70.000	31.985	25.268	25.268
15	100.964,76	5000	65000	0	70.000	30.965	24.462	24.462
16	99.955,11	5000	65000	0	70.000	29.955	23.665	23.665
17	98.955,56	5000	65000	0	70.000	28.956	22.875	22.875
18	97.966,01	5000	65000	0	70.000	27.966	22.093	22.093
19	96.986,34	5000	65000	0	70.000	26.986	21.319	21.319
20	96.016,48	5000	65000	0	70.000	26.016	20.553	20.553
21	95.056,31	5000	65000	0	70.000	25.056	19.794	19.794
22	94.105,75	5000	65000	0	70.000	24.106	19.044	19.044
23	93.164,69	5000	65000	0	70.000	23.165	18.300	18.300
24	92.233,05	5000	65000	0	70.000	22.233	17.564	17.564
25	91.310,72	5000	65000	0	70.000	21.311	16.835	16.835
VAN					495.327 €			
TIR					16,48 %			

Para este balance, hemos estimado un gasto de servicios auxiliares de 65.000 euros mensuales. Hemos supuesto también que el rendimiento de los paneles decaería un 1% anual, esta disminución de rendimiento es aplicada de manera conservadora, considerando valores altos dentro del rango habitual, que suele oscilar entre un 0,5 % y un 1 %.

El tiempo estimado de recuperación de la inversión es de aproximadamente 6 años, lo cual se encuentra dentro del rango promedio para este tipo de instalaciones.

Los parámetros de VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) son fundamentales para analizar adecuadamente un proyecto. Una vez calculados, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- El VAN es positivo, lo que indica que el proyecto genera una rentabilidad superior a la mínima requerida, especialmente considerando el bajo riesgo asociado a este tipo de iniciativas.
- La TIR supera la tasa de descuento aplicada, lo que refleja una rentabilidad atractiva sobre el capital invertido.

Con base en estas conclusiones, desde un enfoque económico, consideramos que el proyecto es recomendable debido a su sólida rentabilidad.

8 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

8.1 Objeto del estudio de seguridad y salud

EL propósito de este Estudio de Seguridad y Salud es proporcionar una base para que las empresas contratistas y cualquier otra entidad involucrada en la ejecución de las obras contempladas en el proyecto puedan llevarlas a cabo garantizando condiciones óptimas de protección para la salud, la seguridad y la vida de los trabajadores. De esta forma, se asegura el cumplimiento del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, que regula las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, así como del resto de normativas complementarias y aplicables al caso.

8.2 Datos del proyecto

8.2.1 Emplazamiento

Polígono 25 Parcela 29
LAS MERINAS. CARMONA (SEVILLA)

Nº referencia del catastro: 41024A025000290000KO

8.2.2 Titular

Nº	Nombre	C.I.F.	Potencia pico (kWp)	Potencia Nominal (kW)
1	Pedro José Gutiérrez Callejón	77850531Q	400	320

8.2.3 Autor del Proyecto

El autor de este proyecto es Pedro José Gutiérrez Callejón.

8.2.4 Presupuesto total del Proyecto

205.140,99 €

8.2.5 Plazo de ejecución

Se calcula que la duración prevista para la ejecución de esta obra es de 3 meses.

8.3 Estudio de Seguridad y Salud

Conforme al R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, que regula las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, la instalación proyectada requiere un estudio completo de Seguridad y Salud, tal como establece su artículo 4 sobre la "Obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras", debido a los siguientes motivos:

1. El presupuesto de ejecución por contrata supera el límite establecido.
2. La duración estimada de la obra excederá los 30 días laborables, con más de 20 trabajadores presentes simultáneamente.
3. El volumen total de mano de obra estimada será superior a 500 jornadas.
4. La obra no incluye actividades como túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

No obstante, se optará por la realización de un estudio básico de seguridad y salud.

8.3.1 Introducción y objeto del presente estudio

El objetivo principal de este estudio es establecer las medidas necesarias para prevenir riesgos de accidentes, enfermedades temporales y cualquier daño asociado a los trabajos de reparación y mantenimiento. Además, busca garantizar que las instalaciones mantengan condiciones de higiene adecuadas, promoviendo así el bienestar de los trabajadores.

De acuerdo con la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, su propósito es definir un conjunto básico de garantías y responsabilidades para asegurar un nivel adecuado de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su actividad laboral.

Esta ley establece un marco legal que sirve como base para que las normativas reglamentarias concreten y desarrollen los aspectos técnicos relacionados con las medidas preventivas.

Las normativas complementarias se resumen en los siguientes puntos:

- Requisitos mínimos sobre señalización de seguridad y salud en el lugar de trabajo.
- Condiciones mínimas de seguridad y salud para el uso de equipos de trabajo por parte de los empleados.
- Normas sobre el uso de equipos de protección individual y sus complementos necesarios.
- Requisitos mínimos de seguridad relacionados con la formación básica para personal auxiliar.

8.3.2 Derechos y obligaciones

8.3.2.1 Derecho a la protección frente a los riesgos laborales

Los empleados tienen derecho a recibir una protección efectiva en lo relacionado con la seguridad y salud en el ámbito laboral. Por este motivo, el empresario debe implementar todas las medidas necesarias para garantizar dicha protección, de acuerdo con las disposiciones específicas establecidas en los artículos correspondientes. Estas medidas incluyen la evaluación de riesgos, la difusión de información, la consulta y participación de los trabajadores, así como su capacitación y las acciones a tomar ante situaciones de emergencia o riesgos graves.

8.3.2.2 Evaluación de los riesgos

La planificación de la acción preventiva en la empresa será responsabilidad del empresario, quien deberá llevarla a cabo a partir de una evaluación inicial de los riesgos que puedan afectar la seguridad y salud de los trabajadores. Esta evaluación se realizará considerando la naturaleza de las actividades y prestando especial atención a aquellos trabajadores expuestos a riesgos específicos. Además, será necesaria en situaciones como la selección de equipos de trabajo, sustancias químicas o durante el acondicionamiento de los espacios laborales.

Las causas de los riesgos pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- Falta de formación adecuada en personal directivo, responsables de equipos y trabajadores.
- Uso de maquinaria y equipos en tareas para las que no están diseñados.
- Descuidos en el mantenimiento y manejo de las máquinas e instalaciones, junto con un control insuficiente de las zonas de trabajo.
- Insuficiente instrucción del personal en medidas de seguridad.

Respecto a los riesgos asociados al uso de máquinas y herramientas, se destacan los siguientes:

- Poner en marcha una máquina sin conocer su funcionamiento puede ocasionar accidentes o daños.
- La lubricación inadecuada genera un desgaste prematuro, por lo que los puntos de engrase manual deben ser revisados periódicamente.
- Puede haber peligros si las palancas de la máquina no están colocadas correctamente.
- Si las guías de las máquinas se desgastan, la precisión del trabajo puede disminuir, por lo que deben protegerse de la acumulación de virutas.
- Los riesgos mecánicos suelen estar vinculados a los movimientos de las distintas partes de la máquina, lo que puede provocar:
 - Contacto del operario con piezas en movimiento o atrapamiento entre estas y estructuras fijas.
 - Golpes o arrastre por componentes en movimiento.
 - Impactos debido a piezas o materiales proyectados por la máquina.

Asimismo, existen riesgos no mecánicos relacionados con el uso de energía eléctrica, productos químicos, ruido, vibraciones, radiaciones, ahogamientos, entre otros.

8.3.2.3 Principios de la acción preventiva

El empresario implementará las medidas preventivas necesarias siguiendo los siguientes principios fundamentales:

- Eliminar los riesgos cuando sea posible.
- Evaluar los riesgos que no se puedan eliminar.
- Abordar los riesgos desde su origen.
- Adaptar el trabajo a las personas, especialmente en lo que se refiere al diseño de los puestos, la organización laboral, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y el impacto de los factores ambientales.
- Priorizar las medidas de protección colectiva sobre las individuales.
- Proporcionar a los trabajadores las instrucciones adecuadas para su seguridad.
- Tomar las medidas necesarias para asegurar que únicamente los trabajadores que hayan recibido la información adecuada y suficiente puedan acceder a las áreas con riesgos graves o específicos.
- Anticipar posibles distracciones o imprudencias, siempre que no sean temerarias, que los trabajadores pudieran cometer.

8.3.2.4 Equipos de trabajo

Cuando el uso de un equipo de trabajo implique un riesgo específico para la seguridad y salud de los empleados, el empresario tomará las medidas necesarias para garantizar que:

- El uso del equipo esté reservado únicamente a los trabajadores designados y capacitados para ello.
- Las tareas de reparación, modificación, mantenimiento o conservación sean realizadas por empleados específicamente formados para esos trabajos.

Además, el empresario deberá proporcionar a los trabajadores los equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y asegurarse de que se utilicen correctamente. También debe garantizar que todos los involucrados reciban la formación necesaria en primeros auxilios.

8.3.2.5 Información, consulta y participación de los trabajadores

El empresario adoptará las medidas adecuadas para asegurarse de que los trabajadores reciban toda la información necesaria sobre:

- Los riesgos para la seguridad y salud en su lugar de trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención relacionadas con esos riesgos.
- Los cursos de primeros auxilios disponibles.

Además, los trabajadores tienen el derecho de presentar propuestas al empresario y a los órganos competentes en esta área, con el fin de mejorar los niveles de protección de la seguridad y salud en los lugares de trabajo. Estas propuestas pueden referirse a la señalización en los lugares de trabajo, al uso de los equipos de trabajo y a la utilización de los equipos de protección individual.

8.3.2.6 Formación de los trabajadores

El empresario deberá asegurarse de que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en cuanto a prevención de riesgos.

8.3.2.7 Riesgo grave e inminente

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente en el desempeño de su trabajo, el empresario deberá:

- Informar lo más pronto posible a todos los trabajadores afectados sobre la existencia del riesgo y las medidas de protección adoptadas.
- Proporcionar las instrucciones necesarias para que, en caso de un peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan detener su actividad y estar preparados para tomar las medidas necesarias para prevenir las consecuencias de dicho peligro.

8.3.2.8 Medidas de emergencia

El empresario, considerando el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y tomar las medidas necesarias en cuanto a primeros auxilios y evacuación de los trabajadores. Además, deberá designar al personal encargado de implementar estas medidas y verificar periódicamente que se estén llevando a cabo correctamente.

8.3.2.9 Documentación

El empresario deberá elaborar y mantener disponible para la autoridad competente en materia laboral la siguiente documentación:

- La evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, así como la planificación de las acciones preventivas.
- Las medidas de protección y prevención que se adoptarán.
- Los resultados de los controles periódicos sobre las condiciones de trabajo.
- Los registros de los controles sobre el estado de salud de los trabajadores.
- Un listado de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan provocado una incapacidad laboral superior a un día.

8.3.2.10 Formación de los trabajadores

El empresario deberá asegurarse de que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, adecuada y suficiente, en materia de prevención de riesgos.

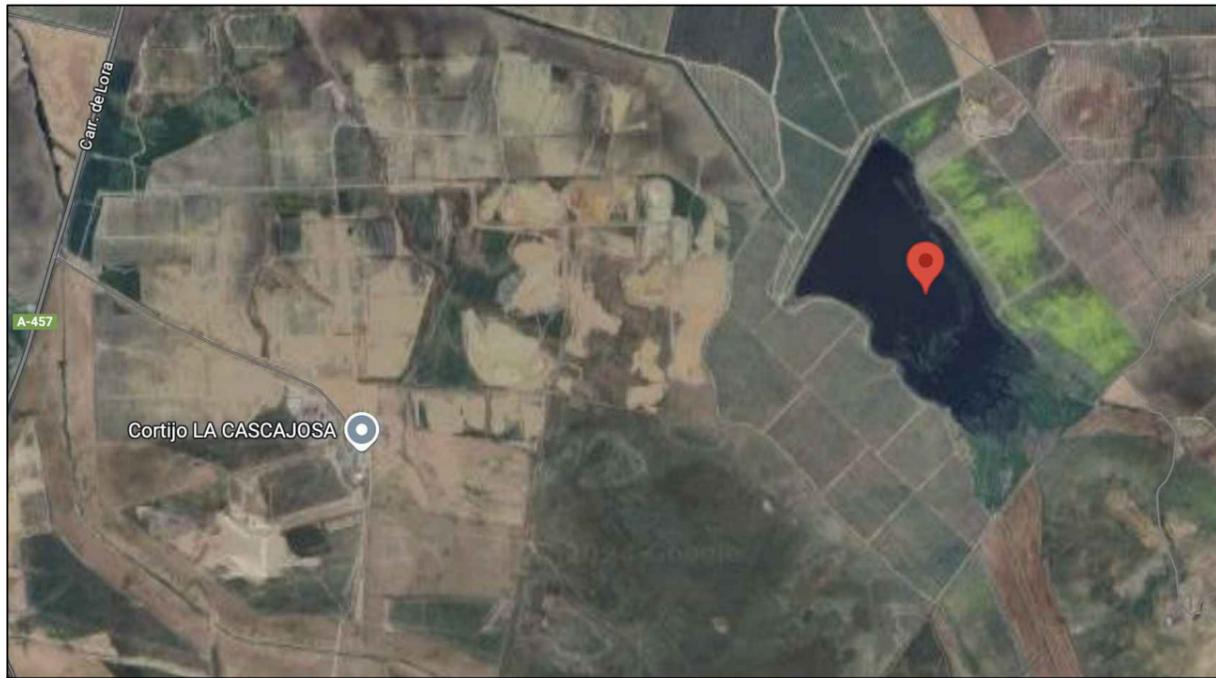
8.3.3 Identificación de riesgo y prevención

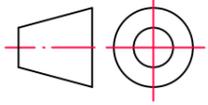
Riesgos más frecuentes	Medidas Preventivas	Protecciones individuales
Caídas de operarios al agua	Más de un trabajador a la vez	Pequeño flotador incorporado al uniforme
Caídas de operarios al agua	Curso primeros auxilios obligatorios para todo el personal	Ropa y calzado adecuado, y herramientas guardadas en maletines aparte
Caídas de objetos sobre operarios	Limpieza de bolos y viseras	Botas o calzado de seguridad (para usarse fuera de la estructura flotante).
Choques o golpes contra objetos	Distancia de seguridad	Guantes de lona y piel
Atrapamientos y aplastamientos por partes móviles de maquinaria	Separación tránsito de vehículos y operarios	Guantes impermeables
Lesiones y/o cortes en manos y pies	No permanecer en el radio de acción de máquinas	Gafas de seguridad, guantes y calzado adecuado
Sobreesfuerzos	Avisadores ópticos y acústicos de maquinaria	Protectores auditivos
Ruido y contaminación acústica	Protección de las partes móviles de la maquinaria	Cinturón de seguridad
Cuerpos extraños en los ojos		Gafas de seguridad
Contactos eléctricos directos e indirectos		Guantes de seguridad

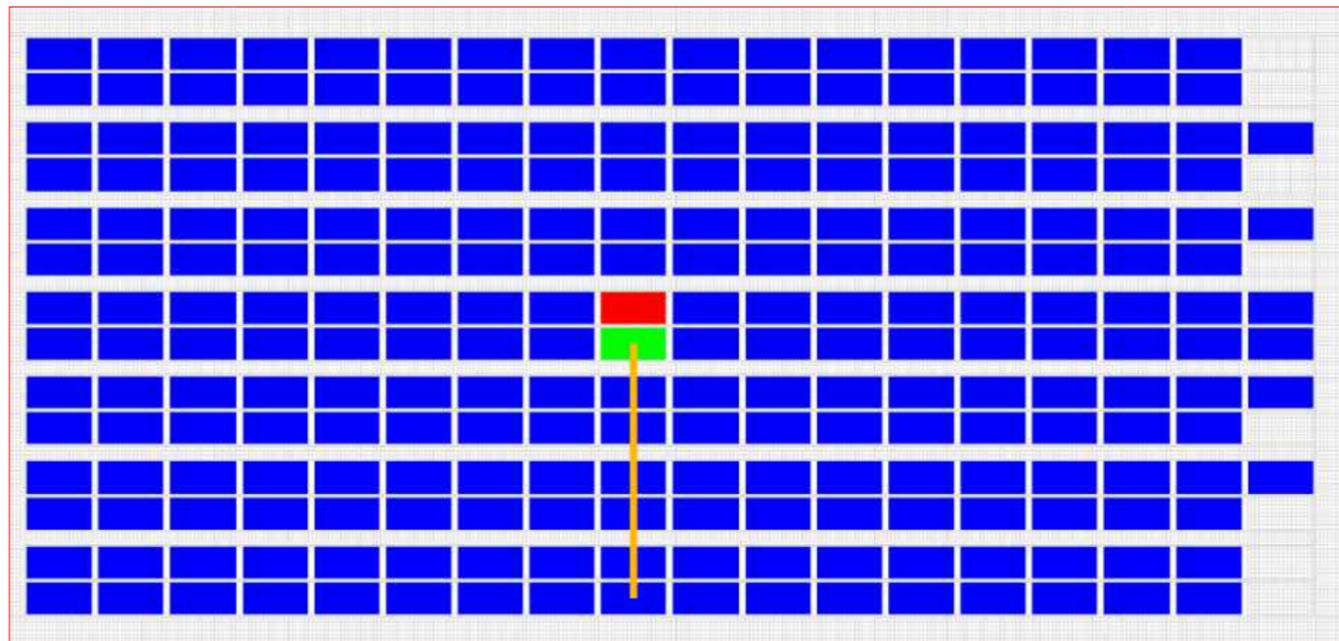
9 PLANOS

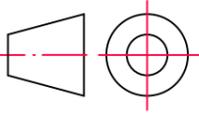
ÍNDICE

- Plano 1: Ubicación
- Plano 2: Diseño de la planta
- Plano 3: Esquema Unifilar
- Plano 4: Plataforma



	DEPARTAMENTO Fotovoltaica		
	CODIGO PROYECTO		
Diseño de una instalacion fotovoltaica flotante de 400 kW UBICACION			
	NOMBRE	FECHA	FILE N°
DISEÑADO	Pedro Jose Gutierrez Callejon	02/01/25	N° PLANO 1000-1
CONTROLADO			ESCALA
APROBADO			FORMATO A3



 <p>Escuela Técnica Superior de INGENIERÍA DE SEVILLA</p>	DEPARTAMENTO			
	Fotovoltaica			
	CODIGO PROYECTO			
Diseño de una instalacion fotovoltaica flotante de 400 kW Diseño planta				
	NOMBRE	FECHA	FILE N°	
DISEÑADO	Pedro Jose Gutierrez Callejon	02/01/25	N° PLANO	2000-1
CONTROLADO			ESCALA	FORMATO
APROBADO				A3



Flotadores plataforma



Paneles montados en flotadores

Ejecucion de la obra



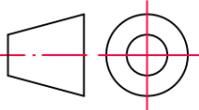
Anclaje exterior flotador



Anclaje interior flotadores



Instalacion finalizada

 <p>Escuela Técnica Superior de INGENIERÍA DE SEVILLA</p>	DEPARTAMENTO	Fotovoltaica	
	CODIGO PROYECTO		
Diseño de una instalacion fotovoltaica flotante de 400 kW Plataformas			
DISEÑADO	NOMBRE	FECHA	FILE N°
CONTROLADO	Pedro Jose Gutierrez Callejon	02/01/25	N° PLANO 4000-1
APROBADO			ESCALA
			FORMATO A3

REFERENCIAS

- [1] Enchufe solar, «Plantas solares flotantes la alternativa al suelo tradicional» , 2021
[En línea], Available: <https://enchufesolar.com/blog/plantas-solares-flotantes/>
- [2] Inycom energy, «Placas solares flotantes. ¿Qué son y cuales son sus ventajas?»
[En línea], Available: <https://inycomenergy.com/>
- [3] Futuro eléctrico, «Fotovoltaica flotante I Qué es y porqué supone el futuro de las plantas solares»
[En línea], Available: <https://futuroelectrico.com/fotovoltaica-flotante/>
- [4] sotysolar, «Cómo funciona una instalación fotovoltaica»
[En línea]. Available: <https://sotysolar.es/blog/>
- [5] Insolac renovables, «Entendimiento del efecto fotovoltaico: de fotones a corriente eléctrica»
[En línea]. Available: <https://insolacrenovables.com/el-efecto-fotovoltaico/>
- [6] E4e, «Células fotovoltaicas: qué son, tipos, materiales y procesos de fabricación»
[En línea]. Available: <https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/>
- [7] Basen Green, «Animación de como funciona una célula fotovoltaica»
[En línea]. Available: <https://www.basengreen.com/es/how-do-photovoltaic-cells-work-animation/>
- [8] Sofamel, «Plantas fotovoltaicas flotantes»
[En línea]. Available: <https://sofamel.com/es/b/actualidad/noticias-y-actualidad/>
- [9] Acciona, «Flotante Sierra Brava»
[En línea]. Available: <https://sofamel.com/es/b/actualidad/noticias-y-actualidad/>
- [10] 50 Sando, «Instalación solar fotovoltaica, comunidad de regantes de Ándevalo Pedro Arco»
[En línea]. Available: <https://www.sando.com/proyectos/instalacion-solar-fotovoltaica-comunidad-de-regantes-andevalo-pedro-arco>

- [11] Vialterra, «Mayor planta solar fotovoltaica flotante para autoconsumo de Andalucía»
[En línea]. Available: <https://vialterra.com/castillo-de-canena-planta-solar-fotovoltaica-flotante/>
- [12] Canal de Isabel II, «Así es la planta solar de Torrelaguna»
[En línea]. Available: <https://www.canaldeisabelsegunda.es/-/planta-fotovoltaica-flotante-de-torrelaguna>
- [13] San Jose Constructora, «Ingeniería y construcción industrial»
[En línea]. Available: https://constructorasanjose.com/p_bombeo-solar-flotante-sobre-balsa-y-dos-bombas-subterranas-para-el-autoconsumo-de-la-comunidad-de-regantes-de-lliria-valencia_402
- [14] J.A. Rodriguez Vazquez, Trabajo de fin de Grado: Instalación fotovoltaica sobre balsas, Universidad de Sevilla, Departamento de Ingeniería de la construcción y proyectos de ingeniería, 2023.
- [15] Asaja Jaen, «Investigación sobre los sistemas fotovoltaicos flotantes en balsas de riego» 2022.
[En línea]. Available: <https://www.asajajaen.com/actualidad/>
- [16] EDP, «La necesidad y la oportunidad de la fotovoltaica flotante en Europa»
[En línea]. Available: <https://www.edpenergia.es/es/blog/energia-fotovoltaica/fotovoltaica-flotante/>
- [17] Cambio climático, «¿Como funcionan las placas solares?»
[En línea]. Available: <https://www.cambioenergetico.com/blog/como-funcionan-placas-solares/>
- [18] Isifloating, «Solar Flotante by Isigener»
[En línea]. Available: <https://www.isifloating.com/>
- [19] Sea block, «Plataformas fotovoltaicas flotantes para balsas-embalses de riego»
[En línea]. Available: <https://www.seablock.online/plataformas-fotovoltaicas-flotantes/>
- [20] Ocean Sun, «A bald solution to our global energy needs»
[En línea]. Available: <https://oceansun.no/>
- [21] Enel, «Módulo fotovoltaico»
[En línea]. Available: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar/modulo-fotovoltaico>

[22] NGR Island, «Sistemas fotovoltaicos flotantes»

[En línea]. Available: https://www.fotovoltaicogalleggiante.com/EN/flotante_fotovoltaica.html

[23] ABC, «La energía fotovoltaica flotante comienza a asomar la cabeza»

[En línea]. Available: https://www.abc.es/economia/abci-energia-fotovoltaica-flotante-comienza-asomar-cabeza-202111010206_noticia.html

- ANEXO A: Ficha técnica del panel fotovoltaico. Obtenido en noviembre 2024 en: <https://atersa.shop/panel-solar-550w-a-550m-atersa-gs-144-medias-celulas/>

A-550M GS

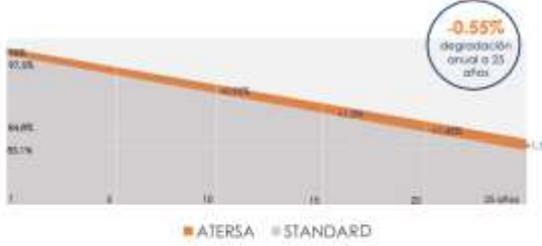
Mono PERC 144 Medias células
520-550 Wp



Marca España

-  Alta **eficiencia** de **21.3%**
-  Excelente **rendimiento** con baja irradiancia
-  Alta **resistencia** PID
-  Doble control de **calidad**
-  Mayor **potencia** a 25 años

GARANTÍA LINEAL DE RENDIMIENTO



Años	ATERSA (%)	STANDARD (%)
0	93.8	93.8
5	91.5	91.5
10	89.2	89.2
15	86.9	86.9
20	84.6	84.6
25	82.3	82.3

-  Garantía de producto **ATERSA-España**
-  Garantía lineal de **rendimiento**

CE       

www.atersa.com

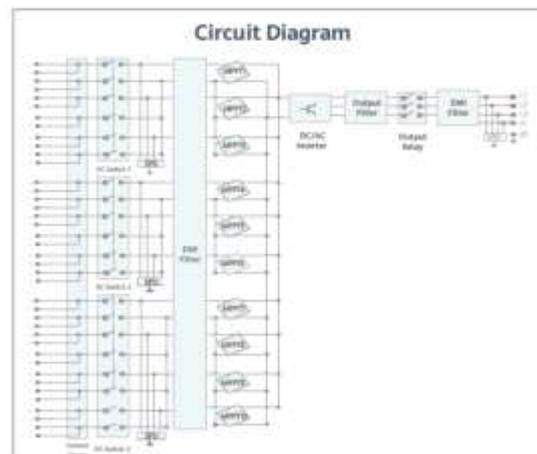
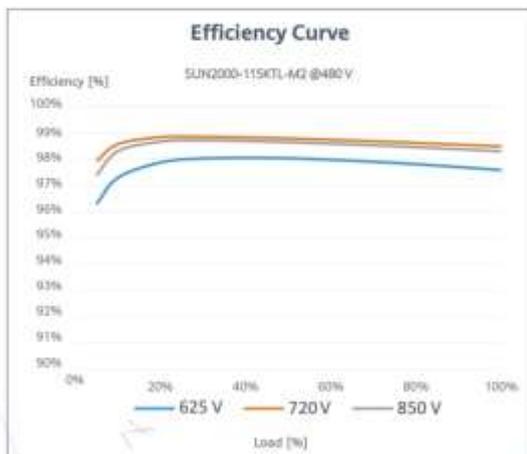


- ANEXO B: Ficha técnica del inversor escogido. Obtenido en noviembre de 2024:
<https://solarshop.baywa-re.es/Huawei-SUN2000-115KTL-M2-H4-32-114726>

SUN2000-115KTL-M2
Smart PV Controller



- 10 MPP Trackers
- 98.8% (@480V) Max. Efficiency
- String-level Management
- Smart I-V Curve Diagnosis Supported
- MBUS Supported
- Support Smart String Level Disconnecter
- Surge Arresters for DC & AC
- IP66 Protection

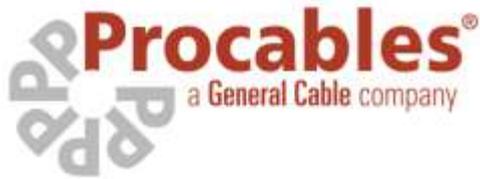


SUN2000-115KTL-M2
Technical Specification

Technical Specification		SUN2000-115KTL-M2
Efficiency		
Max. efficiency		98.6% @400 V, 98.8% @480 V
European efficiency		98.4% @400 V, 98.6% @480 V
Input		
Max. Input Voltage ¹		1,100 V
Max. Current per MPPT		30 A
Max. Current per Input		20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT		40 A
Start Voltage		200 V
MPPT Operating Voltage Range ²		200 V – 1,000 V
Nominal Input Voltage		600 V @400 Vac, 720 V @480 Vac
Number of MPP trackers		10
Max. input number per MPP tracker		2
Output		
Nominal AC Active Power		115,000 W
Max. AC Apparent Power		125,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)		125,000 W
Nominal Output Voltage		400 V / 480 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency		50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current		156.0 A @400 V, 138.4 A @480 V
Max. Output Current		182.3 A @400 V, 151.9 A @480 V
Adjustable Power Factor Range		0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion		< 3%
Protection		
Input-side Disconnection Device		Yes
Anti-islanding Protection		Yes
AC Overcurrent Protection		Yes
DC Reverse-polarity Protection		Yes
PV-array String Fault Monitoring		Yes
DC Surge Arrester		Type II
AC Surge Arrester		Type II
DC Insulation Resistance Detection		Yes
Residual Current Monitoring Unit		Yes
Smart String Level Disconnecter		Yes
Communication		
Display		LED indicators, WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485		Yes
USB		Yes
Smart Dongle-4G		4G / 3G / 2G via Smart Dongle - 4G (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)		Yes (Isolation transformer required)
General Data		
Dimensions (W x H x D)		1,035 x 700 x 365 mm
Weight (with mounting plate)		93 kg
Operating Temperature Range		-25°C – 60°C
Cooling Method		Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude		4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity		0 – 100%
DC Connector		Staubli MC4
AC Connector		Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree		IP66
Topology		Transformerless
Nighttime Power Consumption		< 3.5 W
Standard Compliance (more available upon request)		
Certificate		EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards		VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

¹ The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
² Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter tripping operation.

- ANEXO C: Ficha técnica del cable de CC escogido. Obtenido en noviembre de 2024:
<https://ineldec.com/wp-content/uploads/2021/01/Cable-solar-fotovoltaico-Procables.pdf>



NUEVO
para sistemas
fotovoltaicos

Cables fotovoltaicos

Ahora, nuestro portafolio de productos para energías renovables es más completo



Nuestros Cables Fotovoltaicos han sido diseñados especialmente para las condiciones propias de los sistemas fotovoltaicos.

Son capaces de soportar las extremas condiciones a las que son sometidos en este tipo de espacios (desgarro, luz solar, temperaturas extremas, humedad, aceites y grasas). Además, gracias a su Aislamiento Termoestable y su Cubierta Termoplástica garantiza una vida útil de 30 años.

Son los conductores adecuados para los circuitos de fuente ① y de salida ② en instalaciones solares fotovoltaicas (PV).

Ver gráfico del sistema fotovoltaico en el plegable del cable ExZhelient Solar.



Conozca la construcción de nuestros Cables Fotovoltaicos:

- Conductor en cobre flexible cableado (disponible en calibres desde 4 mm² hasta 16 mm²).
- Aislamiento en polietileno reticulado para 90°C en sitios secos y mojados.
- Chaqueta en polímero termoplástico, apta para 90°C en lugares secos y mojados, y para una tensión de 2 kV AC hasta 6 kV DC.

Nuestros Cables Fotovoltaicos cumplen con estas normas:

- RETIE
- Norma UL 4703 [Photovoltaic Wire]



Cables fotovoltaicos

Calibre	Diámetro exterior	Clase de cableado	Peso	Radio mínimo de curvatura	Resistencia máxima del conductor	Capacidad de corriente (*)
mm ²	mm		kg/km	mm	Ω/km	A
4	7,23	Flexible Clase 5	72	29	4,95	45
6	8,31	Flexible Clase 5	99	33	3,30	58
10	9,26	Flexible Clase 5	143	37	1,91	83
16	10,38	Flexible Clase 5	201	201	1,21	117

(*) Capacidad de corriente permisible para conductores sencillos aislados para 0 a 2000V nominales al aire libre y temperatura ambiente de 30°C. (NTC 2050, Tabla 310-17)

Principales características de nuestros Cables Fotovoltaicos:

- ✓ Recomendables para aplicaciones móviles o fijas.
- ✓ Alta seguridad. Especialmente diseñado para una máxima compatibilidad en la conexión de paneles solares.
- ✓ Extra resistente a la intemperie.
- ✓ Apto para trabajo a muy baja temperatura (-25°C).
- ✓ Excelente resistencia a la abrasión, al desgarro, a los aceites y grasas industriales.



Comparación de pérdidas de energía de los Cables para Paneles Solares entre calibres equivalentes AWG y mm² para la misma corriente transportada

Si se utilizan cables con calibres en AWG a cambio de mm², se incurre en una gran pérdida de eficiencia por cuanto la resistencia de los conductores equivalentes AWG con mm² son mayores en promedio en un 13%, es decir usando calibres en AWG "equivalentes" se incurre en pérdidas por efecto "Joule" del orden de 13% más que usando calibres en mm².

Proyección de pérdidas [AWG Vs. mm²]

Calibre	Resistencia DC a 20°C	Calibre	Resistencia DC a 20°C	Corriente a transportar	Comparación porcentual de pérdidas por efecto Joule R ² , para la misma corriente DC	
AWG	Ωhm/km	mm ²	Ωhm/km	A	AWG	mm ²
14	8.88	2.5	7.98	35	100%	86%
12	5.58	4	4.95	40	100%	84%
10	3.51	6	3.3	55	100%	91%
8	2.23	10	1.91	80	100%	80%
6	1.4	16	1.21	105	100%	81%

Es evidente que los cables en mm², tienen una mejor eficiencia en cuanto a pérdidas [16% menos en promedio] que los equivalentes en AWG, por cuanto la resistencia a la corriente es sustancialmente mayor para estos últimos.



NYCE 17E5-0020-13

Procables S.A.S.

Calle 20 N° 68 B-71 - Bogotá, D.C.
 PBX: +[571] 404 2666
 Fax: +[571] 424 0150 - 405 9208
 mercadeo@generalcable.com.co
 www.procables.com.co



- ANEXO D: Ficha técnica del cable de CA escogido. Obtenido en noviembre de 2024, página 12: <https://ec.prysmian.com/sites/ec.prysmian.com/files/media/documents/>

Cables Superflex® (1000V - 90°C) Multi-conductor



Aplicaciones:

Instalados en circuitos de alimentación y distribución de subestaciones, instalaciones comerciales e industriales. Se distinguen por su flexibilidad y manejabilidad, que facilitan y ahorran tiempo en la instalación. Son adecuados para uso en instalaciones fijas donde, por lo complicado de la instalación, se hace necesaria la utilización de cables flexibles. Puede instalarse sumergido y/o enterrado directamente.

Construcción:

Conductor de cobre flexible con aislamiento interior en XLPE y cubierta exterior en cloruro de polivinilo (PVC). Con conductor neutro, al 100% (como cuarto conductor) o al 50% en cuyo caso está compuesto por 1 ó 3 conductores.

Normas:

IEC 60502-1

Características:

- Libre de plomo.
- Retardante a la llama.
- Reducido radio de curvatura.
- Gran resistencia a la humedad, a la intemperie y a impactos.
- Flexible.

Reglamento:

- RETIE

Con tecnología:



MULTICONDUCTOR - 3 FASES						
Cable	Sección nominal	Diámetro de conductor aprta.	Espesor aislamiento	Diámetro exterior aprta.	Peso total aprta.	Capacidad de corriente*
AWG & THWnd	mm²	mm	mm	mm	kg/km	A
14	2.08	1.8	0.7	9.7	163	25
12	3.31	2.5	0.7	10.8	190	30
10	5.26	2.8	0.7	12	255	40
8	8.37	3.7	0.7	14	375	55
6	13.3	4.7	0.7	16.4	546	75
4	21.2	5.7	0.9	19.6	837	95
2	33.6	7.2	0.9	22.9	1215	130
1/0	53.5	9.1	1	27.6	1923	170
2/0	67.4	10.5	1.1	32.8	2406	195
3/0	85	11.4	1.1	33.5	2870	225
4/0	107	12.9	1.2	37.4	3650	260

MULTICONDUCTOR - 3 FASES + 1 NEUTRO AL 100%						
Cable	Sección nominal	Diámetro de conductor aprta.	Espesor aislamiento	Diámetro exterior aprta.	Peso total aprta.	Capacidad de corriente*
AWG & THWnd	mm²	mm	mm	mm	kg/km	A
14	2.08	1.8	0.7	10.8	170	25
12	3.31	2.5	0.7	11.9	225	30
10	5.26	2.8	0.7	13.1	316	40
8	8.37	3.7	0.7	15.3	467	55
6	13.3	4.7	0.7	17.6	679	75
4	21.2	5.7	0.9	21.6	1042	95
2	33.6	7.2	0.9	25.3	1548	130
1/0	53.5	9.1	1	30.6	2421	170
2/0	67.4	10.5	1.1	34.3	3227	195
3/0	85	11.4	1.1	37.2	3615	225
4/0	107	12.9	1.2	41.6	4603	260

* Capacidad de corriente permitida en conductores aislados para 90°C, no más de tres conductores en canalización o directamente enterrados, en base a una temperatura ambiente de 30°C.

- ANEXO E: Ficha técnica del Inversor de 4 entradas y 2 salidas escogido.

Obtenido en noviembre de 2024, página 9: <https://onccy.com/wp-content/uploads/2023/01/PV-DC-COMBINER-BOX.pdf>

4 INPUT 2 OUTPUT 1000VDC



Product Application

Suitable for PV system, equipped with a surge protector and an isolator, providing isolation, leakage and grounding protection.

DC Surge Arrester

EDPN40-3 / EDPAN40-3

- Max Operation Voltage 1000V
- Standard Compliance with EN50539 Type2 / Type1+2
- Maximum Discharge Current 40 KA
- Certification TUV,CB,CE

DC Fuse

EDFHN-30

- LED Indicator or without LED indicator
- Rated Working Voltage 1000V
- Fuse Link 10x38mm 15A
- Certification TUV,CE

DC Switch Disconnecter

EDS1DB/N

- Rated Insulation Voltage 1000V
- Rated Current 32A
- Certification TUV,CB,SAA,CE



Technical Data

Specification		4-2	Wiring diagram
Input		4 strings	
Output		2 strings	
Max Voltage		1000V	
Max DC Short Circuit Current Per Input		15A(Changeable)	
Max Current Output		32A	
Enclosure		FCDB-EUS	
Material		PC	
Degree of Protection		IP65	
Impacts		IK10	
Dimensions		BX-24: L273*W365*H118mm	
Cable input Entry		PG09 Cable Gland, 2.5-16mm ²	
Output Cable Gland		PG21,2.5-16mm ²	
Environment			
Operating temperature		-20°C- +60°C	
Humidity		99%	
Altitude		2000M	
Installation		Wall Mounting	

- ANEXO F: Ficha técnica del Inversor de 2 entradas y 1 salida escogido. Obtenido en noviembre de 2024, página 14: <https://onccy.com/wp-content/uploads/2023/01/PV-DC-COMBINER-BOX.pdf>



2 INPUT 1 OUTPUT 600VDC / 1000VDC



Product Application

IP65 DC string box is designed for 2 string PV system. For surge protection and current protection at solar DC side.

DC Breaker

EDB1-63

- UL489B design, IEC60947-2 PV&DC standard
- Over-load, short circuit Protection
- Non Polarity for easier wiring

DC Surge Arrester

EDPN40-3 / EDPAN40-3

- Max Operation Voltage 1000V
- Standard Compliance with EN50539 Type2 / Type1+2
- Maximum Discharge Current 40 KA
- Certification TUV, CB, CE



Technical Data

Specification	2-1	Wiring diagram	
Input	2 strings		
Output	1 strings		
Max Voltage	600V		1000V
Rated Current of DC Breaker	25A		25A
Max Current Output	63A		40A
Enclosure	FCOB-EUS		
Material	PC		
Degree of Protection	IP65		
Impacts	IK10		
Dimensions	BX-12: L273*W215*H118mm		
Input Cable Glands	PG09,2.5-16		
Output Cable Gland	PG21,2.5-16		
Environment			
Operating temperature	-20°C - +60°C		
Humidity	99%		
Altitude	2000M		
Installation	Wall Mounting		

- ANEXO G: Ficha técnica del Interruptor Automático escogido. Obtenido en noviembre de 2024: file:///Users/pedrogutierrezcallegon/Downloads/Schneider%20Electric_Nueva-generaci%C3%B3n-ComPacT-NSX_C25V32D250.pdf

Hoja de características del producto

Especificaciones



Interruptor automatico ComPacT NSX250HB1 75kA AC 3P 250A Micrologic 2.2

C25V32D250

Principal

Gama	ComPacT nueva generación
Nombre del producto	Ult. Compact
Nombre abreviado del equipo	NSX250HB1
Tipo de producto o componente	Interruptor automático
Función	Para corrientes > 0,1 A
Número de polos	3P
descripción de polos protegidos	3R
[In] Corriente nominal	250 A en 40 °C
[Ue] Tensión nominal de empleo	690 V CA 50/60 Hz
Tipo de red	CA
Frecuencia de red	50/60 Hz
poder de seccionamiento	Si acorde a Icu
categoría de empleo	Categoría A
[Icu] rated ultimate short-circuit breaking capacity	85 kA Icu en 500 V CA 50/60 Hz acorde a En> 50 A 80 kA Icu en 525 V CA 50/60 Hz acorde a En> 50 A 75 kA Icu en 660/690 V CA 50/60 Hz acorde a En> 50 A
Performance level	HB1 75 kA 690 V CA
unidad de control	Micrologic 2.2
tecnología de unidad de disparo	Electrónico
funciones de protección de unidad de control	LSol
Tipo de control	Maneta
Circuit breaker mounting mode	Fijo

Complementario

[U] Tensión nominal de aislamiento	800 V CA 50/60 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	8 kV
[Ics] rated service short-circuit breaking capacity	85 kA en 500 V CA 50/60 Hz acorde a En> 50 A 80 kA en 525 V CA 50/60 Hz acorde a En> 50 A 75 kA en 660/690 V CA 50/60 Hz acorde a En> 50 A
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	20000 ciclos en 440 V In/2 10000 ciclos en 440 V In 10000 ciclos en 690 V In/2 5000 ciclos en 690 V In

potencia disipada por polo	17,6 W
Soporte de montaje	Placa posterior
posición de montaje	Horizontal y vertical Plano sobre la parte trasera
conexión superior	Frontal
conexión hacia abajo	Parte delantera
Paso de conexión	35 mm
Tipo de protección	L : for protección de sobrecarga (mucho tiempo) Símbolo de enchufe : for protección contra cortocircuitos de corta duración con retardo fijo I : for prot.contra cortocirc.(Inst.)
calibre de la unidad de disparo	250 A en 40 °C
Long-time pick-up adjustment type Ir (thermal protection)	9 regulaciones
[Ir] long-time protection pick-up adjustment range	100...250 A
Long-time protection delay adjustment type Ir	Fijo
[Ir] long-time protection delay adjustment range	400 s en 1.5 x Ir 16 s en 6 x Ir 11 s en 7.2 x Ir
memoria térmica	20 minutos antes y después del disparo
Short-time protection pick-up adjustment type Isd	9 regulaciones
[Isd] Short-time protection pick-up adjustment range	1.5...10 x Ir
Short-time protection delay adjustment type Isd	Fijo
Instantaneous protection pick-up adjustment type Ii	Fijo
[Ii] instantaneous protection pick-up adjustment range	3000 A
protección contra fugas a tierra	Sin
selectividad lógica ZSI	Sin
Number of slots for electrical auxiliaries	5 ranura(s)
señalizaciones en local	Listo para operar, estado 1 LED parpadeante - tipo de cable: verde) Sobrecarga, estado 1 LED 105 % Ir - tipo de cable: rojo) Sobrecarga, estado 1 LED 90 % Ir - tipo de cable: naranja)
Width (W)	105 mm
Height (H)	161 mm
Depth (D)	86 mm
Peso del producto	2,4 kg

Entorno

Normas	Icu
Categoría de sobretensión	Clase II
Clase de protección contra descargas eléctricas	Clase II
Grado de contaminación	3 acorde a IK07
Grado de protección IP	IP40 conforming to IEC 60529
Grado de protección IK	IK07 conforming to IEC 62262
Temperatura ambiente de operación	-25...70 °C

Temperatura ambiente de almacenamiento	-50...85 °C
humedad relativa	0...85 %
altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m sin disminución 2000 m ... 5000 m con restricciones

Unidades de embalaje

Tipo de unidad de paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	11,0 cm
Paquete 1 Ancho	14,0 cm
Paquete 1 Longitud	20,0 cm
Paquete 1 Peso	2,044 kg
Tipo de unidad de paquete 2	S03
Número de unidades en el paquete 2	4
Paquete 2 Altura	30,0 cm
Paquete 2 Ancho	30,0 cm
Paquete 2 Longitud	40,0 cm
Paquete 2 Peso	8,176 kg

Sostenibilidad

La etiqueta **Green Premium™** es el compromiso de Schneider Electric para ofrecer productos con el mejor desempeño ambiental. Green Premium promete cumplir con las regulaciones más recientes, transparencia en cuanto al impacto ambiental, así como productos circulares y de bajo CO₂.

La **guía para evaluar la sostenibilidad de los productos** es un white paper que aclara los estándares globales de etiqueta ecológica y cómo interpretar las declaraciones ambientales.

[Obtenga más información sobre Green Premium >](#)

[Guía para evaluar la sostenibilidad del producto >](#)



[Empaquetado Sostenible](#) [Transparencia](#) [RoHS/REACH](#)

Rendimiento de los recursos

Sustainable Packaging

Rendimiento de la sostenibilidad

Mercury Free

Rohs Exemption Information

Certificaciones y estándares

Reglamento Reach

[Declaración de REACH](#)

Directiva Rohs Ue

Compatible con las excepciones

Normativa De Rohs China

[Declaración RoHS China](#)

Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias

Comunicación Ambiental

[Perfil ambiental del producto](#)

Perfil De Circularidad

[Información de fin de vida útil](#)

