



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

---

# Diseño de instalación fotovoltaica para una embarcación de doce metros de eslora

---

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

*Autor:*

Rubén Morera Romera

*Tutor:*

Carlos Sánchez Díaz

Curso 2018 - 2019

# Resumen

El proyecto que se presenta a continuación consiste en una serie de documentos enfocados en el diseño de una instalación fotovoltaica que acompañe al grupo electrógeno existente, necesario en una embarcación velera de doce metros de eslora, así como los cálculos correspondientes para su instalación y correcto funcionamiento.

La embarcación tomada como referencia es un barco-escuela de la *Marina de Dénia*, por lo que los cálculos tanto de consumos como de ubicación han sido realizados en base al promedio realizado por dicho navío.

La instalación fotovoltaica está dividida en dos partes:

- ♦ Una fija, situada sobre la cubierta del barco, que proporcionará energía cuando la embarcación se sitúe en el puerto o cuando las condiciones climáticas impidan el izado de las velas.
- ♦ Una libre, situada sobre la vela mayor y el foque, que será empleada cuando el barco esté navegando para disminuir el consumo de combustible llegando incluso a reemplazarlo si la meteorología lo permite.

Los documentos realizados a continuación corresponden a una memoria descriptiva que detalla el proceso de diseño e instalación, una evaluación económica que proporciona una valoración aproximada del monto de las diferentes partidas, los planos correspondientes al diseño, así como los cálculos empleados para asegurar la veracidad de cada una de las anteriores partes.

# Resum

El projecte que es presenta a continuació consisteix en una sèrie d'articles enfocats en el disseny d'una instal·lació fotovoltaica que acompanye al grup electrogen existent, necessari en una embarcació velera de dotze metres d'eslora, així com els càlculs corresponents per a l'instal·lació i correcte funcionament.

La embarcació presa com a referència és un vaixell de la *Marina de Dénia*, pel que els càlculs tant de consum com de localització estan fonamentats en base a la mitjana realitzada per dita nau.

L'instal·lació fotovoltaica està dividida en dues parts:

- ♦ Una fixa, ubicada sobre la coberta del vaixell, que proporcionarà energia quan el vaixell estiga situat a port o quan les condicions meteorològiques impedisquen l'hissada de les veles.
- ♦ Una lliure, sobre la vela major i el foc, que s'utilitzarà quan el vaixell estiga navegant per a disminuir el consum de combustible arribant fins i tot a substituir-lo, si la meteorologia ho permet.

Els documents realitzats a continuació corresponen a una memòria descriptiva que detalla el procés de disseny i instal·lació, una avaluació econòmica que proporciona una valoració aproximada de la suma de les diverses partides, els plànols corresponents al disseny, així com els càlculs empleats per a assegurar la veracitat de cadascuna de les anteriors parts.

# Abstract

The presented project consists of a series of documents focused on the design of a photovoltaic installation that accompanies the existing generating set, necessary in a twelve meters long sailing boat, as well as the calculations for its installation and proper functioning.

The vessel taken as reference is a school-ship from *Marina de Dénia*, for what the calculations of its consumption and location have been obtained based on the average realized by the above mentioned ship.

The photovoltaic installation is divided in two parts:

- ◆ One fixed, placed on the cover of the ship, which will provide energy when the vessel is placed at the port or when the climatic conditions prevent to hoisted the mainsail and jib.
- ◆ One free, placed on the mainsail and the jib, which will be used when the ship is sailing to reduce the consumption of petrol even to replace it if the meteorology allows it.

The following documents realized later correspond to a descriptive report that details the process of design and installation, an economic evaluation that provides an approximate value of the amount of the different items, the planes corresponding to the design, as well as the calculations used to assure the veracity of each one of the previous parts.

# Índice

Memoria .....	1
1. Motivación y antecedentes .....	2
2. Objeto del proyecto.....	2
3. Descripción de la embarcación.....	3
3.1. Localización .....	3
3.2. Aspectos generales .....	5
3.3. Consumo energético.....	5
4. Descripción de la instalación fotovoltaica en velas .....	7
4.1. Paneles solares .....	8
4.2. Dimensionado de la instalación.....	10
4.3. Situación de los paneles solares .....	15
4.4. Producción energética .....	25
4.5. Cableado .....	32
5. Descripción de la instalación fotovoltaica en cubierta.....	37
5.1. Paneles solares .....	37
5.2. Situación de los paneles solares .....	37
5.3. Producción energética .....	39
5.4. Cableado .....	44
6. Baterías .....	46
7. Conclusión.....	49
8. Referencias .....	50
Presupuesto.....	51
1. Introducción.....	52
2. Desarrollo .....	52
2.1 Placas solares.....	52
2.2 Componentes Eléctricos .....	53
2.3 Cableado .....	53
2.4 Instalación.....	54
2.5 Mano de Obra.....	54
3. Presupuesto Final .....	55

Pliego de Condiciones .....	56
1. Objeto.....	57
2. Generalidades .....	57
3. Definiciones .....	58
3.1 Magnitudes.....	58
3.2 Instalación fotovoltaica .....	58
4. Diseño.....	59
4.1 Diseño del generador fotovoltaico .....	59
4.2 Dimensionado del sistema .....	59
4.3 Sistema de monitorización .....	60
5. Componentes y materiales .....	60
5.1 Generalidades.....	60
5.2 Generadores fotovoltaicos .....	61
5.3 Reguladores de carga .....	61
5.4 Inversores .....	63
5.5 Cableado .....	63
5.6 Puesta a tierra.....	64
6. Recepción y pruebas .....	65
7. Garantía .....	66
7.1 Ámbito general de la garantía .....	66
7.2 Plazos .....	66
7.3 Condiciones económicas.....	66
7.4 Anulación de la garantía.....	67
7.5 Lugar y tiempo de la prestación .....	67
Planos.....	68
Anexos .....	75

# *Memoria*

## 1. Motivación y antecedentes

El proyecto detallado a continuación cuyo título es “Diseño de instalación fotovoltaica para una embarcación de doce metros de eslora” se enmarca como trabajo final de carrera en el que se deben demostrar los conocimientos académicos adquiridos en una o varias áreas de las especificadas en el plan de estudios correspondiente a la titulación de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, asignada a la facultad de Ingeniería del Diseño de la Universidad Politécnica de Valencia.

Para explicar los motivos que se llevan a cabo en la elección de este proyecto, hay que tener en cuenta que recientes estudios señalan el auge de las energías fotovoltaicas como la fuente principal de energía del futuro y, debido a ello, numerosas investigaciones están relacionadas con esta fuente de energía renovable. También cabe señalar que para la gente ligada al mar y la navegación, los combustibles fósiles suponen un problema debido a la contaminación que generan, tanto acústica como atmosférica.

Por todo ello, con este trabajo se pretende reducir el uso de combustible fósil y su sustitución por una energía limpia que además, permita disfrutar de la navegación sin ningún ruido ajeno a la naturaleza.

## 2. Objeto del proyecto

El objeto del presente trabajo es el diseño de los elementos correspondientes a la instalación fotovoltaica así como el cableado para la transmisión de dicha energía desde las placas solares a los elementos eléctricos y electrónicos de la embarcación.

Con respecto a las células fotovoltaicas empleadas en la vela mayor de la embarcación, se pretende utilizar un nuevo material actualmente en proceso de investigación como es la Perovskita ( $\text{CaTiO}_3$ ) en sustitución del clásico Silicio, debido a sus características físico-químicas, tanto de flexibilidad y ligereza como su alto nivel de rendimiento.

Para aquellas utilizadas en el casco del barco se emplearán células monocristalinas, ya que tienen un ligero grado de flexibilidad que permite su adecuación a la cubierta del buque y están suficientemente desarrolladas como para que resulte un material barato en relación calidad-precio.

### 3. Descripción de la embarcación

Este proyecto ha sido adecuado a las condiciones físicas de una embarcación de 12 metros de eslora. En concreto, las referencias han sido tomadas de un buque de la naviera *Belliure*, en particular el modelo 42.

#### 3.1. Localización

Al tratarse de una instalación fotovoltaica, la ubicación de atraque del buque determinará la producción aproximada de las células fotovoltaicas para cuando la embarcación no tenga las velas desplegadas, mientras que para calcular la producción aproximada de las células fotovoltaicas instaladas en las velas, se ha tenido en cuenta que el barco estará comúnmente alrededor de la zona de atraque. Para ello se ha considerado que:

- ♦ La embarcación se atraca en el puerto deportivo *Marina de Dénia*, en la población alicantina de Dénia, en el pantalán *P*, como se muestra en la figura 1.1, y cuyas coordenadas son:
  - Latitud: 38° 50' 18,951" N
  - Longitud: 0° 7' 12,530" E
- ♦ La zona de navegación de dicha embarcación será de un radio de 12 millas náuticas en torno al puerto deportivo donde atraca, tal y como se ilustra en la figura 1.2.

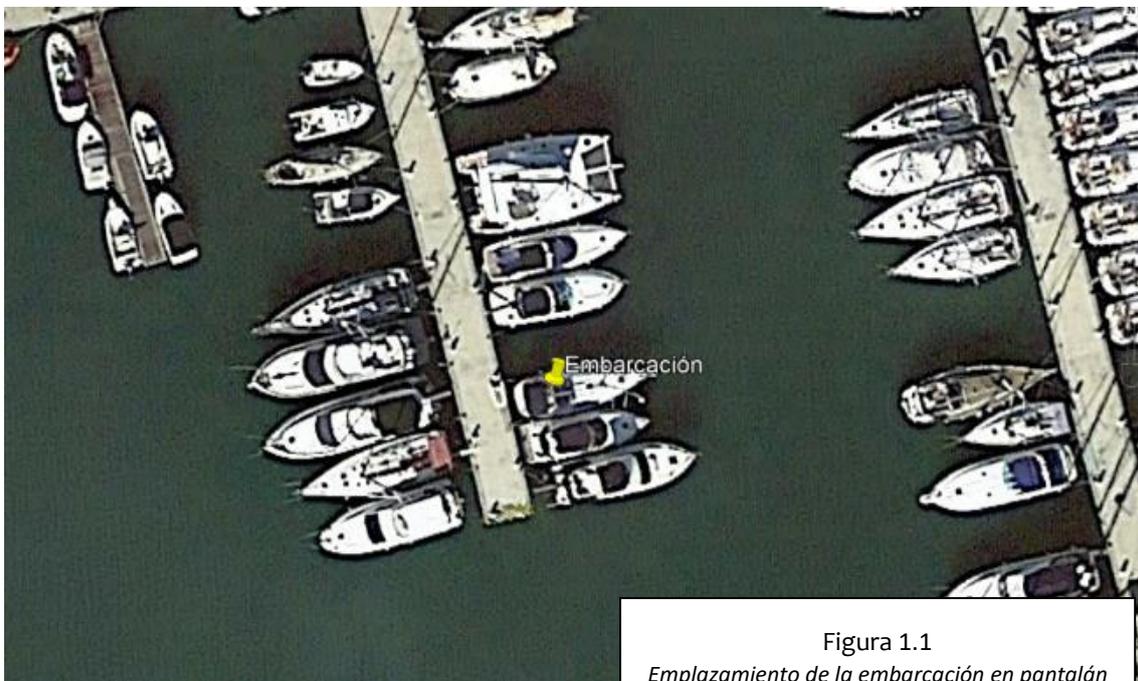


Figura 1.1  
Emplazamiento de la embarcación en pantalán  
- Google Earth -



La figura 1.3, que se muestra a continuación, aclara la posición de la embarcación en el puerto deportivo en el que se sitúa cuando está atracada.



### 3.2. Aspectos generales

La embarcación escogida corresponde a un buque velero de carácter recreativo, que está actualmente siendo empleado como barco-escuela por el *Centro de Formación Marítimo* de Denia, y cuyas dimensiones principales se componen de una eslora de 12,8 metros, una manga máxima de 4 metros y un calado de 1,8 metros. Lo que supone una medida estándar de fabricación para las embarcaciones veleras adoptada por la mayoría de los fabricantes.

Dicho barco contiene un motor diésel *Yanmar* de 55 CV de potencia y dispone de un tanque de combustible de 500 L. Estos datos serán muy relevantes a la hora de realizar los cálculos de consumo energético que produce la embarcación.

Cabe añadir que la dimensión de las velas es de 22,55 m<sup>2</sup> en cuanto a la vela mayor, y de 25,75 m<sup>2</sup> de foque. El tamaño de las velas será el que decida tanto la producción energética del velero como el consumo que pueda realizar la embarcación.

### 3.3. Consumo energético

En primer lugar, como se ha explicado anteriormente, un barco no puede llevar siempre las velas desplegadas ya que en los puertos no está permitido, puesto que ello conllevaría un riesgo tanto para la embarcación como para el resto de navegantes que se sitúen en la zona.

Por ello se ha optado por diferenciar los dos estados principales en los que podemos encontrar cualquier buque velero:

- ♦ En puerto: Cuando el barco se sitúa dentro de un puerto, ya sea entrando a él o saliendo a mar abierto, este deberá llevar una velocidad moderada, indicada en cada puerto. Por norma general y siempre que no se indique lo contrario, esta no será superior a 3 nudos. Tampoco podrá tener las velas desplegadas, ya que esto supondría un riesgo tanto para la propia embarcación como para otros buques que se puedan situar a corta distancia.
- ♦ En travesía: Un barco se encuentra en travesía cuando se sitúa fuera de puerto y a una velocidad constante que le permite mantener el rumbo sin dificultades. Esto supondrá un beneficio a la hora de reducir el gasto energético, ya que la producción de las placas fotovoltaicas compensará el gasto que realice el conjunto de dispositivos y aparatos eléctricos de la embarcación.

Teniendo en cuenta que al tratarse de un barco-escuela, suele realizar salidas de forma constante durante todo el año, se ha calculado que la media diaria que para en travesía es de 4 horas, mientras que está aproximadamente 1 hora en puerto entre el tiempo que tarda en prepararse, la entrada y salida del puerto, y el tiempo que debe permanecer atracado mientras se endulza y se prepara para la siguiente salida.

Antes de realizar los cálculos es necesario recordar que la mayoría de los motores de combustión van acompañados de un *starter* o motor de arranque eléctrico que absorbe la energía de unas baterías que se recargan con el movimiento del motor de combustión.

## EN PUERTO

Estando la embarcación dentro de los límites del puerto hay que considerar el consumo de los siguientes aparatos eléctricos:

<i>Equipos</i>	<i>Potencia máxima (W)</i>	<i>Potencia en espera (W)</i>	<i>Tiempo de uso diario (h)</i>	<i>Tiempo diario en espera (h)</i>	<i>Energía consumida diaria (Wh)</i>	<i>Energía consumida mensual (Wh)</i>
Radio VHF	78	23	0,5	0,7	45	1350
GPS Plotter Sonda	26	-	1	-	26	780
Radar	22	-	1	-	22	660
Nevera	36	-	6	-	216	6.480
Luces de balizamiento	3	-	1	-	3	90
Foco de cubierta	60	-	1	-	60	1800
Iluminación de cabina	40	-	1	-	40	1200
Sistema de agua a presión	200	-	0,2	-	40	1200

Tabla 1.1: Consumo energético en puerto

*Total energía consumida mensual por aparatos = 13.560 Wh*

De esta manera se obtiene el total de energía consumida a lo largo de un mes por los equipos eléctricos disponibles en la embarcación durante su estancia en el puerto.

## EN TRAVESÍA

Cuando la embarcación navega a mar abierto, hay que tener en cuenta el consumo de los siguientes aparatos electrónicos:

<i>Equipos</i>	<i>Potencia máxima (W)</i>	<i>Potencia en espera (W)</i>	<i>Tiempo de uso diario (h)</i>	<i>Tiempo diario en espera (h)</i>	<i>Energía consumida diaria (Wh)</i>	<i>Energía consumida mensual (Wh)</i>
Radio VHF	78	23	3	1	257	7710
GPS Plotter Sonda	26	-	4	-	104	3120
Radar	22	-	4	-	88	2640
Nevera	36	-	4	-	144	4320
Luces de balizamiento	3	-	4	-	12	360
Foco de cubierta	60	-	0,5	-	30	900
Iluminación de cabina	40	-	4	-	160	4800
Sistema de agua a presión	200	-	0,5	-	100	3000

Tabla 1.2: Consumo energético en travesía

*Total energía consumida mensual por aparatos = 26.850 Wh*

De esta manera se obtiene el total de energía consumida a lo largo de un mes por los equipos eléctricos disponibles en la embarcación durante las travesías.

## 4. Descripción de la instalación fotovoltaica en velas

La principal idea de este proyecto trata de instalar células fotovoltaicas en las velas de una embarcación para reducir así el coste energético que supone tener un barco de estas características.

Para ello hay que tener en cuenta que las velas son una parte del barco que tiene una serie de características que no pueden ser modificadas por ningún elemento externo, por lo que la instalación a realizar debe de tener en cuenta las cualidades físicas que tienen las velas para poder adecuarse a ellas.

Así pues, a la hora de colocar una instalación fotovoltaica, hay que tener en cuenta que esta debe ser absolutamente flexible para así poder ser plegada cuando la embarcación deba navegar sin velas. Esta característica la cumplen las células fotovoltaicas de Graetzel o DSSC por sus siglas en inglés *Dye-Sensitized Solar Cell* (célula solar sensibilizada por colorante).

También se debe considerar que el rendimiento de la instalación debería ser suficientemente alto como para poder asumir la mayor parte del consumo producido por la instalación eléctrica y el motor de la embarcación. Esta característica es fundamental ya que las células DSSC no producirían la energía necesaria debido a su bajo rendimiento (en torno al 10% en comercialización).

Por ello se ha optado por escoger las células fotovoltaicas formadas por Perovskita para la realización de este diseño.

Otro dato a tener presente es la humedad que provoca estar en contacto permanente con el agua, lo que supone que los costes de aislamiento de la instalación eléctrica deberán ser superiores por el riesgo que conlleva el contacto del cableado con el medio acuático salino.

Hay que tener presente que la botavara no es una parte desarmable de esta embarcación, cosa que sí puede ocurrir en otras similares, por lo que en este caso no será necesario emplear ningún tipo de enchufe para mantener separado el cableado de la instalación en sí misma.

Por último, la fijación de las placas solares a la vela se realizará mediante costuras, ya que debido al reducido espacio del que se dispone, no es posible fijar las células fotovoltaicas mediante tornillería, y debido a las condiciones de humedad, utilizar pegamento para la sujeción de dichas placas puede resultar tedioso debido al continuo mantenimiento que sería necesario. Y la utilización de costuras permite que en caso de tener que realizar sustituciones o mantenimiento en algún panel en particular, la sustitución del mismo no dañará la propia estructura de la vela ni reducirá sus condiciones en gran medida.



Figura 2.1  
Reparación de vela mediante costuras  
- [fondear.org](http://fondear.org) -

## 4.1. Paneles solares

Como ya ha sido nombrado anteriormente, este proyecto lleva como objetivo principal la colocación de células fotovoltaicas en una superficie plegable como es la vela de un barco y en condiciones extremas de humedad y salinidad debido al medio en el que se sitúa.

Primeramente, para poder decidir qué tipo de célula fotovoltaica se desea instalar, es recomendable realizar un cuadro de comparaciones en el que se expongan las características deseadas.

Dichas características son:

- ◆ **Flexibilidad:** La vela de una embarcación debe de ser una zona plegable debido a que no es posible mantenerla firme ya que esto provocaría que el barco estuviera en movimiento continuamente.
- ◆ **Eficiencia:** Tanto el motor de la embarcación como los aparatos eléctricos tienen un consumo energético que debe ser suplido mayormente por la instalación fotovoltaica, por lo que la eficiencia y el rendimiento energético de las células solares es un factor importante a la hora de decidir el tipo de placa que se colocará.

A su vez, es imprescindible conocer los diferentes tipos de células fotovoltaicas que pueden ser utilizadas. Estas son:

- ◆ **Monocristalinas:** Las células de Silicio monocristalino o células monocristalinas son fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme. Este tipo de paneles se fabrican con bloques de Silicio de forma cilíndrica que posteriormente son recortados por las esquinas para reducir costes y optimizar su rendimiento. Estas células están formadas por un único tipo de cristal de Silicio, es decir, que cuando se ha fabricado el material, se ha controlado que el crecimiento del cristal de Silicio se formara sólo en una dirección, consiguiendo un alineamiento de todos los componentes del cristal (1).
- ◆ **Policristalinas:** A diferencia de los paneles monocristalinos, en este tipo de panel solar el Silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación se enfría y se corta en láminas cuadradas. Estos paneles cuentan con una larga trayectoria en la industria puesto que su fabricación arrancó en la década de los ochenta. Su principal ventaja es el bajo coste de fabricación, mientras que a diferencia de los paneles monocristalinos, tienen menos tolerancia al calor, por lo que su eficiencia es menor que la de los anteriores (17% de máxima).
- ◆ **De capa fina:** Estos paneles tienen como fundamento depositar varias capas de material fotovoltaico sobre una base. Dependiendo del material empleado, podemos encontrar paneles de Silicio amorfo (a-Si), de Teluro de Cadmio (CdTe), de Cobre, Indio, Galio y Selenio (CGIS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC). Dependiendo del tipo, un módulo de capa fina puede tener una eficiencia u otra, pero el rango de estas células se encuentra entre el 7 - 13%.

- ◆ **Fotoelectroquímica:** Estos tipos de células permiten la generación de energía eléctrica y de una sustancia química de manera simultánea mediante la reacción electroquímica inducida por un efecto fotoeléctrico (2). En este grupo destaca la célula de Graetzel o DSSC mencionada anteriormente. Estas células de bajo coste está formada por un semiconductor constituido entre un ánodo fotosensible y un electrolito. Las principales ventajas de estas placas solares son su facilidad de producción y su diseño flexible y semitransparente. Aunque en la práctica, el uso de estas células presentan grandes inconvenientes como son el desgaste del electrolito en el uso en unas condiciones ambientales adversas. También presenta un rendimiento energético muy inferior al de las células de Silicio, sin embargo, debido a su bajo coste de producción, es un gran candidato para la distribución en masa.
- ◆ **Perovskitas:** A pesar de ser parte de las células fotoelectroquímicas, se ha optado por analizarlas como un tipo a parte debido a sus múltiples mejoras. Estas placas solares están actualmente en investigación como resultado al incremento continuado en el rendimiento que se ha estado obteniendo en los últimos años, pasando en 2009 de un 3,8% al 23,25% obtenido en los últimos meses por investigadores australianos. Debido al bajo coste de fabricación (se espera un ahorro del 75% ya que se necesita menos material para fabricar una placa de Perovskita en lugar de Silicio, y este material es mucho más barato) este material están llamado a ser el implementado en las células fotovoltaicas del futuro. Pero no solo eso, sino que la Perovskita hace posibles nuevas aplicaciones por su flexibilidad, ya que este material tiene la capacidad de ser plegado y hasta ahora, estas cualidades estaban vetadas por la rigidez del Silicio. Sólo las células DSSC podían cumplir tal capacidad física.

Una vez detalladas las características de estas células, se realiza una tabla de materiales para poder decidir cuál debe ser empleado en la instalación presentada.

	Monocristalinas	Policristalinas	De capa fina	Fotoelectroquímica	Perovskita
<i>Flexibilidad</i>	No	No	Limitada	Flexible	Plegable
<i>Eficiencia</i>	20%	17%	13%	14%	23%

Tabla 2.1: Características de las células fotovoltaicas

Al comparar todas las células fotovoltaicas, se demuestra que para este caso, las placas solares de Perovskita serán las que mejor se adecuen a la instalación deseada.

El mayor inconveniente que presentan estas células es que no han sido comercializadas aún, por lo que al realizar los diseños, se ha optado por asumir que estas tendrán superficies y diseños similares a las fotoelectroquímicas de Graetzel.

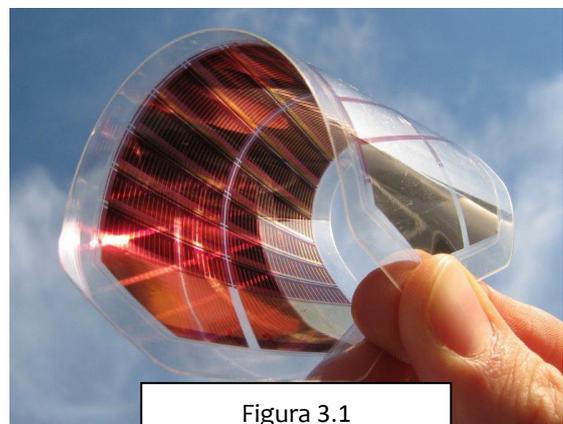


Figura 3.1  
Célula de Perovskita  
- ciencetrends.com -

## 4.2. Dimensionado de la instalación

Para poder saber los elementos necesarios de esta instalación, se han de realizar diversos cálculos que proporcionen el tamaño óptimo que se desea. La tarea fundamental de dicho dimensionado, consistirá en la optimización del tamaño, tanto de los generadores fotovoltaicos como de la batería o conjunto de baterías que formen el sistema.

Posteriormente se calcularán los otros elementos que participan en la instalación como son el inversor, el regulador y el cableado.

Por ello se han considerado dos métodos de dimensionado, que suelen ser los más utilizados, y cuyo resultado se tendrá en cuenta a la hora de optimizar la instalación. Estos son:

- ◆ **Método amperios-hora (Ah):**  
Este método se basa en el cálculo del consumo diario en amperios-hora, teniendo en cuenta las pérdidas entre la batería y las cargas y el rendimiento de la carga de la batería. Para realizar este método, se ha de considerar un mínimo de días de autonomía así como los datos de irradiación del lugar de la instalación (3).
- ◆ **Método de probabilidad de pérdida de carga, LLP (Lost of Load Probability):**  
Éste es un método más complicado debido a que está basado en la estadística y cálculos realizados por ordenador. En él se especifica el consumo de diseño, incluyendo los rendimientos del regulador de carga, los rendimientos de las baterías y del inversor.

Antes de proceder al cálculo, se ha tenido en cuenta los elementos que se han mencionado con anterioridad.

El primero de ellos es la ubicación, que como se ha expuesto previamente, la instalación se localiza en el puerto deportivo *Marina de Dénia*, que corresponde a las coordenadas geográficas 38° 50' 18,951'' N 0° 7' 12,530'' E.

El siguiente elemento a tener en cuenta es el perfil de consumo, que se entenderá como constante anual. Esto quiere decir que al tratarse de un barco-escuela, realizará el mismo consumo aproximado tanto en un soleado día de verano, como en un frío día de invierno.

También debe considerarse que tanto las baterías que se empleen como los módulos fotovoltaicos tendrán unas características físicas que en ambos métodos serán iguales.

A continuación se detallan los datos anteriormente descritos y otros que se consideran de especial interés:

Perfil de consumo:	Constante anual
Ubicación:	38° 50' 18,951'' N 0° 7' 12,530'' E
Días de autonomía:	6 días
Rendimiento del inversor:	$\eta_{inv} = 82\%$
Rendimiento energético:	PR = 0,6

Tabla 3.1: Características de la instalación

Voltaje de la batería:	$V_{bat} = 24 \text{ V}$
Rendimiento de la batería:	$\eta_{bat} = 81\%$
Máxima profundidad de descarga diaria de la batería:	$PD_{max,d} = 15\%$
Máxima profundidad de descarga anual de la batería:	$PD_{max,e} = 70\%$

Tabla 3.2: Características de las baterías

Potencia por módulo:	247 W
Tensión máxima del módulo	$V_{M,MOD} = 15,8 \text{ V}$
Tensión máxima en circuito abierto	$V_{OC,MOD} = 22,6 \text{ V}$
Corriente de cortocircuito	$I_{SC,MOD} = 7,32 \text{ A}$

Tabla 3.3: Características del módulo fotovoltaico

Una vez sabidos los datos genéricos de las diferentes partes de la instalación, lo conveniente es elegir uno de los modelos de dimensionado y aplicarlo. En este caso el primero en aplicar es el de amperios-hora por su sencillez de cálculo.

Para ello, el primer paso es realizar un estudio del consumo, separando el gasto de corriente continua del de corriente alterna, ya que la corriente alterna contará con un inversor y este tendrá su propio rendimiento.

Como el consumo de los diferentes aparatos ya ha sido calculado anteriormente, a continuación se resumen mediante dos tablas los datos significativos.

			Potencia máxima (W)	Energía consumida diaria (Wh)
En Puerto	Corriente Continua	Luces de balizamiento	3 W	3 Wh
		Foco de cubierta	60 W	60 Wh
		Iluminación de cabina	40 W	40 Wh
		Sistema de agua a presión	200 W	40 Wh
	Corriente Alterna	Radio VHF	75 W	45 Wh
		GPS Plotter	26 W	26 Wh
		Radar	22 W	22 Wh
	Nevera	36 W	216 Wh	
En Travesía	Corriente Continua	Luces de balizamiento	3 W	12 Wh
		Foco de cubierta	60 W	30 Wh
		Iluminación de cabina	40 W	160 Wh
		Sistema de agua a presión	200 W	100 Wh
	Corriente Alterna	Radio VHF	75 W	257 Wh
		GPS Plotter	26 W	104 Wh
		Radar	22 W	88 Wh
		Nevera	36 W	144 Wh

Tabla 3.4: Consumos de los aparatos.

Sabiendo el gasto energético que produce la embarcación, y el rendimiento tanto de las baterías como del inversor, se puede proceder a estimar la energía que debe obtener el generador.

Con ese fin, lo primero es realizar el cálculo aproximado del consumo mensual, que sabiendo que es constante durante todo el año, será mucho más fácil de estimar que en el caso de que hubieran meses con picos de gasto energético.

Por lo tanto, para saber la media mensual del consumo diario, se realiza la suma de dichos datos obtenidos en la tabla 3.4.

$$L_{dm,DC} = \Sigma \text{Consumos DC} = 3 + 60 + 40 + 40 + 12 + 30 + 160 + 100 = 445 \text{ Wh}$$

$$L_{dm,AC} = \Sigma \text{Consumos AC} = 45 + 26 + 22 + 216 + 257 + 104 + 88 + 144 = 902 \text{ Wh}$$

Obtenida la media de consumo diario mensual, se calcula la media mensual de energía diaria que debe producir el generador.

$$E_{dm} = \frac{L_{dm,DC}}{\eta_{bat}} + \frac{L_{dm,AC}}{\eta_{bat} \cdot \eta_{inv}} = \frac{445}{0,81} + \frac{902}{0,81 \cdot 0,82} = 1.907 \text{ Wh}$$

Y con ella, la media anual de energía diaria que deberá producir dicho generador. Como se ha mencionado antes, al tener un consumo constante y continuado a lo largo del año, esta será igual que la anterior.

$$E_{da} = E_{dm} = 1.907 \text{ Wh}$$

A la hora de ajustarse al método amperios-hora, se ha de suponer que los módulos trabajarán con una tensión máxima similar a la de las baterías. Para poder tener esta suposición, las baterías han sido seleccionadas con la misma tensión máxima que los módulos.

También se ha de considerar que la corriente en cortocircuito de los módulos y la máxima será prácticamente igual.

Sabiendo esto, se procede a realizar el cálculo de la media anual de carga diaria que debe suministrar el generador.

$$Q_{da} = \frac{E_{da}}{V_{bat}} = \frac{1907}{24} = 79,46 \text{ Ah}$$

A continuación, se debe estimar un valor medio de radiación diaria sobre una superficie cualquiera, para ello ha sido empleado la herramienta interactiva proporcionada por la Comisión Europea, PVGIS. Esta ofrece el valor medio de radiación solar mensual desde el año 2007 al 2016. Los datos extraídos de la página web mencionada son los siguientes.

2007		2008		2009		2010		2011	
Ene	67,3	Ene	77,4	Ene	64,7	Ene	60,5	Ene	65,4
Feb	79,5	Feb	84	Feb	88,3	Feb	72,5	Feb	99,5
Mar	140	Mar	147	Mar	139	Mar	123	Mar	118
Abr	131	Abr	177	Abr	164	Abr	161	Abr	170
May	218	May	177	May	205	May	208	May	194
Jun	218	Jun	213	Jun	221	Jun	207	Jun	215
Jul	237	Jul	224	Jul	229	Jul	230	Jul	218
Ago	182	Ago	199	Ago	194	Ago	198	Ago	211
Sep	143	Sep	137	Sep	125	Sep	155	Sep	165
Oct	84,5	Oct	92,6	Oct	118	Oct	115	Oct	111
Nov	71,6	Nov	79,5	Nov	83,6	Nov	75	Nov	60,3
Dic	62,2	Dic	64,1	Dic	59,5	Dic	60,1	Dic	63

Tabla 3.5: Radiación mensual 2007 - 2011

2012		2013		2014		2015		2016	
Ene	76,6	Ene	78,2	Ene	69,7	Ene	84,7	Ene	67
Feb	110	Feb	95,8	Feb	85,4	Feb	78,8	Feb	86,4
Mar	157	Mar	116	Mar	146	Mar	133	Mar	143
Abr	167	Abr	154	Abr	185	Abr	166	Abr	166
May	226	May	207	May	207	May	226	May	209
Jun	233	Jun	228	Jun	224	Jun	238	Jun	231
Jul	238	Jul	242	Jul	237	Jul	233	Jul	226
Ago	206	Ago	189	Ago	201	Ago	189	Ago	206
Sep	154	Sep	147	Sep	145	Sep	130	Sep	161
Oct	114	Oct	109	Oct	121	Oct	96,5	Oct	104
Nov	61,2	Nov	80,5	Nov	68,5	Nov	80	Nov	68,4
Dic	70,4	Dic	60,1	Dic	67	Dic	67,3	Dic	59,2

Tabla 3.6: Radiación mensual 2012 – 2016 (4)

Teniendo en cuenta que el mes que más nos interesa es aquel en el que existe una menor radiación solar diaria (diciembre), se ha optado por escoger el mes de diciembre de 2016, ya que esta instalación deberá soportar meses en los que la radiación mensual sobre la superficie sea como mínimo la de este año. Por lo que el valor medio mensual estimado de radiación diaria sobre una superficie de cualquier posición será el siguiente.

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = \frac{59,2}{31} = 1,909 \text{ kWh/m}^2$$

Posteriormente, mediante la siguiente fórmula, y teniendo en cuenta que la irradiancia en condiciones estándares de medida es de ( $G_{CEM} = 1 \text{ kW/m}^2$ ) se obtendrá la corriente total del generador fotovoltaico.

$$I_{M,G} = \frac{Q_{da} \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR} = \frac{79,46 \cdot 1}{1,909 \cdot 0,6} = 69,37 \text{ Ah}$$

Una vez obtenida la corriente total, se puede averiguar el número de ramas de módulos fotovoltaicos que se pueden establecer en una conexión en paralelo.

$$N_P = \frac{I_{M,G}}{I_{M,MOD}} = \frac{I_{M,G}}{I_{SC,MOD}} = \frac{69,37}{7,32} = 9,47 \approx 9 \text{ ramas en paralelo}$$

Por otra parte, se puede obtener el número de módulos que se colocarán en cada una de las anteriores ramas en una conexión en serie. Y se calcula de la siguiente manera.

$$N_S = \frac{V_{bat}}{V_{M,MOD}} = \frac{24}{15,8} = 1,52 \approx 2 \text{ módulos en serie por rama}$$

Una vez calculadas las ramas en paralelo y los módulos que los contienen, se puede conseguir el número total de módulos que corresponderán a la instalación. Para ello basta con multiplicar las ramas por los módulos contenidos.

$$N_T = N_P \cdot N_S = 9 \cdot 2 = 18 \text{ módulos fotovoltaicos en total.}$$

De este modo es posible calcular la corriente de cortocircuito del generador. Por lo que:

$$I_{SC,G} = I_{SC,MOD} \cdot N_P = 7,32 \cdot 9 = 65,88 \text{ A}$$

Debido a que los módulos solares escogidos tendrán un espesor mínimo, no será necesario calcular una distancia mínima entre ramas, más allá de la necesaria para cablear los circuitos.

El siguiente paso consiste en calcular los elementos que regulan el paso de corriente de los paneles fotovoltaicos a las baterías y el inversor que convierte la corriente continua que se extrae de las baterías en corriente alterna para el funcionamiento de los diferentes aparatos.

Para ello, se ha realizado un esquema en el que se muestran los diferentes componentes de la instalación. De esta manera se obtiene de una manera más visual, el objetivo de estos cálculos.



Figura 4.1  
Esquema de la instalación  
- draw.io -

Sabiendo esto, se procede a realizar el cálculo de las corrientes de entrada y de salida del regulador. Esto es:

$$I_{e,REG} = 1,25 \cdot I_{SC,G} = 82,35 \text{ A}$$

$$I_{s,REG} = 1,25 \cdot \left( \frac{P_{DC}}{V_{bat}} + \frac{P_{AC}}{V_{bat} \cdot \eta_{inv}} \right) =$$

$$1,25 \cdot \left( \frac{3 + 60 + 40 + 200}{24} + \frac{75 + 26 + 22 + 36}{24 \cdot 0,82} \right) = 20,70 \text{ A}$$

$$I_{REG} = \max(I_{e,REG}, I_{s,REG}) = 82,35 \text{ A}$$

Con respecto al inversor, se pueden considerar diferentes criterios.

- Considerando la potencia total:

$$P_{inv} = P_{AC} = 75 + 26 + 22 + 36 = 159 \text{ W}$$

- Considerando un Factor de simultaneidad (que suele ser  $F_f = 0,75$ ):

$$P_{inv} = P_{AC} \cdot F_f = 159 \cdot 0,75 = 119,25 \text{ W}$$

- Considerando el perfil de consumo diario:

$$P_{inv} = P_{AC} \cdot 1,2 = 190,8 \text{ W}$$

Teniendo en cuenta los criterios anteriores, se suele considerar que la potencia a instalar debe de ser siempre la máxima. En este caso se seleccionará un regulador de 85 A y un inversor de 250 VA, ya que corresponden a la corriente y potencia comercial inmediatamente superior a las calculadas.

Por otra parte, la probabilidad de pérdida de carga es la relación entre la energía que no puede suministrar el sistema fotovoltaico y la energía requerida por la carga durante todo el periodo de funcionamiento (5):

$$LLP = \frac{E_{def}}{L}$$

Realizar los cálculos mediante el método de probabilidad de pérdida de carga resulta imposible debido a que para ello sería necesario realizar una estadística *in situ* con diferentes acumuladores y generadores, y de esta manera obtener el que tenga mejor relación.

Por este motivo se da por válido el dimensionado realizado con el método amperios-hora.

### 4.3. Situación de los paneles solares

Una vez sabida la cantidad de módulos fotovoltaicos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación, se puede orientar la colocación de estos paneles de dos maneras.

La primera es teniendo en cuenta que el coste de la instalación no supondría un problema. Para ello la mejor opción es colocar el máximo número de células fotovoltaicas en las velas, lo que supondría una mejor producción solar con respecto al mínimo necesario.

La segunda opción consiste en basarse en los cálculos realizados con anterioridad para ajustarse al mínimo necesario para el perfecto funcionamiento de la instalación. Esto supondrá un ahorro considerable en el precio final de la ésta así como un menor número de problemas por razón de peso. Se ha de recordar que las velas deben de tener un peso no demasiado considerable puesto que se han de izar y mover con soltura cuando la embarcación se localice en alta mar.

Teniendo en cuenta estas opciones, se ha optado por realizar los diseños de ambas alternativas.

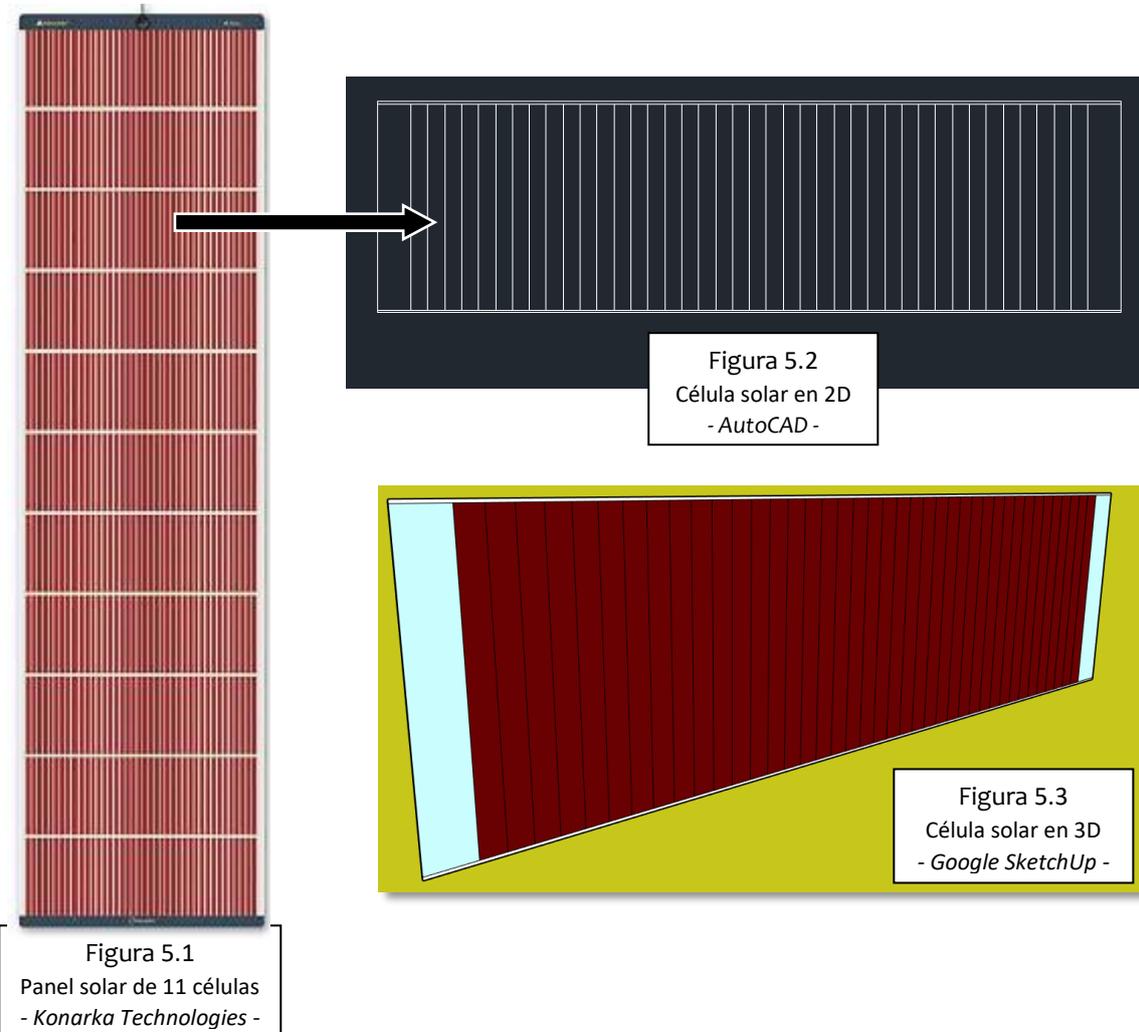
Para ello es importante tener en cuenta las dimensiones de los paneles, pero debido a que las células solares de Perovskita no han sido comercializadas aún, se asumirá que el diseño de las mismas es idéntico al de las placas fotovoltaicas de Graetzel.

Dicho esto, tras analizar los paneles solares de varios fabricantes, se ha optado por escoger el formato realizado por la marca *Konarka* como referencia a la hora de realizar un diseño aproximado del panel solar que se incorporaría a la instalación fotovoltaica de las velas de la embarcación.

**OPCIÓN 1:**

Puesto que estas placas fotovoltaicas están compuestas de diversas células situadas en paralelo, en el diseño se ha optado por separar dichas células para optimizar el espacio disponible, y de esta manera, conseguir una mayor producción.

A continuación se muestra una imagen con el diseño real extraído del propio fabricante (figura 3.1), y el diseño en dos dimensiones (figura 3.2) y tres dimensiones (figura 3.3) de la propia célula fotovoltaica extraída de los paneles.



Tras mostrar el diseño, es necesario realizar un estudio de alternativas con las diferentes colocaciones posibles sobre las velas y la producción que se podría obtener de cada una, eligiendo así el diseño más eficiente.

**Alternativa 1:**

La primera alternativa consiste en colocar mayormente las células en posición vertical, paralelos a la línea del mástil. De esta manera se conseguirían situar 640 células fotovoltaicas entre los dos lados de ambas velas. Teniendo en cuenta que cada una proporciona una producción máxima de 24,7 W, con esta posición se obtendría un total de:

$$640 \text{ células} \cdot \frac{24,7 \text{ W}}{1 \text{ célula}} = 15.808 \text{ W}$$

En la figura 5.4, se puede observar cómo sería dicha colocación.

*Alternativa 2:*

La segunda opción es la de colocar los paneles en su mayoría de forma horizontal, paralelos a la botavara. De esta forma se podrían posicionar un total de 670 células solares según el diseño obtenido anteriormente. Con esta cantidad de paneles y con la producción mencionada, se obtendría una producción máxima de:

$$670 \text{ células} \cdot \frac{24,7 \text{ W}}{1 \text{ célula}} = 16.549 \text{ W}$$

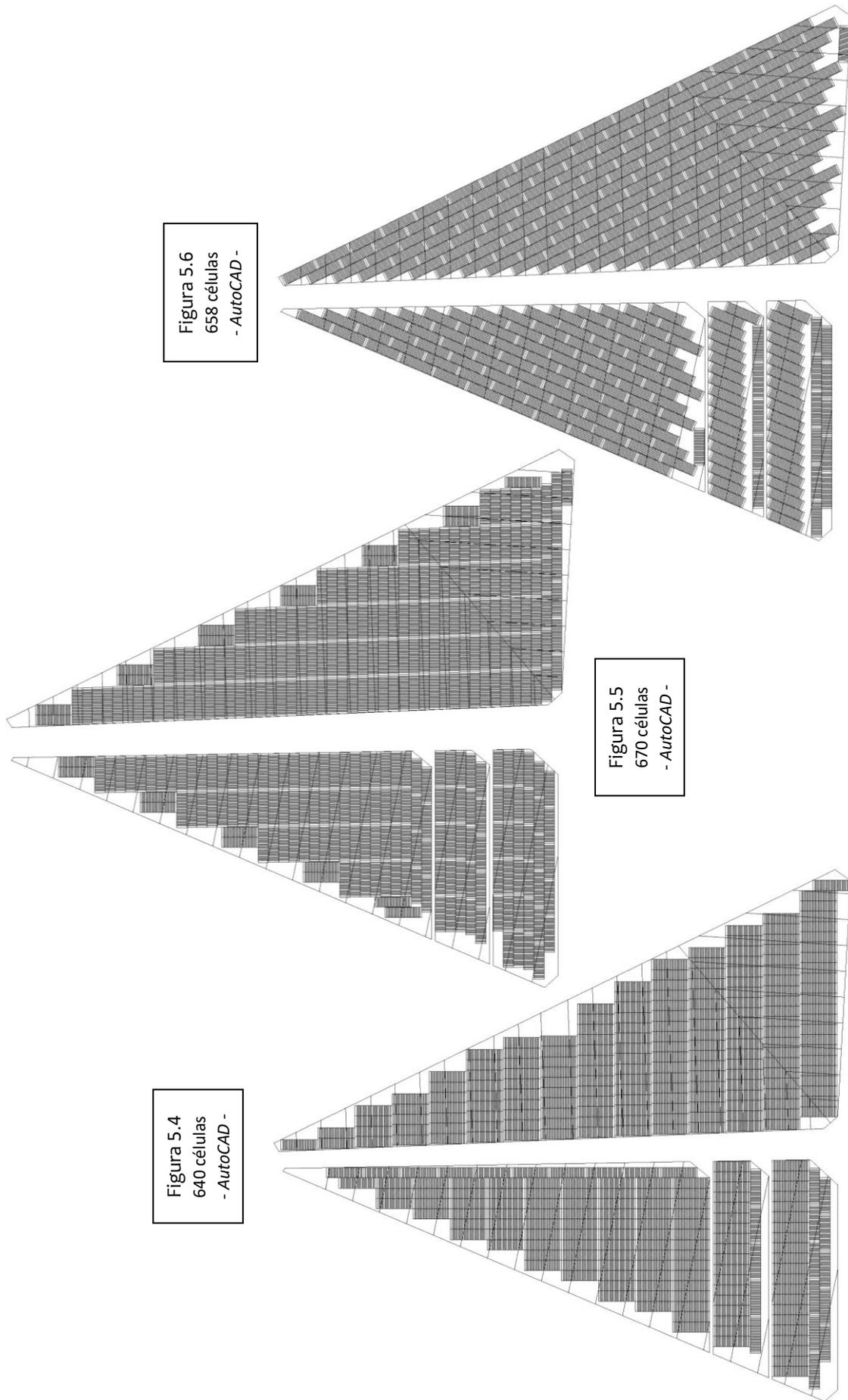
En la figura 5.5, se muestra la situación de dichas placas fotovoltaicas.

*Alternativa 3:*

La otra opción posible es la de situar los paneles en su mayoría paralelos a las bandas exteriores de la vela, es decir, es posición diagonal con respecto al mástil y a la botavara. Así se conseguirían colocar un total de 658 células fotovoltaicas, cuya producción máxima sería de un total de:

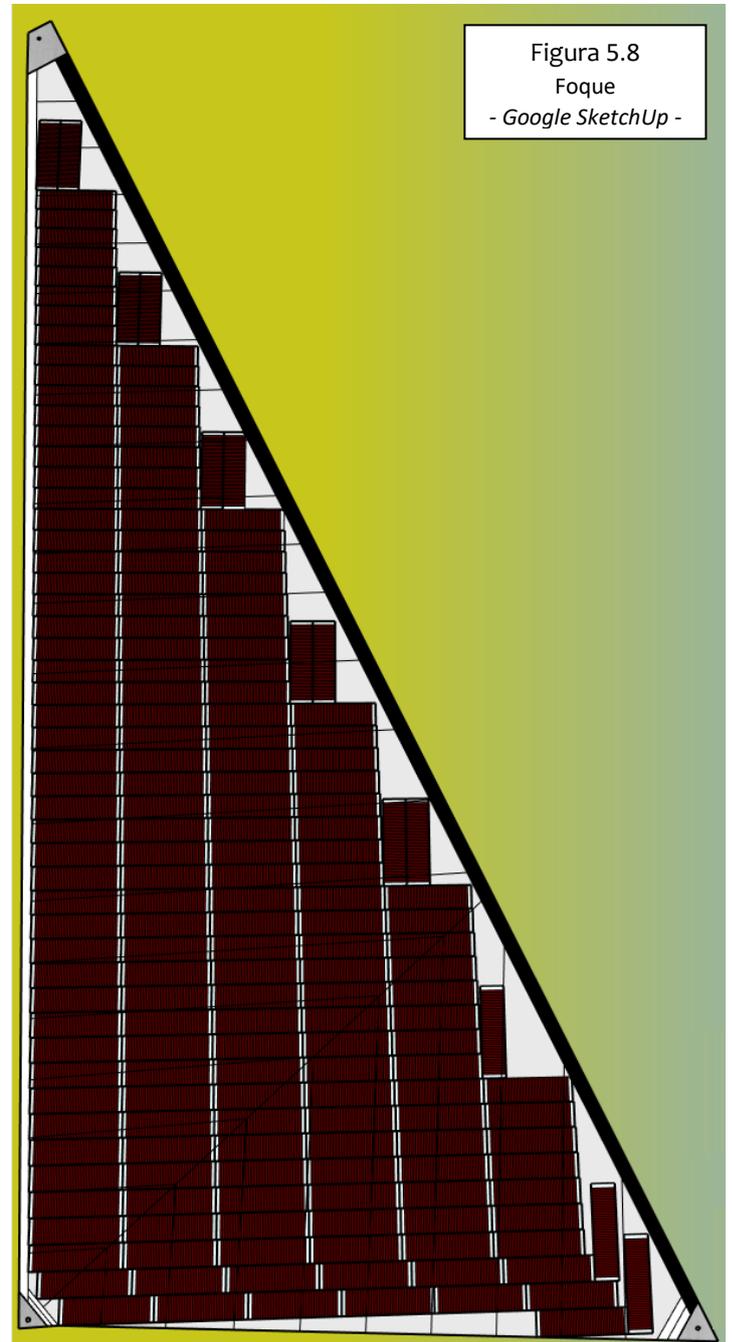
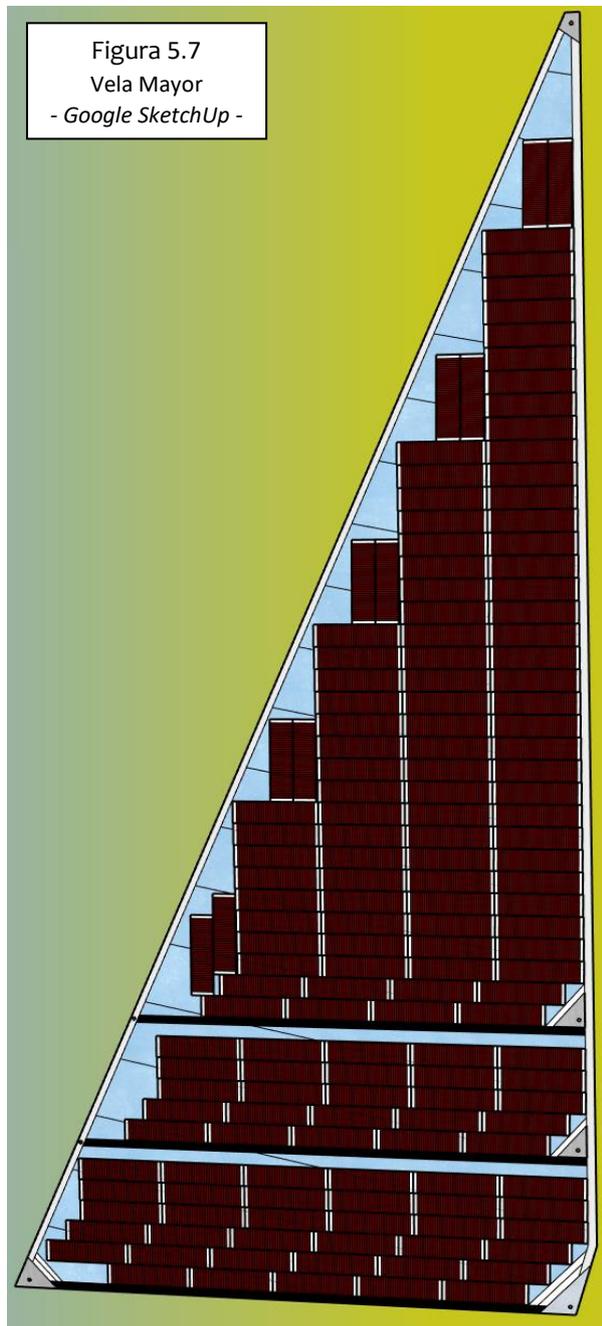
$$658 \text{ células} \cdot \frac{24,7 \text{ W}}{1 \text{ célula}} = 16.252,6 \text{ W}$$

En la figura 5.6, se detalla la posición de tales paneles.



Una vez analizadas las tres alternativas, se puede determinar que a la hora de colocar las células fotovoltaicas sobre las velas, la segunda alternativa (situar los paneles paralelamente a la posición de la botavara) será la que proporcione una mayor producción energética y, por lo tanto, la más beneficiosa.

Las siguientes imágenes realizadas con el programa de diseño en 3D, muestra la disposición escogida para las células en un lateral de la vela mayor (figura 5.7) y foque (figura 5.8).



## OPCIÓN 2:

Para realizar el diseño con el mínimo especificado en los cálculos, se ha optado por no separar las células de la placa del fabricante, así se puede denotar que el diseño de la placa solar sería el correspondiente a la figura 3.6 como se demuestra a continuación.

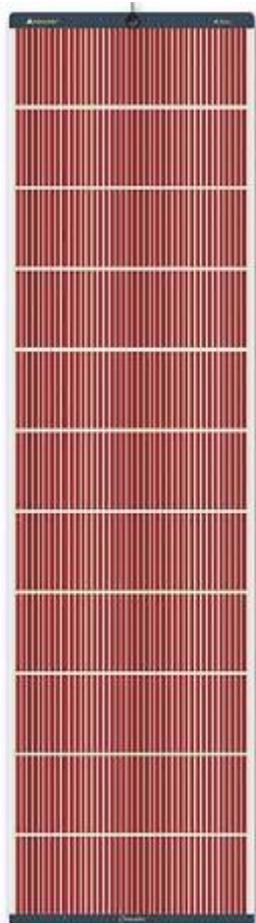


Figura 5.9  
Panel Solar  
- Konarka Technologies -

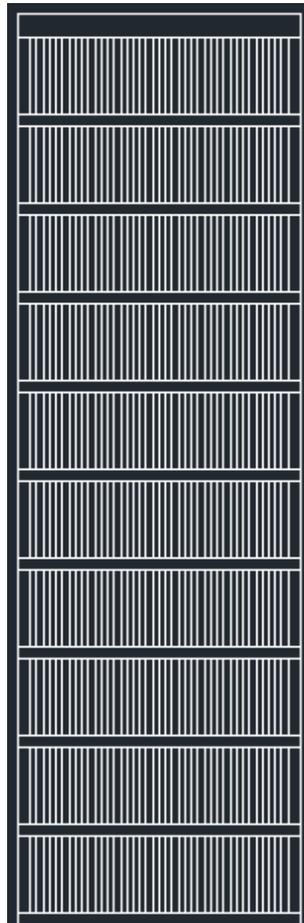


Figura 5.10  
Panel Solar 2D  
- AutoCAD -

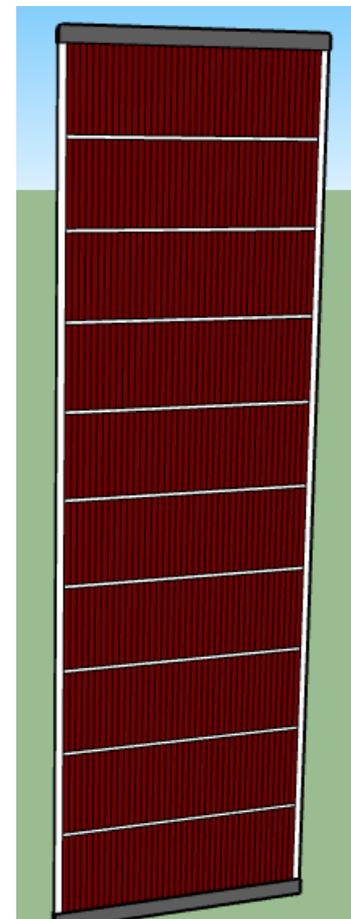


Figura 5.11  
Panel Solar 3D  
- Google SketchUp -

Al igual que en la opción anterior, lo ideal es plantear diversas alternativas y escoger la más eficiente. De esta manera se constatará que el diseño escogido será el mejor por sus condiciones de eficiencia.

En este caso, en lugar de calcular la potencia total mediante la suma de las células. Se sumará el panel entero para obtener un dato más cercano a la realidad. Por ello las alternativas serán las siguientes:

*Alternativa 1:*

La primera alternativa consiste en colocar los paneles en posición vertical, paralelos al mástil. De esta manera se conseguirían situar 32 paneles fotovoltaicos entre los dos lados de ambas velas. Teniendo en cuenta que cada uno proporciona una producción máxima de 250 W, con esta posición se obtendría un total de:

$$32 \text{ paneles} \cdot \frac{247 \text{ W}}{1 \text{ panel}} = 7.904 \text{ W}$$

En la figura 5.12, se puede observar cómo sería dicha colocación.

*Alternativa 2:*

La segunda opción es la de colocar los paneles en su mayoría de forma horizontal, paralelos a la botavara. De esta forma se podrían posicionar un total de 40 placas solares según el diseño obtenido anteriormente. Con esta cantidad de paneles y con la producción mencionada, se obtendría una potencia máxima de:

$$40 \text{ paneles} \cdot \frac{247 \text{ W}}{1 \text{ panel}} = 9.880 \text{ W}$$

En la figura 5.13, se muestra la situación de dichas placas fotovoltaicas.

*Alternativa 3:*

La otra opción posible es la de situar los paneles de manera mixta, es decir, colocando algunos en posición vertical y otros en horizontal, aprovechando mejor los espacios. Así se conseguirían colocar un total de 42 placas fotovoltaicas, cuya producción máxima sería de un total de:

$$42 \text{ paneles} \cdot \frac{247 \text{ W}}{1 \text{ panel}} = 10.374 \text{ W}$$

En la figura 5.14, se detalla la posición de tales paneles.

Figura 5.12  
32 paneles  
- AutoCAD -

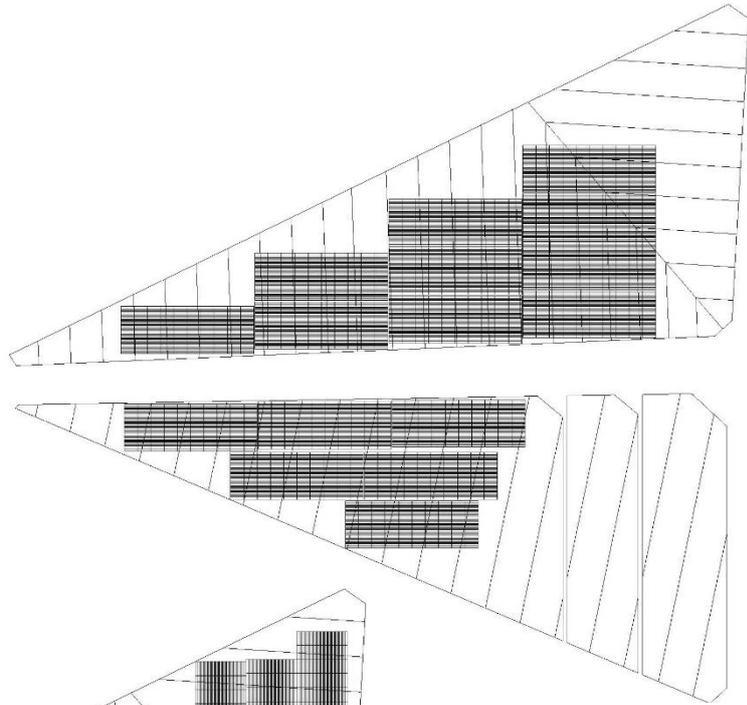


Figura 5.13  
40 paneles  
- AutoCAD -

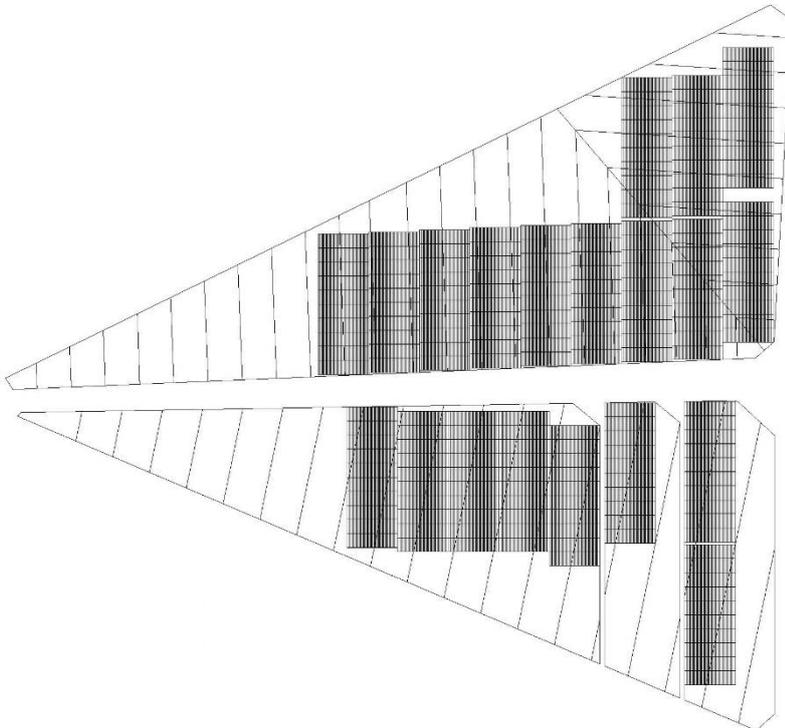
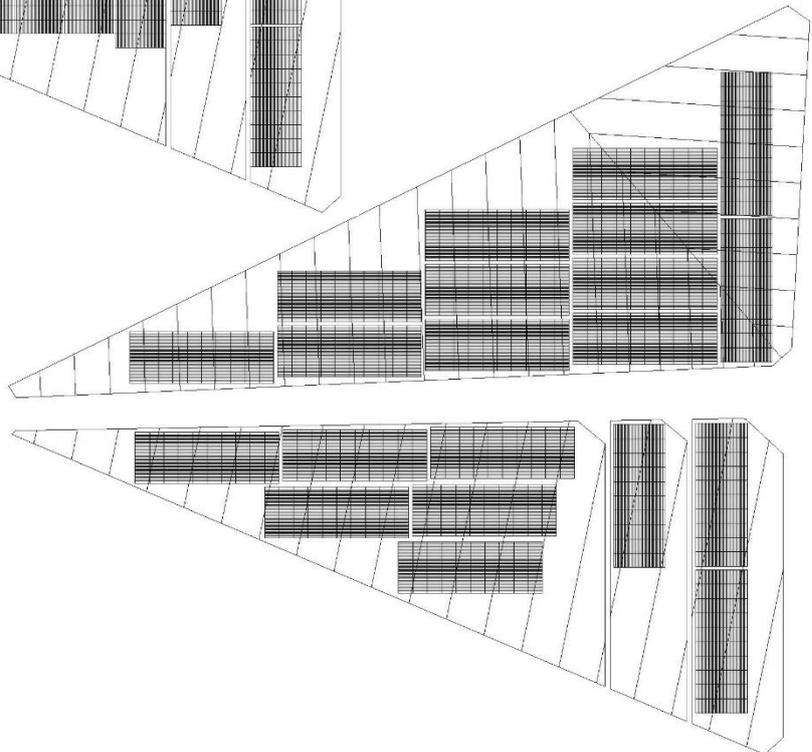


Figura 5.14  
42 paneles  
- AutoCAD -



Esta producción dista mucho de la real, puesto que en ningún momento se podrá tener energía solar en ambas caras de la vela, ya que cuando el sol incida sobre una de ellas, la otra quedará a la sombra y no recibirá energía. Por ello los cálculos se habrán de realizar siempre considerando que la instalación sólo tiene una de estas caras.

Por tanto, a la hora de calcular la producción que generará la alternativa 3, considerada la más eficiente, se habrá de omitir una de las caras. Obteniendo una producción total de:

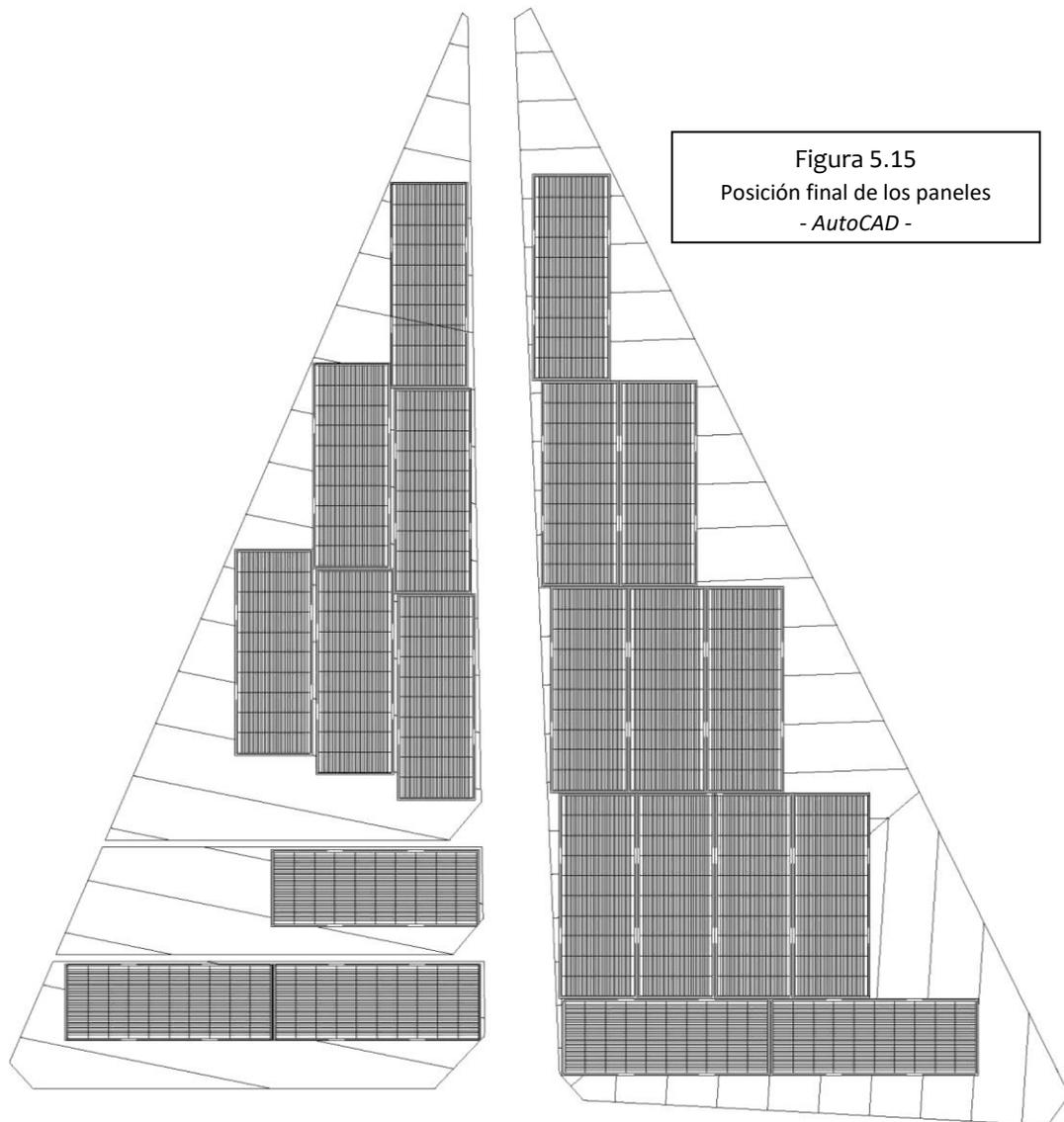
$$21 \text{ paneles} \cdot \frac{247 \text{ W}}{1 \text{ panel}} = 5.187 \text{ W}$$

Al contrario que en la opción anterior, en este caso se ha optado por realizar el diseño global de la alternativa escogida en *AutoCAD*, puesto que a pesar de ser menos llamativo, se considera que será un diseño más fiable a la hora de poderlo llevar a cabo, ya que se han dibujado las guías por donde pasará el cableado, siempre respetando la escala y las dimensiones de los materiales.

De esta manera, al considerar que la segunda opción será la que finalmente se pueda implementar debido a la reducción de costes y de tiempo de producción, a partir de ahora se ajustarán los cálculos a la tercera alternativa de dicha opción. La que contiene 21 paneles solares.

Esta alternativa posee dos paneles solares más de los necesarios por criterio de cálculo, lo que podría ser una desventaja debido a los costes de producción, pero teniendo en cuenta que estos cálculos se han basado en estimaciones proporcionadas por datos estadísticos de años anteriores, se ha querido escoger esta alternativa y así asegurar una producción más eficiente.

La figura 5.15 representa el modelo en dos dimensiones de la instalación a realizar en las velas de la embarcación. Esta instalación se deberá realizar en ambas partes de la vela, colocando los paneles de la misma manera tanto en una cara como en otra. De esta manera se conseguirá la producción deseada.



Una vez obtenido el modelo, el siguiente paso será calcular su producción energética.

#### 4.4. Producción energética

Para poder realizar un cálculo aproximado de la producción energética realizada por la instalación fotovoltaica en las velas, es necesario considerar varios aspectos.

En primer lugar es importante saber la cantidad de módulos solares disponibles, así como su producción máxima, que en este caso se compone de un total de 42 paneles solares de 247 W de potencia máxima cada uno.

Se ha de considerar que es imposible que todas las placas solares reciban la luz solar de manera directa al mismo tiempo, ya que de los 42 paneles disponibles, la mitad se situarán en la posición opuesta al sol. Si bien es cierto que estas láminas podrían tener una pequeña producción debido al reflejo de la luz solar sobre el medio marino, en este caso se ha optado por despreciarla debido a la complejidad del cálculo a causa de las olas, corrientes y vientos, y a que su producción sería ínfima en comparación con la producida por las células que reciben el sol de manera directa.

Por ello, el primer paso es calcular la producción máxima posible:

$$\frac{42 \text{ paneles}}{2} = 21 \text{ paneles solares directos}$$

$$21 \cdot 247 \text{ W} = 5.187 \text{ Wp} = 5,19 \text{ KWp}$$

Una vez se obtiene la potencia de pico de la instalación, se ha de tener en cuenta las diferentes posiciones que pueden adoptar las velas con respecto al ángulo de azimut, que es el formado entre el punto cardinal Sur y la línea perpendicular a la parte de la vela en la que se sitúan las placas solares.

En la figura siguiente se muestra una representación sobre el ángulo de azimut.

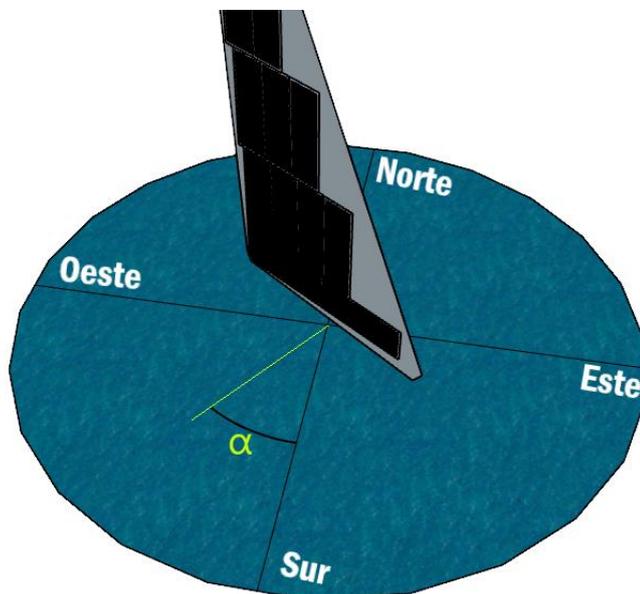


Figura 6.1  
Representación ángulo de azimut  
- Google SketchUp y Paint 3D -

En las siguientes imágenes se observa mediante flechas el origen del viento, y mediante dos líneas rectas la posición de las velas. Así, para los casos en los que no se puede navegar por cuestiones de viento, se han creado unas ondulaciones indicando que las velas no podrían mantenerse fijas.

Hay que tener en cuenta que cada uno de estos vientos tiene un nombre distinto dependiendo del origen del mismo.

La figura 4.2 ilustra el nombre que adopta cada viento dependiendo del origen de coordenadas de donde procede.

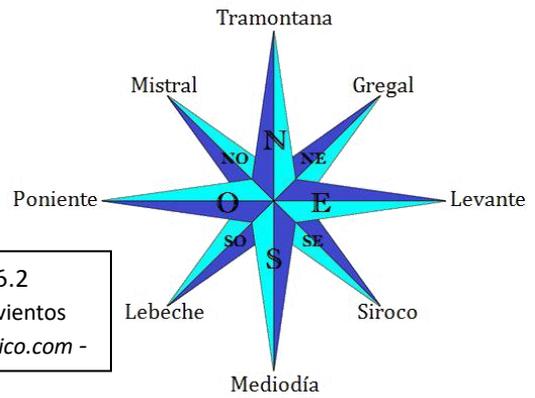


Figura 6.2  
Rosa de los vientos  
- [saberespractico.com](http://saberespractico.com) -

**TRAMONTANA**

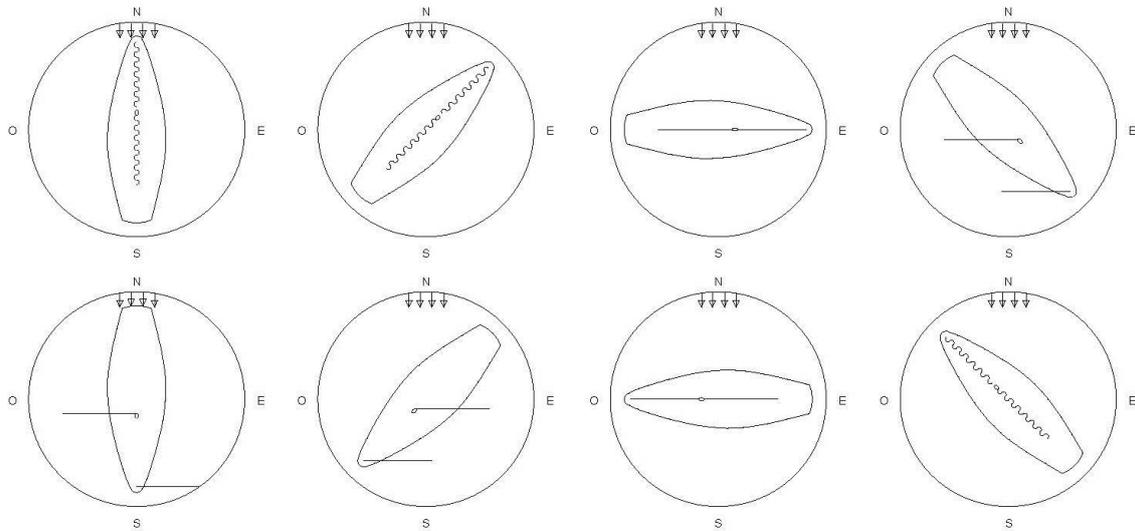


Figura 6.3  
Posición de las velas con viento de Tramontana  
- AutoCAD -

**GREGAL**

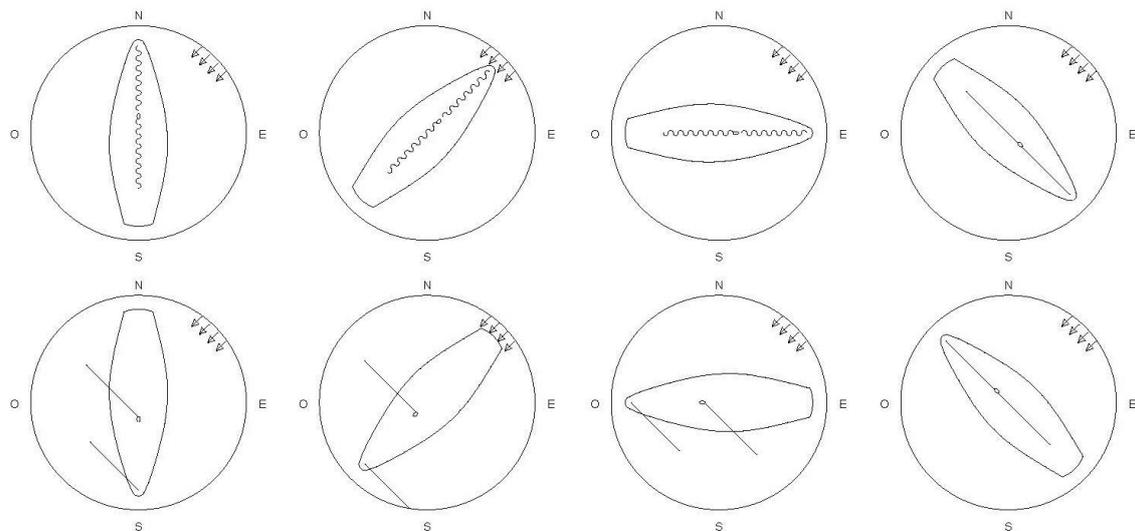


Figura 6.4  
Posición de las velas con viento de Gregal  
- AutoCAD -

LEVANTE

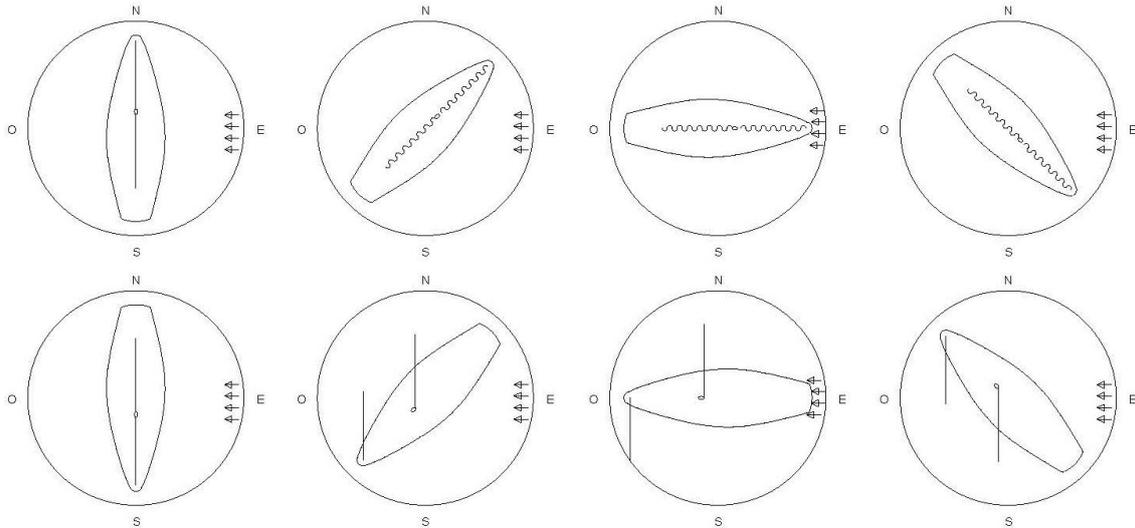


Figura 6.5  
Posición de las velas con viento de Levante  
- AutoCAD -

SIROCO

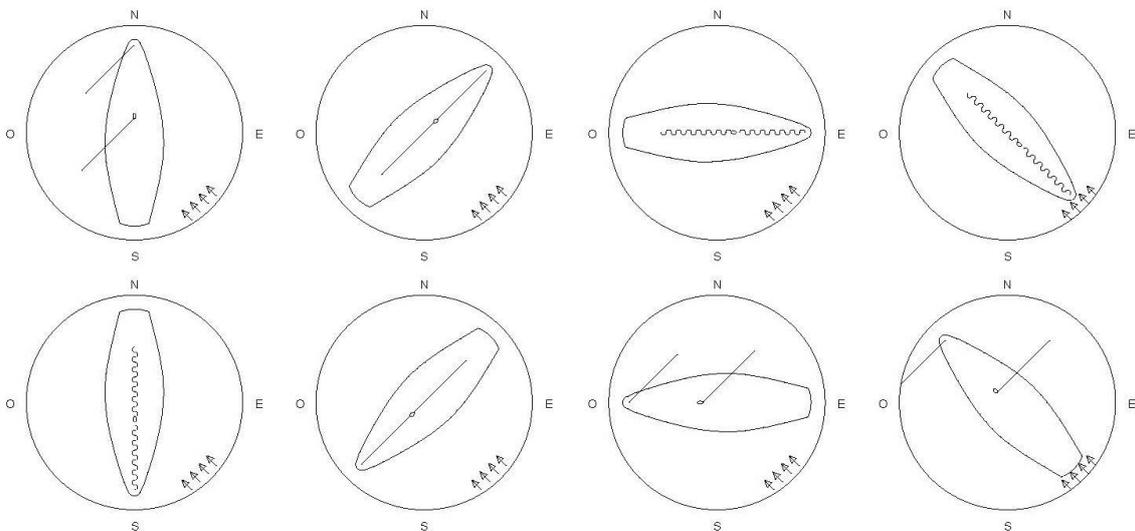


Figura 6.6  
Posición de las velas con viento de Siroco  
- AutoCAD -

MEDIODÍA

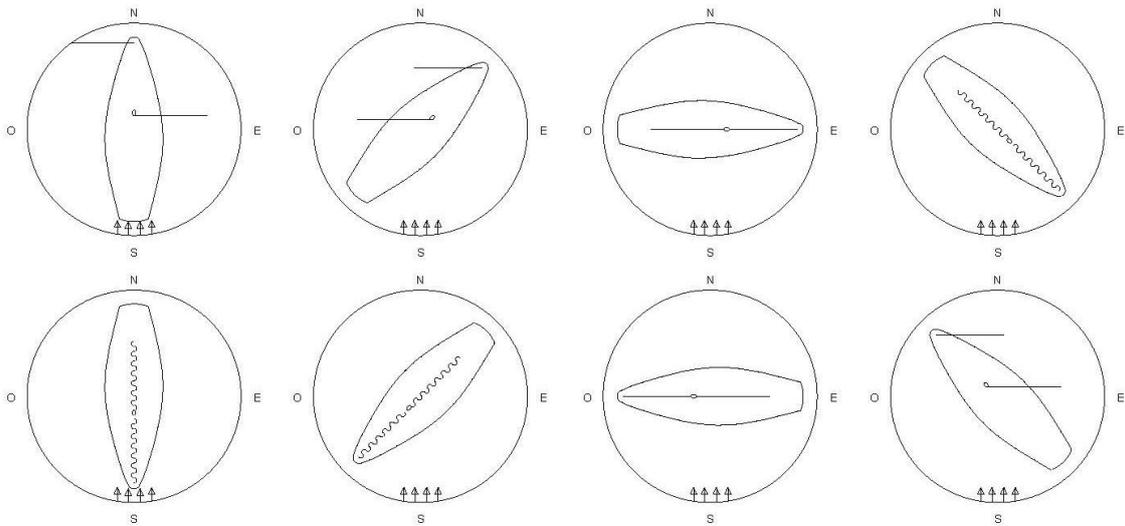


Figura 6.7  
Posición de las velas con viento de Mediodía  
- AutoCAD -

LEBECHE

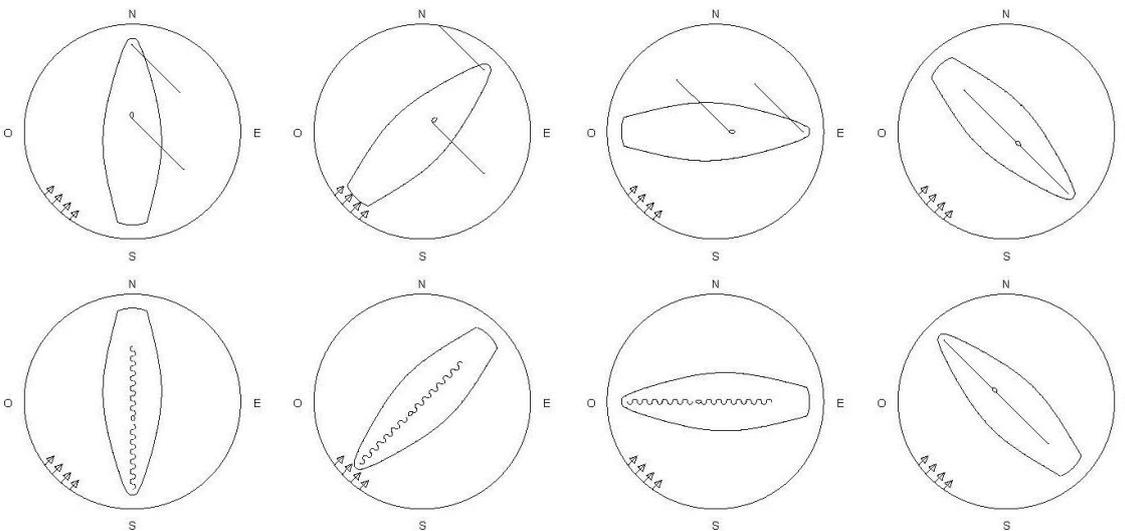


Figura 6.8  
Posición de las velas con viento de Lebeche  
- AutoCAD -

PONIENTE

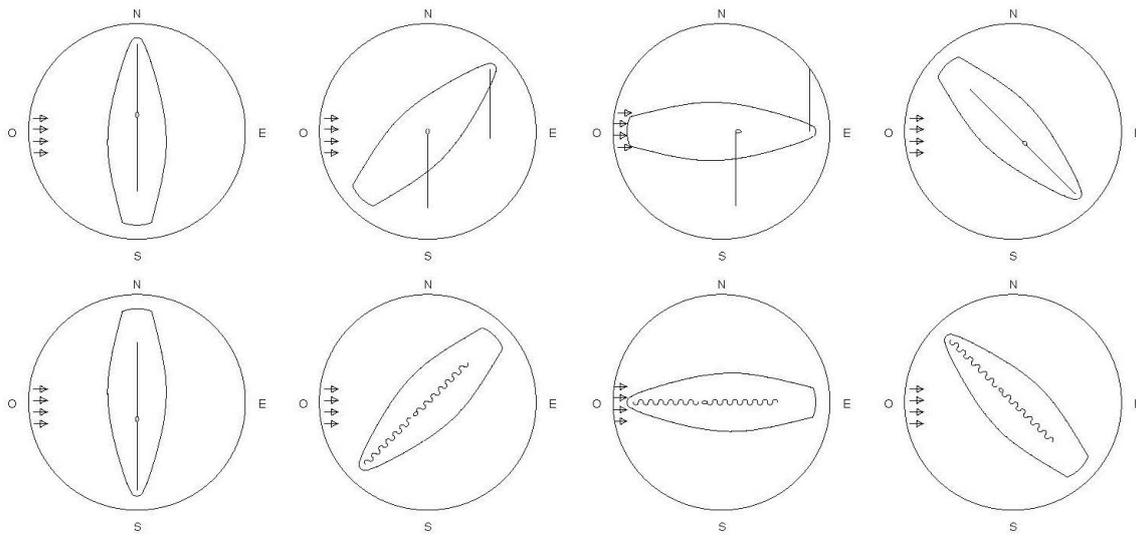


Figura 6.9  
Posición de las velas con viento de Poniente  
- AutoCAD -

MISTRAL

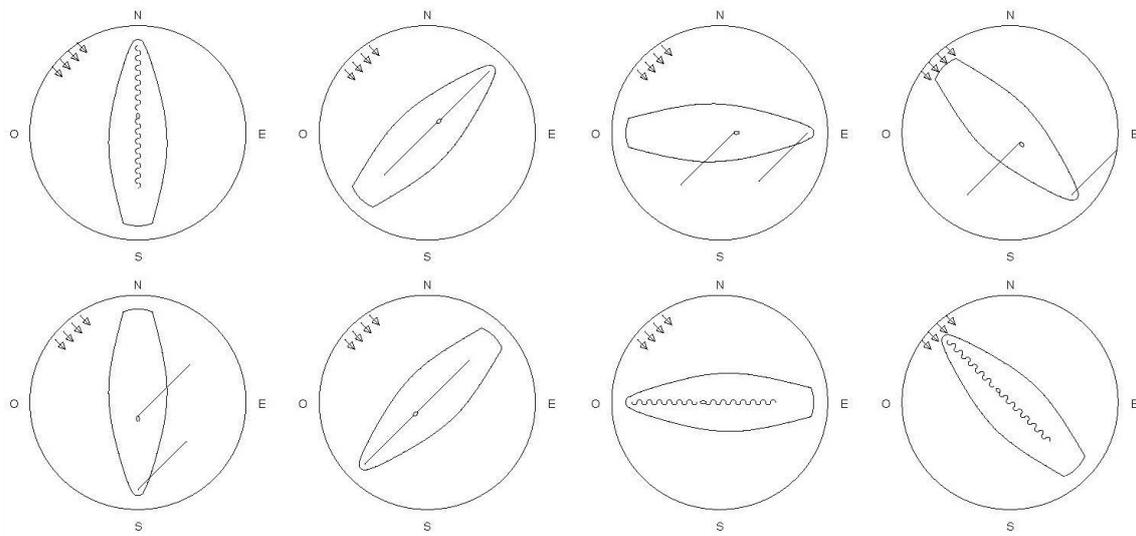
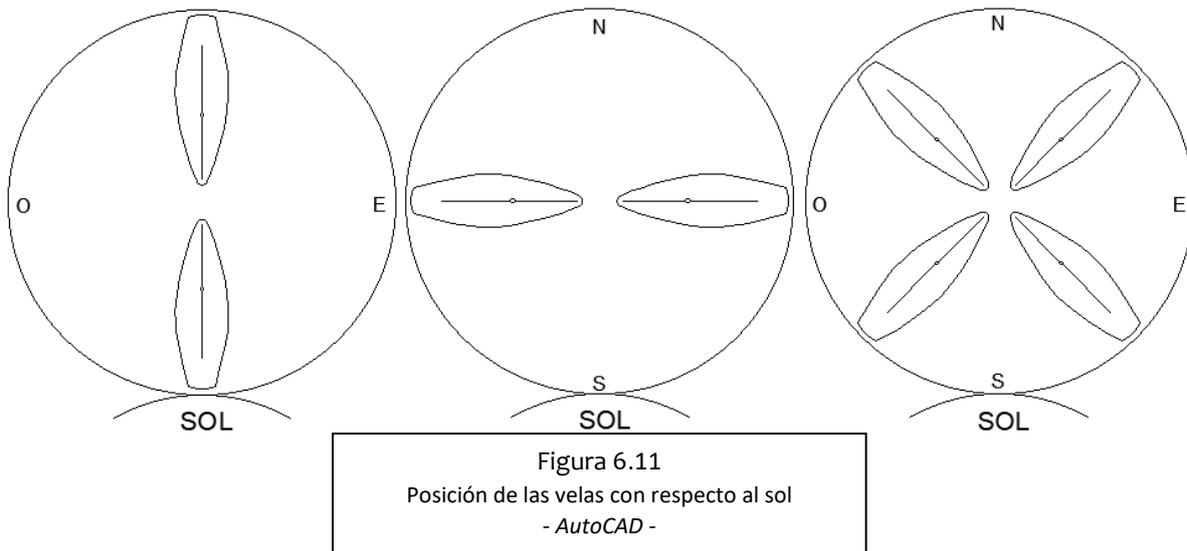


Figura 6.10  
Posición de las velas con viento de Mistral  
- AutoCAD -

Tras visualizar estas imágenes, se puede comprobar que las velas pueden adoptar hasta ocho posiciones diferentes, pero teniendo en cuenta que habrá placas fotovoltaicas a ambos lados, se puede considerar que dicha producción será simétrica en los siguientes casos:

- ◆ Cuando los paneles sean perpendiculares al Norte y Sur.
- ◆ Cuando los paneles sean perpendiculares al Noreste, Noroeste, Sureste y Suroeste.
- ◆ Cuando los paneles sean perpendiculares al Este y Oeste.

Así en la siguiente figura se pueden visualizar los tres casos:



Una vez comprobados los estados en los que la producción energética es idéntica, se han realizado tres tablas, diferenciando las direcciones, en las que se incluye el total de la producción para cada posición.

**DIRECCIÓN NORTE Y SUR**

Mes	Horas Pico	Producción mensual KWh	Producción diaria KWh	Irradiancia mensual KWh/m <sup>2</sup>	Irradiancia diaria KWh/m <sup>2</sup>
Enero	3,3	531	17,1	122	3,9
Febrero	3,1	492	15,9	114	3,7
Marzo	3,2	520	16,8	124	4,0
Abril	2,4	392	12,6	98,9	3,2
Mayo	2,0	320	10,3	86,7	2,8
Junio	1,6	252	8,1	72,6	2,3
Julio	1,8	285	9,2	82	2,6
Agosto	2,3	372	12,0	101	3,3
Septiembre	2,8	443	14,3	113	3,6
Octubre	3,1	496	16,0	121	3,9
Noviembre	3,0	486	15,7	114	3,7
Diciembre	3,1	497	16,0	115	3,7

Tabla 4.1: Producción energética de células flexibles con el barco orientado a norte y sur.

**DIRECCIÓN NOROESTE, NORESTE, SUROESTE, SURESTE**

Mes	Horas Pico	Producción mensual KWh	Producción diaria KWh	Irradiancia mensual KWh/m <sup>2</sup>	Irradiancia diaria KWh/m <sup>2</sup>
Enero	2,4	394	12,7	93	3,0
Febrero	2,5	395	12,7	93,6	3,0
Marzo	2,8	445	14,4	107	3,5
Abril	2,5	410	13,2	101	3,3
Mayo	2,6	417	13,5	105	3,4
Junio	2,4	391	12,6	102	3,3
Julio	2,6	426	13,7	111	3,6
Agosto	2,8	446	14,4	115	3,7
Septiembre	2,6	420	13,5	106	3,4
Octubre	2,5	410	13,2	102	3,3
Noviembre	2,3	373	12,0	89,6	2,9
Diciembre	2,3	372	12,0	87,7	2,8

Tabla 4.2: Producción energética de células flexibles con el barco orientado a noroeste, noreste, suroeste y sureste.

#### DIRECCIÓN ESTE Y OESTE

Mes	Horas Pico	Producción mensual KWh	Producción diaria KWh	Irradiancia mensual KWh/m <sup>2</sup>	Irradiancia diaria KWh/m <sup>2</sup>
Enero	1,1	183	5,9	45,5	1,5
Febrero	1,4	226	7,3	55,2	1,8
Marzo	1,9	305	9,8	74,8	2,4
Abril	2,2	354	11,4	87,3	2,8
Mayo	2,6	423	13,6	106	3,4
Junio	2,8	448	14,5	114	3,7
Julio	2,9	472	15,2	121	3,9
Agosto	2,6	413	13,3	106	3,4
Septiembre	2,0	321	10,4	81,8	2,6
Octubre	1,6	256	8,3	65	2,1
Noviembre	1,2	190	6,1	47,9	1,5
Diciembre	1,0	168	5,4	42	1,4

Tabla 4.3: Producción energética de células flexibles con el barco orientado a este y oeste.

Estas tablas han sido obtenidas mediante la herramienta interactiva PVGIS proporcionada por la Comisión Europea, que ofrece una estimación sobre las horas pico (tiempo diario en el que existe una irradiancia solar constante de 1 KW/m<sup>2</sup>), la producción estimada tanto diaria como mensual, así como la irradiación estimada en cada punto. Con esta herramienta se pueden extraer los datos para una localización específica, y con ella se ha realizado el cálculo aproximado para los rumbos anteriormente mencionados.

Tras analizar las anteriores tablas, y atendiendo a que las horas en las que se suele navegar se mantienen en el rango de horas pico, se puede asegurar una producción mínima de 168 KWh proporcionada en el mes de Diciembre cuando la embarcación se dirige al Este u Oeste.

Esta producción es bastante superior al consumo estimado por los aparatos cuando el barco está en travesía, cuyo rango de gasto energético se encuentra sobre los 26,85 KWh, pero atendiendo a que no siempre soplará el mismo viento, que estas células apenas tendrán tres horas para producir energía, que es lo que durará la travesía, y que seguramente el consumo sea superior por otros motivos, se ha considerado colocar la instalación complementaria de células fotovoltaicas fijas sobre el casco de la embarcación.

## 4.5. Cableado

A la hora de pensar el cableado idóneo, se han de tener en cuenta las condiciones en las que se situará la instalación. Los problemas que el agua pueda causar a una instalación eléctrica son de sobra conocidos, así que resulta necesario aislar el cableado lo máximo posible, pero conservando las características de flexibilidad exigibles para poder gobernar las velas de la embarcación.

Por ello se ha optado por realizar un cosido en las velas con tela aislante por donde se pasarán los cables.

Esta decisión se debe a que las velas ya tienen partes cosidas se por sí, como los refuerzos laterales y sables (finos listones que se introducen en las velas para ofrecer mayor alunamiento). Por lo que no supondría un gran desgaste para dichas velas y así se ofrecería la misma estructura y calidad que para la instalación de los propios paneles solares.

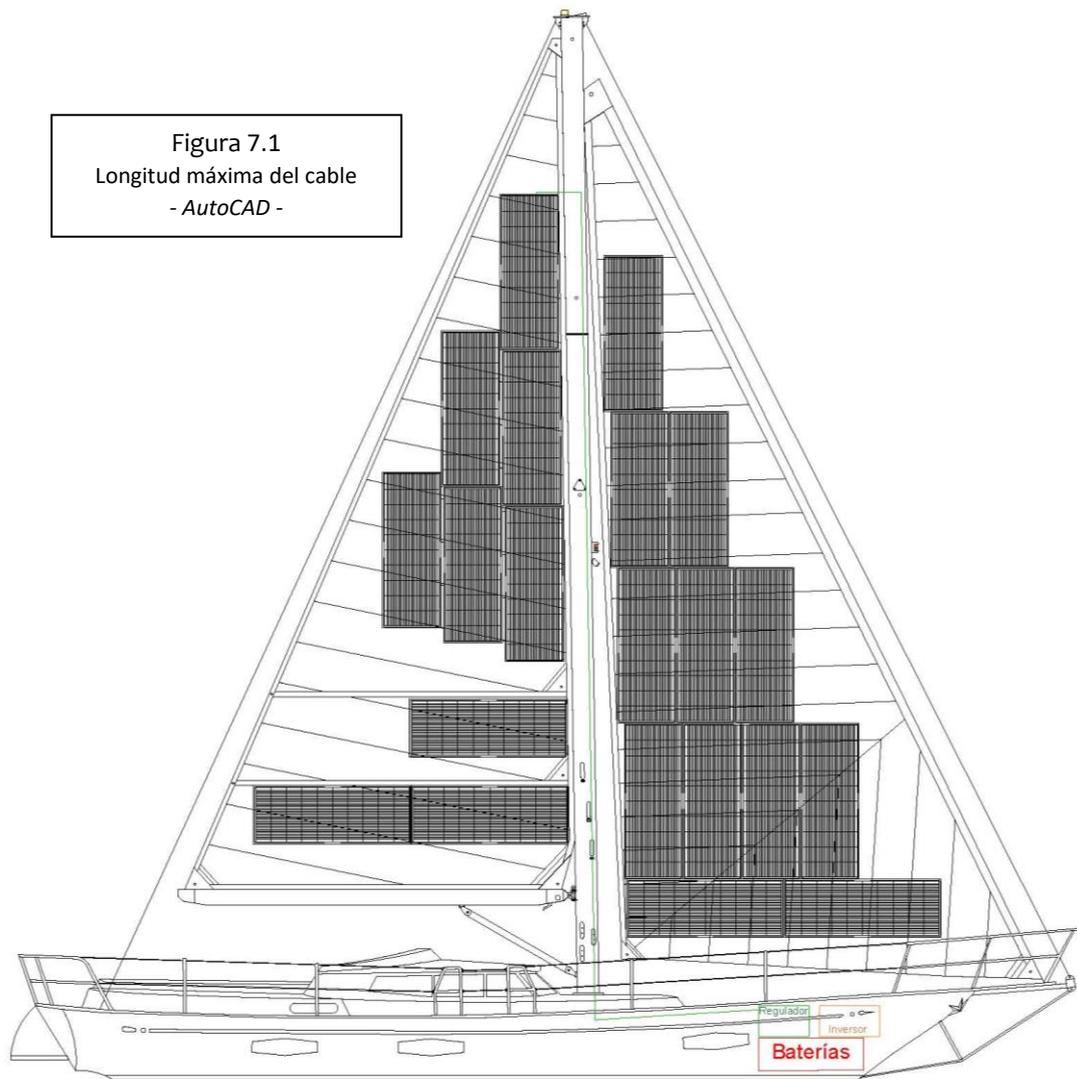
Si bien es cierto que no existe mucha información sobre este tipo de recubrimiento para cables, en parte debido a que no se han realizado muchos proyectos sobre la colocación de instalaciones eléctricas en condiciones similares a las descritas, se ha considerado que esta opción será la que se realice.

Por otra parte, para saber el tipo de cable que se ha de emplear, es necesario acudir a la Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (6). En este reglamento se encuentran divididos en diferentes tipos de instalaciones cada uno de los tipos de cable recomendado.

Ahora bien, una vez sabido el tipo de instalación que se desea realizar, es importante realizar el cálculo de la dimensión del cableado.

Para ello es importante realizar un esquema de la configuración del cableado, y así poder saber la longitud del cable necesaria esta instalación.

La siguiente figura muestra la dimensión de la embarcación y la longitud máxima del cable que se ha de instalar.



Con la anterior ilustración se pretende demostrar la colocación de dicho cable, haciéndolo pasar por el interior de la embarcación y del mástil para posteriormente extraerlo a la vela.

Esto no supondrá un gran problema para la estanqueidad de la instalación, ya que existen varios orificios con cables a lo largo de todo el mástil. Ya sea para dar electricidad a las diferentes luces de balizamiento o a los sistemas de radionavegación que comparten la mayoría de embarcaciones.

A continuación, en la Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se ha de acudir a la división específica para instalaciones húmedas, ya que se asume que a pesar de que el cableado estará aislado del agua de mar o lluvia, no será posible aislarlo también de la humedad. Por ello es necesario acudir al apartado 8, donde se sitúan las instalaciones especiales, y en ello el subapartado BT-30, que incluye en concreto las instalaciones en locales de características especiales. En esta parte se detalla cómo ha de ser la canalización e instalación de un local húmedo.

Esta guía detalla textualmente que: *“Debido a la necesidad de asegurar para este tipo de locales tensiones de contacto muy bajas, las masas y elementos conductores deben conectarse*

mediante conductores de protección, o de equipotencialidad, a la instalación de puesta a tierra, garantizándose que la tensión de contacto no supere los 24 V.”.

También se indica el tipo de cable que se deberá emplear, que se detalla en la siguiente tabla:

Cable H07RN-F	Cable de tensión asignada 450/750 V, con conductor de cobre clase 5 apto para servicios móviles (-F), aislamiento de goma (R) y cubierta de policloropreno (N).
Cable H07ZZ-F (AS)	Cable no propagador de incendio, de tensión asignada 450/750 V, con conductor de cobre clase 5 apto para servicios móviles (-F), aislamiento y cubierta de compuesto reticulado (R) con baja emisión de humos y gases.
Cable RV-K	Cable de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de policloruro de vinilo (V).
Cable RZ1-K (AS)	Cable no propagador de incendio, de tensión asignada 0,6/1 kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), ), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1)

Tabla 5.1: Tipo de cable aislado con cubierta en el interior de canales aislantes. (6)

En esta instalación se empleará el cable H07RN-F ya que el aislamiento de goma le proporcionará la flexibilidad y la cubierta de policloropreno ayudará a que tenga la resistencia necesaria para las condiciones adversas que presenta esta instalación.

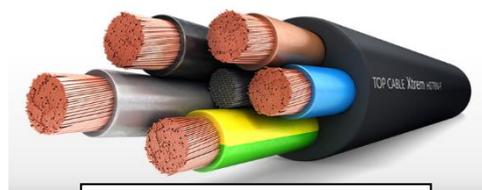


Figura 7.2  
Cable H07RN-F  
- www.topcable.com -

Para realizar dichos cálculos, se debe dividir la instalación en diferentes partes:

- Cableado paneles solares – regulador (L1):

En esta parte se han de recuperar varios datos importantes expuestos a lo largo del proyecto para poder realizar un cálculo lo más ajustado posible a la realidad. Para ello se detalla la siguiente tabla:

Longitud máxima	L = 15 m
Tensión máxima	$V_{max} = 2 \cdot V_{M,MOD} = 36,1 \text{ V}$
Corriente máxima	$I_{max} = I_{M,G} = 69,37 \text{ A}$

Tabla 5.2: Características del cableado de paneles a regulador.

Con esta información, se puede calcular la sección del cable, que se realizará mediante el criterio de máxima caída de tensión, ya que éste suele ser más preciso que el criterio térmico o de máxima intensidad admisible. Por lo que:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{max}}{\sigma \cdot e}$$

Donde  $\sigma$  simboliza la conductividad del material (en este caso será la conductividad del cobre, que es de  $44 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$  a una temperatura máxima de  $90^\circ\text{C}$ ) y  $e$  representa el porcentaje de la máxima caída de tensión en el cable, que por lo general, se intenta que no supere el 2%). Por tanto:

$$S = \frac{2 \cdot 15 \cdot 69,37}{44 \cdot \left(\frac{2}{100} \cdot 36,1\right)} = 65,51 \text{ mm}^2$$

Con este dato es importante evidenciar que los cables se fabrican con determinadas secciones de cable y no se puede crear un cable para una instalación particular con una sección diferente a las comercializadas. Por ello se ha de escoger la sección inmediatamente superior a la calculada, y por tanto de  $70 \text{ mm}^2$ .

#### - Cableado regulador – baterías (L2):

Al igual que la parte anterior, el primer paso a realizar es recopilar los datos que se van a tener en cuenta:

Longitud máxima	$L = 1,5 \text{ m}$
Tensión máxima	$V_{\text{bat}} = 24 \text{ V}$
Corriente máxima	$I_{\text{S,REG}} = 82,35 \text{ A}$

Tabla 5.3: Características del cableado de regulador a baterías.

Ahora se procede a calcular la sección, pero en este caso, la corriente máxima que circulará por el cable será la de salida del regulador:

$$S = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 82,35}{44 \cdot \left(\frac{2}{100} \cdot 24\right)} = 21,12 \text{ mm}^2$$

Cuya sección escogida será de  $25 \text{ mm}^2$ , que es la inmediatamente superior a la calculada.

Cabe recordar que se colocarán 2 reguladores en esta instalación, y cada uno de ellos será el encargado de controlar una parte de las velas de esta instalación.

#### - Cableado baterías – inversor (L3):

La corriente de paso de esta línea será la máxima que pueda suministrar el inversor. Por lo que en este caso:

Longitud máxima	$L = 1,5 \text{ m}$
Tensión máxima	$V_{\text{bat}} = 24 \text{ V}$
Corriente máxima	$I_{\text{max}} = 10,42 \text{ A}$

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{inv}}}{V_{\text{bat}}} = \frac{250}{24} = 10,42 \text{ A}$$

Tabla 5.4: Características del cableado de baterías a inversor.

Tal y como se ha realizado en las partes anteriores, se procede a realizar el cálculo de sección de cable de la siguiente manera:

$$S = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10,42}{44 \cdot \left(\frac{2}{100} \cdot 24\right)} = 1,48 \text{ mm}^2$$

Con la sección anteriormente calculada, se deberá colocar un cable de sección  $1,5 \text{ mm}^2$ .

El siguiente esquema representa las diferentes secciones de cable que se deberán emplear en esta instalación:

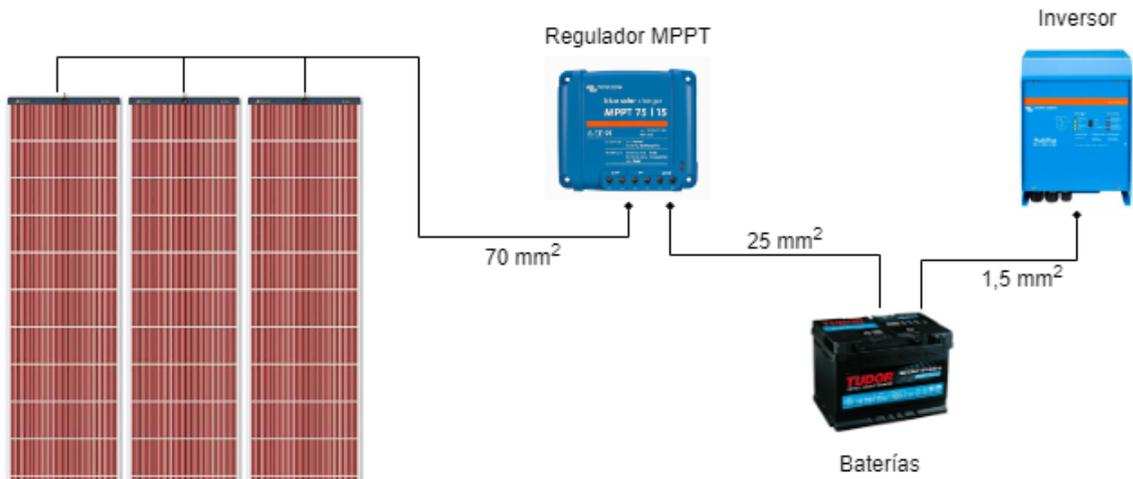


Figura 7.3  
Esquema de secciones de cable  
- draw.io -

## 5. Descripción de la instalación fotovoltaica en cubierta

El objetivo de esta instalación es el de tener una producción extra durante el tiempo que las velas no pueden estar desplegadas.

Para ello se ha optado por la anexión de una instalación paralela que alimente las mismas baterías y que se componga de unas placas solares ya comercializadas como son las células fotovoltaicas de Silicio monocristalino con material TPT (Tedlar Polyester Tedlar).

Estas células irán adheridas a la estructura del casco de la embarcación, y serán lo suficientemente resistentes como para aguantar impactos considerables y si es posible, el peso de las personas en caso de que se necesite pasar por encima de ellas.

### 5.1. Paneles solares

Como se menciona anteriormente, los paneles seleccionados para esta parte de la instalación serán los de Silicio monocristalino, que debido a su alto rendimiento y comercialización, resultará sencillo tanto para instalar como para realizar el cálculo aproximado de producción energética.

Debido a la localización de estos paneles, es necesario garantizar su protección frente a impactos y grandes pesos, ya que cualquier parte del barco debe poder ser empleada ya sea para pasar por encima como para apoyar grandes pesos.



Figura 8.1  
Células Silicio Monocristalino  
- Arcia Solar Energy -

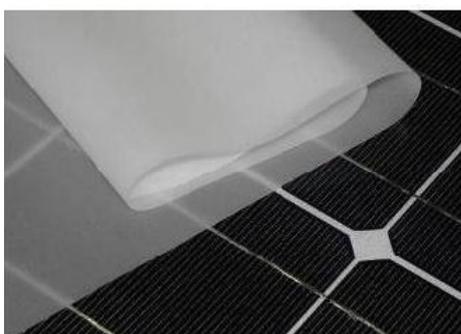


Figura 8.2  
Células Silicio Monocristalino  
- Arcia Solar Energy -

Se ha optado por utilizar dichas placas de silicio monocristalino con material TPT, anteriormente mencionado.

Este material se forma con una película de capa compuesta y se utiliza a menudo como lámina de recubrimiento para la parte posterior de los módulos fotovoltaicos. Proporciona una alta resistencia a la intemperie y baja permeabilidad a la humedad, el vapor o el aceite. También otorga una alta resistencia a los impactos y todo ello sin impedir el paso del espectro solar.

La utilización del TPT en las láminas de Silicio monocristalino, otorga al panel solar la capacidad de poder ser situado en superficies ligeramente curvas, como es la parte superior de la cubierta de la embarcación.

En definitiva, el panel solar seleccionado será el SUNFLEX FLX150SP-M de la marca RedSolar, ya que proporciona una potencia pico de 150 W y 15° de flexión.

### 5.2. Situación de los paneles solares

La situación de los paneles solares es una parte importantísima del diseño, ya que dependiendo de la posición de los mismos, se conseguirá una producción u otra.

Para ello y teniendo en cuenta el tamaño de estos paneles y su complejidad a la hora de separarlos, se ha optado por dejar uno de ellos entero, y partir el otro por la mitad, facilitando de esta manera el proceso de instalación de los mismos.

El panel seleccionado para este diseño es el Panel solar monocristalino con material TPT de la marca *RedSolar*, por lo que su diseño viene dado por el fabricante en la figura 6.1. También se ha realizado también un diseño en dos dimensiones (figura 6.2 para facilitar el visualizado de cómo quedarán los paneles.



Figura 9.1  
Panel solar monocristalino TPT  
- RedSolar SUNFLEX -

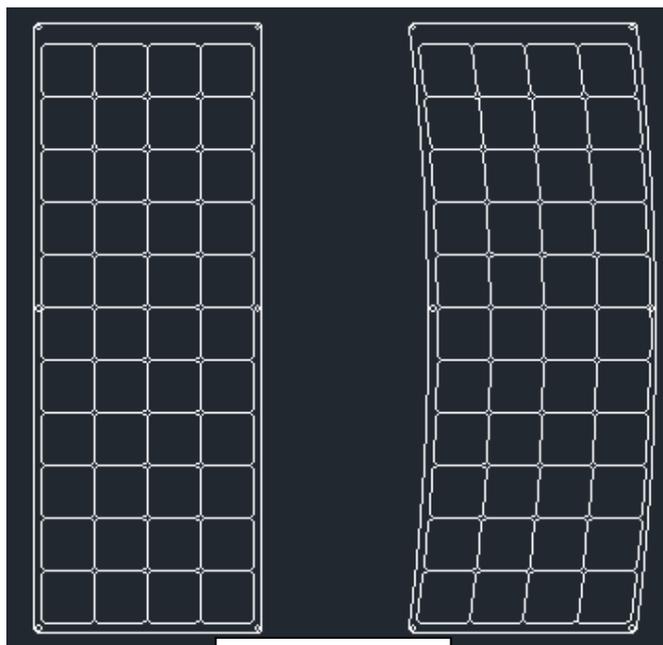


Figura 9.2  
Panel solar en 2D  
- AutoCAD -

Sabiendo que estos paneles se han de colocar en la cubierta, es importante decidir en qué lugar se situarán, puesto que no será recomendable tenerlos en zonas donde existan sombras constantemente ni en zonas que se han de pisar continuamente.

Por ello se ha optado por situarlos en las zonas curvas situadas en el centro de la embarcación. Estas tienen un grado aceptable de curvatura, apto para poder colocar los paneles seleccionados anteriormente.

En la siguiente figura se puede observar la localización de las zonas que presentan las características necesarias para la colocación de dichos paneles.

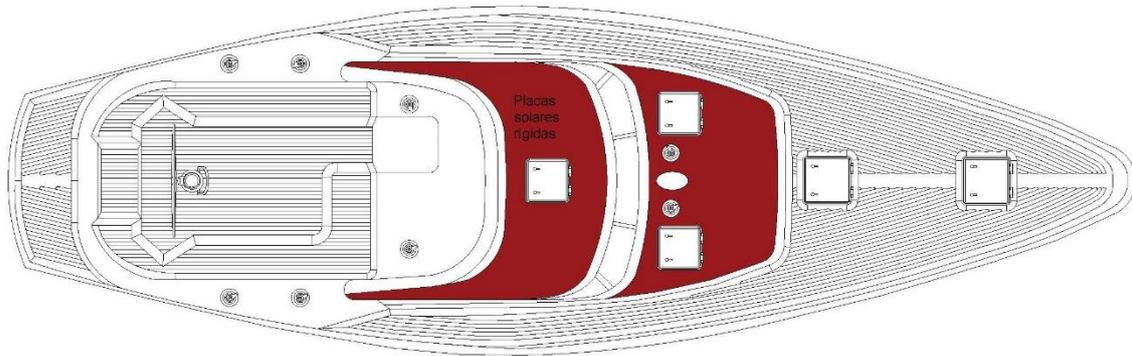


Figura 9.3  
Localización de las placas monocristalinas  
– AutoCAD –

El objetivo de este apartado es el de poder colocar la mayor cantidad de células fotovoltaicas posibles, por ello se ha optado por separar uno de los dos panes por la mitad. De esta manera, no será complicada la instalación.

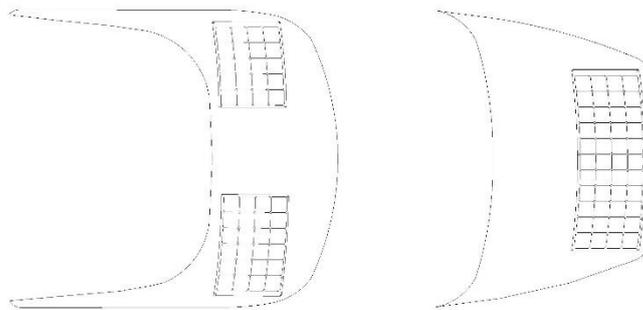


Figura 9.4  
Posición final de las placas SUNFLEX  
– AutoCAD –

De esta forma se conseguirá situar dos placas solares de 150 W cada una y conseguir así una producción aceptable sin bloquear ninguna parte de la embarcación.

Estas placas deberán ir conectadas a un regulador MPPT, que será el encargado de transformar la energía producida por los paneles fotovoltaicos a la tensión necesaria para cargar las baterías.

Para averiguar el regulador necesario para esta instalación, se ha de calcular la corriente máxima de carga que ha de pasar por él. Para ello:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{P_{total}}{V_{bat}} = \frac{300}{24} = 12,5 A$$

Por lo tanto, el regulador MPPT escogido deberá tener una corriente máxima de carga de 12,5 A, pero al no haber uno de estas características, se deberá buscar otro cuyo valor de corriente máxima de carga sea inmediatamente superior. En este caso será de 15 A.

### 5.3. Producción energética

Tras haber analizado la situación de las placas fotovoltaicas y la localización de la embarcación, se puede realizar un cálculo aproximado de la producción que dichos paneles.

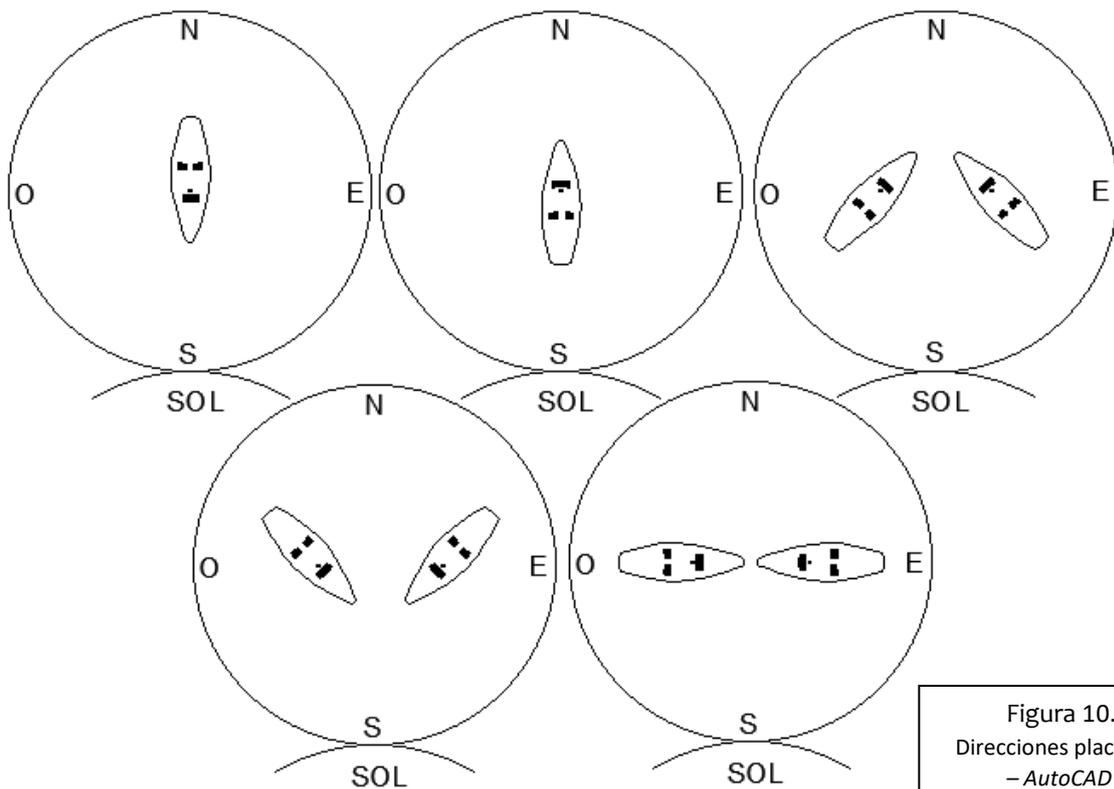
Para ello es necesario saber la potencia máxima que pueden generar dichos paneles, y teniendo en cuenta que se ha realizado el diseño mediante dos placas comercializadas, se puede conocer con exactitud la potencia de pico.

$$2 \text{ placas solares} \cdot 150 \text{ Wp cada una} = 300 \text{ Wp}$$

Esta producción viene dada por las diferentes posiciones que pueda optar la embarcación. Pero a diferencia de la instalación de las velas, esta tendrá una orientación de 10° con respecto a la horizontal, por lo que la absorción de los rayos del sol será mucho mayor.

Al igual que en la instalación de las velas, se ha realizado una estimación para cada una de las posiciones que pueda tener la embarcación. Además, se ha optado por considerar también el ángulo en el que la embarcación está atracada ya que posiblemente se mantenga en esta situación la mayor parte del tiempo.

La imagen siguiente agrupa las diferentes direcciones que puede tener dicha embarcación con respecto al ángulo de irradiación solar.



Tras visualizar la imagen anterior, se puede comprobar que dependiendo de la dirección de la embarcación, las placas solares tendrán una producción u otra debido al ángulo de azimut.

En las siguientes tablas, se agrupan las producciones e irradiaciones solares que conseguirán los paneles solares de cubierta.

ATRACADO EN PUERTO (50° AZIMUT)

Mes	Horas Pico	Producción mensual KWh	Producción diaria KWh	Irradiancia mensual KWh/m <sup>2</sup>	Irradiancia diaria KWh/m <sup>2</sup>
Enero	2,1	19,8	0,6	81,7	2,6
Febrero	2,9	24	0,9	97,7	3,5
Marzo	3,8	35,3	1,1	144	4,6
Abril	4,5	40,6	1,4	169	5,6
Mayo	5,3	49,4	1,6	209	6,7
Junio	5,7	51,5	1,7	222	7,4
Julio	5,7	53,3	1,7	232	7,5
Agosto	5,0	46,6	1,5	202	6,5
Septiembre	4,0	35,8	1,2	154	5,1
Octubre	2,9	27,4	0,9	116	3,7
Noviembre	2,2	19,8	0,7	82,9	2,8
Diciembre	1,9	17,3	0,6	71,9	2,3

Tabla 6.1: Producción energética de células rígidas con el barco atracado en puerto.

## DIRECCIÓN SUR

Mes	Horas Pico	Producción mensual KWh	Producción diaria KWh	Irradiancia mensual KWh/m <sup>2</sup>	Irradiancia diaria KWh/m <sup>2</sup>
Enero	2,3	21,6	0,7	88,3	2,8
Febrero	3,0	25,3	0,9	103	3,7
Marzo	4,0	36,8	1,2	150	4,8
Abril	4,6	41,4	1,4	172	5,7
Mayo	5,4	49,8	1,6	211	6,8
Junio	5,7	51,5	1,7	223	7,4
Julio	5,7	53,4	1,7	233	7,5
Agosto	5,1	47,1	1,5	205	6,6
Septiembre	4,1	36,9	1,2	158	5,3
Octubre	3,1	28,7	0,9	122	3,9
Noviembre	2,4	21,3	0,7	88,4	2,9
Diciembre	2,0	18,9	0,6	77,9	2,5

Tabla 6.2: Producción energética de células rígidas con el barco orientado al sur.

## DIRECCIÓN NORTE

Mes	Horas Pico	Producción mensual KWh	Producción diaria KWh	Irradiancia mensual KWh/m <sup>2</sup>	Irradiancia diaria KWh/m <sup>2</sup>
Enero	1,2	11,6	0,4	52,7	1,7
Febrero	2,0	16,7	0,6	71,4	2,6
Marzo	3,1	28,7	0,9	119	3,8
Abril	4,1	36,7	1,2	152	5,1
Mayo	5,1	47,4	1,5	200	6,5
Junio	5,6	50,6	1,7	218	7,3
Julio	5,5	51,6	1,7	224	7,2
Agosto	4,6	42,8	1,4	185	6,0
Septiembre	3,4	30,3	1,0	131	4,4
Octubre	2,2	20,3	0,7	89	2,9
Noviembre	1,4	12,3	0,4	55,9	1,9
Diciembre	1,0	9,5	0,3	44,6	1,4

Tabla 6.3: Producción energética de células rígidas con el barco orientado al norte.

## DIRECCIÓN NORESTE Y NOROESTE

Mes	Horas Pico	Producción mensual KWh	Producción diaria KWh	Irradiancia mensual KWh/m <sup>2</sup>	Irradiancia diaria KWh/m <sup>2</sup>
Enero	1,4	13,2	0,4	58,4	20,5
Febrero	2,2	18,2	0,7	76,6	20,8
Marzo	3,2	29,8	1,0	123	25,4
Abril	4,1	37,3	1,2	155	27,0
Mayo	5,1	47,7	1,5	201	29,5
Junio	5,6	50,8	1,7	219	29,5
Julio	5,6	52	1,7	226	30,1
Agosto	4,7	43,5	1,4	186	28,1
Septiembre	3,5	31,4	1,0	135	25,6
Octubre	2,3	21,8	0,7	94,4	24,0
Noviembre	1,5	13,9	0,5	61,2	20,8
Diciembre	1,2	11,1	0,4	50,3	20,0

Tabla 6.4: Producción energética de células rígidas con el barco orientado al noreste y noroeste.

## DIRECCIÓN SURESTE Y SUROESTE

Mes	Horas Pico	Producción mensual KWh	Producción diaria KWh	Irradiancia mensual KWh/m <sup>2</sup>	Irradiancia diaria KWh/m <sup>2</sup>
Enero	2,2	20,1	0,6	82,9	2,7
Febrero	2,9	24,2	0,9	98,7	3,5
Marzo	3,8	35,5	1,1	145	4,7
Abril	4,5	40,7	1,4	169	5,6
Mayo	5,3	49,5	1,6	209	6,7
Junio	5,7	51,5	1,7	223	7,4
Julio	5,8	53,5	1,7	233	7,5
Agosto	5,0	46,7	1,5	203	6,5
Septiembre	4,0	36	1,2	155	5,2
Octubre	3,0	27,6	0,9	117	3,8
Noviembre	2,2	20,1	0,7	83,8	2,8
Diciembre	1,9	17,6	0,6	73	2,4

Tabla 6.5: Producción energética de células rígidas con el barco orientado al sureste y suroeste.

## DIRECCIÓN ESTE Y OESTE

Mes	Horas Pico	Producción mensual KWh	Producción diaria KWh	Irradiancia mensual KWh/m <sup>2</sup>	Irradiancia diaria KWh/m <sup>2</sup>
Enero	1,8	16,8	0,5	70,8	2,3
Febrero	2,5	21,3	0,8	87,8	3,1
Marzo	3,5	32,7	1,1	134	4,3
Abril	4,3	39	1,3	162	5,4
Mayo	5,2	48,6	1,6	205	6,6
Junio	5,7	51,2	1,7	221	7,4
Julio	5,7	52,7	1,7	230	7,4
Agosto	4,9	45,2	1,5	196	6,3
Septiembre	3,8	33,8	1,1	145	4,8
Octubre	2,7	24,9	0,8	106	3,4
Noviembre	1,9	17,1	0,6	72,7	2,4
Diciembre	1,6	14,5	0,5	61,8	2,0

Tabla 6.6: Producción energética de células rígidas con el barco orientado al este y oeste.

Con estas tablas se consigue visualizar la producción aproximada que puede obtener la embarcación para cuando esta se sitúa en puerto o las condiciones meteorológicas impiden el izado de las velas.

### 5.4. Cableado

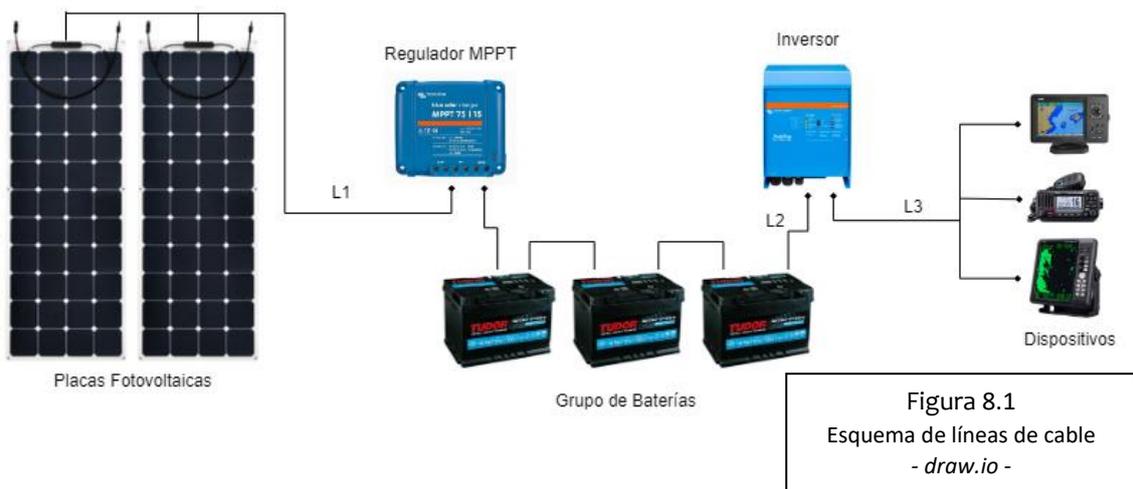
A la hora de realizar el cableado de esta parte de la instalación, se ha de tener en cuenta que resultará más fácil realizar agujeros bajo los paneles para impermeabilizar la instalación, que colocar tubos o cualquier otro elemento sobre el casco del barco.

Con esto se espera que el agua no afecte a la instalación ni al rendimiento de la misma, ya que es muy común encontrar placas solares de este tipo en embarcaciones veleras como la propuesta.

Al igual que en la instalación anterior, el cableado de esta parte se ha de basar en la Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (6).

Tras analizar el REBT, se ha optado por calcular el cableado escogiendo el mismo tipo de cable propuesto para la instalación flexible, ya que a pesar de que las condiciones no serán tan adversas, su capacidad de flexibilidad e impermeabilidad dotará a esta parte de la instalación de mayor seguridad para el caso de tormentas y problemas meteorológicos que pudieran influir en el correcto funcionamiento de la misma.

Por ello se ha creado un esquema que ejemplifica la instalación de placas solares fijas que se colocarán en esta embarcación.



Tras ver el esquema anterior, se ha de calcular la sección correspondiente a cada parte del cableado, y por ello se ha dividido la instalación en tres partes.

*- Cableado paneles solares – regulador (L1):*

Tal y cómo se hizo en los apartados anteriores, a continuación se muestra una tabla con los principales datos que se han de tener en cuenta a la hora de realizar dicho cálculo.

Longitud máxima	$L = 3 \text{ m}$
Tensión máxima	$V_{\text{max}} = V_{\text{M,MOD}} = 25,52 \text{ V}$
Corriente máxima	$I_{\text{max}} = I_{\text{mp}} = 5,97 \text{ A}$

Tabla 7.1: Características del cableado de placas solares a regulador.

Se ha de tener en cuenta que sigue siendo un cable de cobre y por lo tanto la conductividad del material ( $\sigma$ ) es de  $44 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$  a una temperatura máxima de  $90^\circ\text{C}$ . También se ha de considerar que la máxima caída de tensión del cable sigue siendo del 2%. Por tanto:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{max}}{\sigma \cdot e} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 5,97}{44 \cdot \left(\frac{2}{100} \cdot 25,52\right)} = 22,46 \text{ mm}^2$$

Al visitar la tabla de tamaños de sección comercializadas, se puede observar que el área escogida para este cable ha de ser de  $25 \text{ mm}^2$  ya que corresponde al valor inmediatamente superior al calculado.

- Cableado regulador – baterías (L2):

Al igual que la parte anterior, el primer paso a realizar es recopilar los datos que se van a tener en cuenta:

Longitud máxima	L = 1,5 m
Tensión máxima	V <sub>bat</sub> = 24 V
Corriente máxima	I <sub>max,REG</sub> = 12,5 A

Tabla 7.2: Características del cableado de regulador a baterías.

Ahora se procede a calcular la sección, pero en este caso, la corriente máxima que circulará por el cable será la de salida del regulador:

$$S = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 12,5}{44 \cdot \left(\frac{2}{100} \cdot 24\right)} = 1,78 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, la sección establecida para esta parte de la instalación será de  $2,5 \text{ mm}^2$ , ya que corresponde al tamaño comercializado inmediatamente superior al calculado.

- Cableado baterías – inversor (L3):

La corriente de paso de esta línea será la máxima que pueda suministrar el inversor. Por lo que en este caso:

Longitud máxima	L = 1,5 m
Tensión máxima	V <sub>bat</sub> = 24 V
Corriente máxima	I <sub>max</sub> = 10,42 A

$$I_{max} = \frac{P_{inv}}{V_{bat}} = \frac{250}{24} = 10,42 \text{ A}$$

Tabla 7.3: Características del cableado de baterías a inversor.

Tal y como se ha realizado en las partes anteriores, se procede a realizar el cálculo de sección de cable de la siguiente manera:

$$S = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10,42}{44 \cdot \left(\frac{2}{100} \cdot 24\right)} = 1,48 \text{ mm}^2$$

Con la sección anteriormente calculada, se deberá colocar un cable de sección  $1,5 \text{ mm}^2$ .

En este caso cabe añadir que este cableado será el mismo para ambas instalaciones. Tanto la parte de la instalación de paneles de Perovskita como la de los paneles monocristalinos que

se acaban de calcular, comparten el mismo grupo de baterías e inversor, ya que almacenar la energía de ambas instalaciones en diferentes grupos de baterías supondría una pérdida de espacio y de dinero inasumible para este proyecto.

Por ese motivo, a pesar de haberlo calculado por separado, el apartado correspondiente al cableado L3 será únicamente el correspondiente a una de las dos líneas.

El siguiente esquema representa las diferentes secciones de cable que se deberán emplear en esta instalación:



## 6. Baterías

Las baterías son un componente importante en cualquier instalación aislada puesto que estas son las que se encargan de almacenar la energía para que pueda ser empleada durante la noche o durante periodos de mal tiempo en los que no se pueda obtener suficiente producción solar, así como de suministrar picos de intensidad mayores que los que puede proporcionar el campo fotovoltaico como puede ser el arranque de motores.

Además, las baterías son las encargadas de suministrar una intensidad de corriente superior a la que recibe el panel solar en sí mismo para mejorar su rendimiento.

Las baterías solares consisten en un grupo de celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en electricidad. Cada una de estas celdas consta de un electrodo positivo y otro negativo, y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre estos electrodos, facilitando que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo la función deseada.

Existen varios tipos de baterías que pueden cubrir las diferentes necesidades que se tienen en una instalación aislada, y por ello a continuación se diferenciarán los diferentes tipos de baterías existentes en el mercado de las instalaciones solares.

- ♦ **Plomo-Ácido (Pb-Ácido):** Las baterías de plomo-ácido o plomo abierto son aquellas que están compuestas por planchas de plomo o celdas donde una de estas, el electrodo positivo, está cubierto con dióxido de plomo en forma cristalina. El

electrolito está compuesto de ácido sulfúrico, y este participa en las reacciones con los electrodos.

- ◆ **Níquel-Cadmio (Ni-Cd):** Las baterías de níquel-cadmio utilizan un cátodo de hidróxido de níquel, un ánodo de un compuesto de cadmio y para el electrolito se emplea hidróxido de potasio. Estos materiales permiten recargar la batería una vez está agotada. Sin embargo, su densidad de energía es de 50 Wh/kg, lo que hace que tenga poca capacidad.
- ◆ **Níquel-Hidruro metálico (NiMH):** Las baterías de níquel-hidruro metálico utilizan un ánodo de óxido de níquel y un cátodo de una aleación de hidruro metálico. Estos materiales abaratan el coste del cadmio, que además es peligroso para el medio ambiente, y además se beneficia de una mayor capacidad de carga.
- ◆ **Ion-Litio (Li-Ion):** Las baterías de ion-litio emplean una sal de litio como electrolito, que procura los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible entre el ánodo y el cátodo. Estas baterías se emplean en su mayoría en dispositivos portátiles (móviles, tabletas, ordenadores portátiles, etc.) puesto que ofrecen una mayor capacidad de almacenamiento de energía en unidades de menor peso y tamaño que las baterías de níquel.

Una vez sabido esto, el siguiente paso es averiguar la capacidad necesaria para alimentar el motor de arranque.

Para deducir dicha capacidad, ha sido necesario introducirse en la embarcación y así averiguar el tamaño de las baterías existentes en el grupo electrógeno. De esta manera, se ha comprobado que la batería instalada se trata de un acumulador de la marca *Tudor* en concreto el modelo *TK700*. Estas baterías llamadas de *AGM* o *Absorbent Glass Mat* (fibra de vidrio absorbente) no necesitan mantenimiento constante ni ventilación, ya que a pesar de ser de plomo-ácido, están selladas o casi selladas y por lo tanto no desprenden gases.

Tal y como se puede observar en la figura 2.1, la batería de esta embarcación en concreto tiene una capacidad de 70 Ah, y se deberá tener en cuenta a la hora de instalar el grupo de acumuladores ya que para esperar una respuesta similar a la dada por el grupo electrógeno, será empleada una batería con características semejantes.

Para saber la cantidad y tipo de acumuladores que se deben contener en esta instalación, es necesario realizar un cálculo aproximado de la capacidad total del grupo, que dependerá directamente del número de días de autonomía que se consideran necesarios para que la instalación funcione a pesar de las condiciones climáticas que puedan haber.



Figura 9.1  
Batería Tudor TK700 AGM  
- [autofacil.es](http://autofacil.es) -

Para poder realizar estos cálculos, se han de considerar unos parámetros base sobre los que sustentar el procedimiento. Por ello se ha considerado lo siguiente:

- La Profundidad de Descarga Máxima Estacional ( $PD_{max,e}$ ) = 70% = 0,7
- La Profundidad de Descarga Máxima Diaria ( $PD_{max,d}$ ) = 15% = 0,15
- El Número de Días de Autonomía (N) = 6

Ahora se debe calcular la capacidad del grupo diferenciando la descarga diaria de la estacional.

$$C_{n,d} = \frac{L_{dm,DC} + L_{dm,AC}}{PD_{max,d}} = \frac{1.347}{0,15} = 8.980 \text{ Wh}$$

$$C_{n,d} = \frac{C_{n,d} (Wh)}{V_{bat}} = \frac{8.980}{24} = 374,17 \text{ Ah}$$

Con estos cálculos se obtiene la capacidad nominal diaria de las baterías.

El siguiente paso es hacer el mismo proceso pero esta vez para la capacidad nominal estacional.

$$C_{n,D} = \frac{(L_{dm,DC} + L_{dm,AC}) \cdot N}{PD_{max,e}} = \frac{1.347 \cdot 6}{0,7} = 1.155 \text{ Wh}$$

$$C_{n,D} = \frac{C_{n,e} (Wh)}{V_{bat}} = \frac{1.155}{24} = 48,125 \text{ Ah}$$

Una vez realizados ambos procedimientos, se debe seleccionar el que tenga una capacidad mayor, que en este caso corresponde a la capacidad nominal diaria (374 Ah). Y con esto, se ha de encontrar el número adecuado de baterías que mediante la suma de sus capacidades, se adecúen lo máximo posible a lo exigido por la instalación.

Por este motivo se ha considerado que la mejor opción es poner cuatro baterías de Ion-Litio en serie de 100 Ah cada una, consiguiendo así una capacidad total de 400 Ah.



Figura 9.2  
Batería Li-Ion 24V 100Ah  
- victronenergy.com -

## 7. Conclusión

En este proyecto se ha diseñado una instalación fotovoltaica aislada que comprende desde los paneles solares hasta los dispositivos finales de uso común, incluyendo el regulador, las baterías, el inversor y el cableado de cada una de las anteriores partes.

Esta instalación se ha caracterizado principalmente por la complejidad de las células fotovoltaicas y la dificultad que tiene realizar una instalación eléctrica en el medio marino que ha otorgado al proyecto de un carácter novedoso y original ya que no se han encontrado instalaciones similares en las diversas fuentes consultadas.

Con el diseño presentado, se ha pretendido obtener una manera alternativa de navegación frente al uso de energías no renovables en el medio marino y contaminación tanto atmosférica, como acústica, como marina.

Aunque en un principio se planteó la idea del proyecto para la sustitución por completo del grupo electrógeno, rápidamente se observaron los problemas que conllevaba el cambio absoluto del método de creación de energía y se optó por adecuar las tecnologías existentes y los medios detallados para la sustitución de dicho grupo en determinadas ocasiones. De esta manera se facilita la obtención de esta instalación para una mayor cantidad de embarcaciones.

Atendiendo al alto coste que supone conseguir todos los materiales y la mano de obra para la instalación de este diseño, se ha realizado un presupuesto buscando la mejor calidad precio en los diferentes componentes.

En cuanto a la opinión personal del proyecto, realizar este diseño supone llevar a cabo una idea que considero bastante novedosa y poner en práctica algunas de las competencias para las que está preparado el Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática:

- Aplicar los conocimientos teóricos y establecer el proceso a seguir para alcanzar determinados objetivos, llevar a cabo experimentos y analizar e interpretar datos para extraer conclusiones.
- Analizar y resolver problemas de forma efectiva, identificando y definiendo los elementos significativos que los constituyen.
- Innovar para responder satisfactoriamente y de forma original a las necesidades y demandas personales, organizativas y sociales con una actitud emprendedora.
- Diseñar, dirigir y evaluar una idea de manera eficaz hasta concretarla en un proyecto.
- Actuar con responsabilidad ética, medioambiental y profesional ante uno mismo y los demás.
- Identificar e interpretar los problemas contemporáneos en su campo de especialización, así como en otros campos del conocimiento.

## 8. Referencias

En este apartado se detallan los documentos y páginas que se han utilizado de fuente de información:

1. DamiaSolar. [En línea] 29 de Enero de 2018. [Citado el: 21 de Enero de 2019.] [https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-es-el-silicio-monocristalino\\_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-es-el-silicio-monocristalino_1).
2. Wikipedia. *Célula Fotoelectroquímica*. [En línea] [Citado el: 17 de Abril de 2018.] [https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula\\_fotoelectroqu%C3%ADmica](https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_fotoelectroqu%C3%ADmica).
3. Abella, Miguel Alonso. Dimensionado de Sistemas Autónomos. *Dimensionado de Sistemas Autónomos - EOI*. [En línea] 22 de Octubre de 2017. [Citado el: 30 de Enero de 2018.] <https://www.eoi.es/es/file/18634/download?token=RbnRr9N2>.
4. PVGIS. [En línea] 2019. [Citado el: 5 de Mayo de 2018.] [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html).
5. Lamigueiro, Oscar Perpiñán. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos. [En línea] 9 de Septiembre de 2015. [Citado el: 4 de Abril de 2018.] [https://oscarperpinan.github.io/esf/SFA\\_Disenio.pdf](https://oscarperpinan.github.io/esf/SFA_Disenio.pdf).
6. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Secretaría General de Industria de la Pequeña y Mediana Empresa. [En línea] [Citado el: 28 de Febrero de 2019.] [http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt\\_guia.aspx](http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx).
7. Wikipedia. *Batería VRLA*. [En línea] [Citado el: 14 de Noviembre de 2018.] [https://en.wikipedia.org/wiki/VRLA\\_battery](https://en.wikipedia.org/wiki/VRLA_battery).

# *Presupuesto*

## 1. Introducción

En el presente documento se encuentran los costes asociados a la elaboración del diseño, así como los gastos relacionados con la implementación del mismo y la compra del material para su realización.

Para ello se han agrupado las partidas en las siguientes secciones:

- Placas solares
- Componentes eléctricos
- Cableado
- Instalación
- Mano de obra

El valor de los componentes materiales necesarios para el desarrollo del proyecto se ha obtenido mediante la búsqueda del precio de venta al público de dichos materiales. De la misma manera, el valor de la mano de obra se ha obtenido según diversos convenios de trabajadores.

Todos estos costes podrían variar en función del mercado.

Además, para los materiales, se ha de aplicar un coste indirecto de aproximadamente el 3% en el caso de que sea una obra marítima según el Ministerio de Fomento del gobierno español. En cambio, en la mano de obra se ha considerado un 8% que supone el máximo establecido por ley para este tramo.

También se ha tenido en cuenta el IVA reducido aplicado a *“aquellos proyectos que se realicen con el objetivo de conseguir una mejora energética del edificio, reduciendo así su factura y convirtiéndose en construcciones más sostenibles con el medio ambiente”* como dicta el Ministerio de Hacienda.

## 2. Desarrollo

### 2.1 Placas solares

A continuación se especifican los valores asociados a la adquisición de dichos paneles.

Hay que tener en cuenta que las placas fotovoltaicas especificadas a lo largo de este proyecto no han sido comercializadas, pero teniendo en cuenta la evolución del mercado y los análisis expuestos por especialistas del sector, se ha asociado su valor al de las placas solares de DSSC.

Material placas solares	Detalle	Cantidad [uds]	Coste unitario [€/ud]	Coste total [€]
Perovskita	Konarka Power Plastic 40 series model 1040	42	247,27	10.385,34 €
Monocrystalino	RED SOLAR 150W-24V	2	305,00	610,00 €
Subtotal				10.995,34 €
Costes Indirectos				3%
Total				11.325,20 €

Tabla 8.1: Presupuesto de placas solares

## 2.2 Componentes Eléctricos

A continuación se especifican los valores asociados a la adquisición de dichos componentes.

Componentes eléctricos	Detalle	Cantidad [uds]	Coste unitario [€/ud]	Coste total [€]
Regulador 15A	Victron MPPT 100/15	1	142,13	142,13 €
Regulador 85A	Victron MPPT 150/85	2	710,63	1.421,26 €
Inversor solar	Victron Solar 24V 250VA	1	98,89	98,89 €
Batería	Victron Lynx Ion 24V 100Ah	4	2323,00	9.292,00 €
Subtotal				10.954,28 €
Costes Indirectos				3%
Total				11.282,91 €

Tabla 8.2: Presupuesto de componentes eléctricos

## 2.3 Cableado

Las siguientes partidas detallan los diferentes cables que se han de adquirir para la correcta conexión de la instalación.

Cable Ho7RN-F	Cantidad [m]	Coste unitario [€/m]	Coste total [€]
1,5 mm <sup>2</sup>	1,5	1,418	2,13 €
2,5 mm <sup>2</sup>	1,5	2,136	3,20 €
25 mm <sup>2</sup>	4,5	5,596	25,18 €
70 mm <sup>2</sup>	15	14,634	219,51 €
Subtotal			250,02 €
Costes Indirectos			3%
Total			257,52 €

Tabla 8.3: Presupuesto de cableado

## 2.4 Instalación

A continuación se detallan tanto los materiales necesarios para la realización del diseño como el conjunto de herramientas que se han de emplear para su instalación.

Instalación	Cantidad [m]	Coste unitario [€/m]	Coste total [€]
Tela impermeable	200	5,00	1.000,00 €
Hilo costura vela	400	3,50	1.400,00 €
Material costura	1	25,00	25,00 €
Material fijación a casco	1	75,00	75,00 €
Subtotal			2.500,00 €
Costes Indirectos			3%
Total			2.575,00 €

Tabla 8.4: Presupuesto de instalación

## 2.5 Mano de Obra

En este apartado, la mano de obra está dividida según los conocimientos y tareas realizadas de la persona encargada a tal efecto. La siguiente tabla especifica los costes asociados a las horas de estudio, trabajo y dirección de dichas personas.

Mano de obra	Cantidad [h]	Coste unitario [€/h]	Coste total [€]
Ingeniero	300	15,00	4.500,00 €
Supervisor	20	25,00	500,00 €
Técnico	80	10,00	800,00 €
Subtotal			5.800,00 €
Costes indirectos			8%
Total			6.264,00 €

Tabla 8.5: Presupuesto de mano de obra

### 3. Presupuesto Final

Partidas	Subtotal [€]
Placas Solares	11.325,20 €
Componentes Eléctricos	11.282,91 €
Cableado	257,52 €
Instalación	2.575,00 €
Mano de obra	6.264,00 €
Subtotal	31.704,63 €
IVA	10%
<b>TOTAL</b>	<b>34.875,10 €</b>

Tabla 8.5: *Presupuesto Total*

# *Pliego de Condiciones*

## 1. Objeto

El objeto del presente pliego de condiciones es el de fijar las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir el proyecto de una instalación fotovoltaica aislada de 5,5 kW, colocada tanto en las velas como sobre el casco de una embarcación velera de 12 metros de eslora situada en el puerto deportivo Marina de Dénia, para asegurar la calidad de la instalación y de sus componentes.

Se valorará la calidad final de la instalación en cuanto a su rendimiento, producción e integración.

Se podrán adoptar, por la propia naturaleza del proyecto o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este Pliego de Condiciones Técnicas (PCT), siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

Pretende servir de guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad, en beneficio del usuario y del propio desarrollo de esta tecnología.

Este PCT está asociado a las líneas de ayuda para la promoción de instalaciones de energía solar fotovoltaica en el ámbito del Plan de Energías Renovables.

## 2. Generalidades

Para la redacción de este pliego de condiciones técnicas es de aplicación toda la normativa que afecte a instalaciones solares fotovoltaicas:

- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector eléctrico.
- Real Decreto 2818/1998 de 23 de diciembre sobre producción de energía eléctrica por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración.
- Decreto 842/2002 de 2 de Agosto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Real Decreto 1433/2002 de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.
- Real Decreto 661/2007 de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

### 3. Definiciones

#### 3.1 Magnitudes

- Radicación solar: Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.
- Irradiancia: Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m<sup>2</sup>.
- Irradiación: Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto periodo de tiempo. Se mide en kWh/m<sup>2</sup>.
- Condiciones Estándar de Medida (CEM): Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas como referencia para caracterizar células, módulos y generadores fotovoltaicos y definidas del modo siguiente:

Irradiancia ( $G_{SCT}$ )	1000 W/m <sup>2</sup>
Distribución espectral	AM 1,5 G
Temperatura de la célula	25 °C

- Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal: suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.
- Potencia nominal del generador: suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.
- Potencia máxima del generador (potencia pico): Potencia máxima que puede entregar el módulo en las CEM.
- Capacidad nominal: Cantidad de carga que es posible extraer de una batería en un número determinado de horas, medida a una temperatura determinada.
- Capacidad útil: Capacidad disponible o utilizable de la batería. Se define como el producto de la capacidad nominal y la profundidad máxima de descarga permitida.
- Profundidad de descarga (PD): Cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal. Se expresa habitualmente en %.
- Capacidad de sobrecarga: Capacidad del inversor para entregar mayor potencia que la nominal durante ciertos intervalos de tiempo.
- Rendimiento del inversor: Relación entre la potencia de salida y la potencia de entrada del inversor. Depende de la potencia y de la temperatura de operación.

#### 3.2 Instalación fotovoltaica

- Instalaciones fotovoltaicas: Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.
- Célula solar o fotovoltaica: Dispositivo que transforma la energía solar en energía eléctrica.
- Módulo fotovoltaico: Conjunto de células solares interconectadas entre sí y encapsuladas entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

- Rama fotovoltaica: Conjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.
- Generador fotovoltaico: Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.
- Acumulador: Asociación eléctrica de baterías.
- Batería: Fuente de tensión continua formada por un conjunto de vasos electroquímicos interconectados.
- Vaso electroquímico: Elemento o celda electroquímica básica que forma parte de la batería, y cuya tensión nominal es aproximadamente 2 V.
- Regulador de carga: Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas. El regulador podrá no incluir alguna de estas funciones si existe otro componente del sistema encargado de realizarlas.
- Inversor: Convertidor de corriente continua en corriente alterna.

## 4. Diseño

### 4.1 Diseño del generador fotovoltaico

Para cada una de las partes de la instalación a realizar (flexible o fija), todos los módulos serán del mismo modelo, o en el caso de modelos distintos, el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa. Los módulos que forman las ramas de cada campo siempre estarán compuestos por módulos de igual modelo.

### 4.2 Dimensionado del sistema

Independientemente del método de dimensionado utilizado por el instalador, deberán realizarse los cálculos mínimos justificativos que se especifican en este PCT.

Se realizará una estimación del consumo de energía de acuerdo con el apartado 4.2 de la memoria.

Se determinará el rendimiento energético de la instalación y el generador mínimo requerido para cubrir las necesidades de consumo según lo estipulado en el apartado 4.2 de la memoria.

Como norma general, la autonomía mínima del acumulador será de cinco días.

Como criterio general, se valorará especialmente el aprovechamiento energético de la radiación solar.

### 4.3 Sistema de monitorización

El sistema de monitorización, cuando se instale, proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Tensión y corriente CC del generador.
- Potencia CC consumida, incluyendo el inversor como carga CC.
- Potencia CA consumid.
- Radiación solar en el plano de los módulos medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente en la sombra.

El sistema de adquisición será fácilmente accesible y los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación de las mismas se hará conforme al documento del JRC-Ispra “Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants – Document A”, Report EUR 16338 EN.

## 5. Componentes y materiales

### 5.1 Generalidades

Todas las instalaciones deberán cumplir con las exigencias de protecciones y seguridad de las personas, y entre ellas las dispuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión o legislación posterior vigente.

Como principio general, se tiene que asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico IPX6, según UNE 20.324 para equipos y materiales, salvo si están encerrados en armarios.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad para proteger a las personas frente a contactos directos e indirectos.

Se incluirán todas las protecciones necesarias para proteger a la instalación frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Los equipos electrónicos de la instalación cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas podrán ser certificadas por el fabricante).

Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar donde se sitúa la instalación.

## 5.2 Generadores fotovoltaicos

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino y UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos de capa delgada, así como la especificación UNE-EN 61730-1 y 2 sobre seguridad en módulos FV. Este requisito se justificará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente emitido por algún laboratorio acreditado.

El módulo llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo, nombre o logotipo del fabricante, y el número de serie, trazable a la fecha de fabricación, que permita su identificación individual.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto de estas características, con carácter excepcional, deberá presentarse en la Memoria justificación de su utilización.

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales, y tendrán un grado de protección IP65.

Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales, referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 5\%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación, como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células, o burbujas en el encapsulante.

Se instalarán los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del generador.

En aquellos casos en que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, todo producto que no cumpla alguna de las especificaciones anteriores deberá contar con la aprobación expresa del IDAE.

En todos los casos han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

## 5.3 Reguladores de carga

Las baterías se protegerán contra sobrecargas y sobredescargas. En general, estas protecciones serán realizadas por el regulador de carga, aunque dichas funciones podrán incorporarse en otros equipos siempre que se asegure una protección equivalente.

Los reguladores de carga que utilicen la tensión del acumulador como referencia para la regulación deberán cumplir los siguientes requisitos:

- La tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga Permitida.
- La precisión en las tensiones de corte efectivas respecto a los valores fijados en el regulador será del 1%.

- La tensión final de carga debe asegurar la correcta carga de la batería.
- La tensión final de carga debe corregirse por temperatura a razón de  $-4\text{mV}/^\circ\text{C}$  a  $-5\text{mV}/^\circ\text{C}$  por vaso, y estar en el intervalo de  $\pm 1\%$  del valor especificado.
- Se permitirán sobrecargas controladas del acumulador para evitar la estratificación del electrolito o para realizar cargas de igualación.

Se permitirá el uso de otros reguladores que utilicen diferentes estrategias de regulación atendiendo a otros parámetros, como por ejemplo, el estado de carga del acumulador. En cualquier caso, deberá asegurarse una protección equivalente del acumulador contra sobrecargas y sobredescargas.

El regulador de carga se seleccionará para que sea capaz de resistir sin daño una sobrecarga simultánea, a la temperatura ambiente máxima, de:

- Corriente en la línea de generador: un 25% superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico en CEM.
- Corriente en la línea de consumo: un 25 % superior a la corriente máxima de la carga de consumo.

El regulador de carga debería estar protegido contra la posibilidad de desconexión accidental del acumulador, con el generador operando en las CEM y con cualquier carga. En estas condiciones, el regulador debería asegurar, además de su propia protección, la de las cargas conectadas.

Las caídas internas de tensión del regulador entre sus terminales de batería y consumo serán inferiores al 2% de la tensión nominal (0,5 V para 12 V de tensión nominal). Estos valores se especifican para las siguientes condiciones:

- Corriente nula en la línea de generador y corriente en la línea acumulador
- Consumo igual a la corriente máxima especificada para el regulador.

Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3% del consumo diario de energía.

Las tensiones de reconexión de sobrecarga y sobredescarga serán distintas de las de desconexión, o bien estarán temporizadas, para evitar oscilaciones desconexión-reconexión.

El regulador de carga deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:

- Tensión nominal (V).
- Corriente máxima (A).
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.
- Polaridad de terminales y conexiones.

## 5.4 Inversores

Los requisitos técnicos de este apartado se aplican a inversores monofásicos o trifásicos que funcionan como fuente de tensión fija (valor eficaz de la tensión y frecuencia de salida fijos).

Para otros tipos de inversores se asegurarán requisitos de calidad equivalentes.

Los inversores se conectarán a la salida de consumo del regulador de carga o en bornes del acumulador. En este último caso se asegurará la protección del acumulador frente a sobrecargas y sobredescargas. Estas protecciones podrán estar incorporadas en el propio inversor o se realizarán con un regulador de carga, en cuyo caso el regulador debe permitir breves bajadas de tensión en el acumulador para asegurar el arranque del inversor.

El inversor debe asegurar una correcta operación en todo el margen de tensiones de entrada permitidas por el sistema.

El inversor será capaz de entregar la potencia nominal de forma continuada, en el margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

El inversor debe arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación, sin interferir en su correcta operación ni en el resto de cargas.

Los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones:

- Tensión de entrada fuera del margen de operación.
- Desconexión del acumulador.
- Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

Los inversores deberán estar etiquetados con, al menos, la siguiente información:

- Potencia nominal (VA).
- Tensión nominal de entrada (V).
- Tensión (VRMS) y frecuencia (Hz) nominales de salida.
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.
- Polaridad y terminales.

## 5.5 Cableado

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte DC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior de 1,5% y los de la parte AC para que la caída de tensión sea inferior del 2% teniendo en cuenta en ambos casos como referencia las correspondientes a cajas de conexiones.

Se incluirá toda la longitud de cable DC y AC. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuados para su uso en intemperie, al aire o enterrado de acuerdo con la norma UNE 21123. Se utilizará, en su caso, cables de secciones distintas, una para el cableado de Interconexión entre módulos (viene de serie con el propio módulo) y otra sección distinta desde el final de cada rama hasta la entrada del inversor.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, tanto en la parte de continua como de alterna especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. En la parte de alterna, esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

## 5.6 Puesta a tierra

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el REBT y en sus ITC correspondientes.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un ánodo fijado en la parte exterior del casco de la embarcación o en las hélices.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

## 6. Recepción y pruebas

El instalador entregará al usuario un documento/albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad, simulando diversos modos de funcionamiento.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y paradas en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.
- Determinación de la potencia instalada

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de 3 años, salvo para los módulos fotovoltaicos que la garantía será de 10 años para el 90% de su producción y de 25 años para el 80% de la misma, contado a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.

## 7. Garantía

### 7.1 Ámbito general de la garantía

Sin perjuicio de una posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la entrega de la instalación.

### 7.2 Plazos

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía será de 8 años.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del sistema debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

### 7.3 Condiciones económicas

La garantía incluye tanto la reparación o reposición de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, como la mano de obra.

Quedan incluidos los siguientes gastos: tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se debe incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si, en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

## 7.4 Anulación de la garantía

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador, excepto en las condiciones del último punto del apartado anterior (Condiciones económicas).

## 7.5 Lugar y tiempo de la prestación

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.

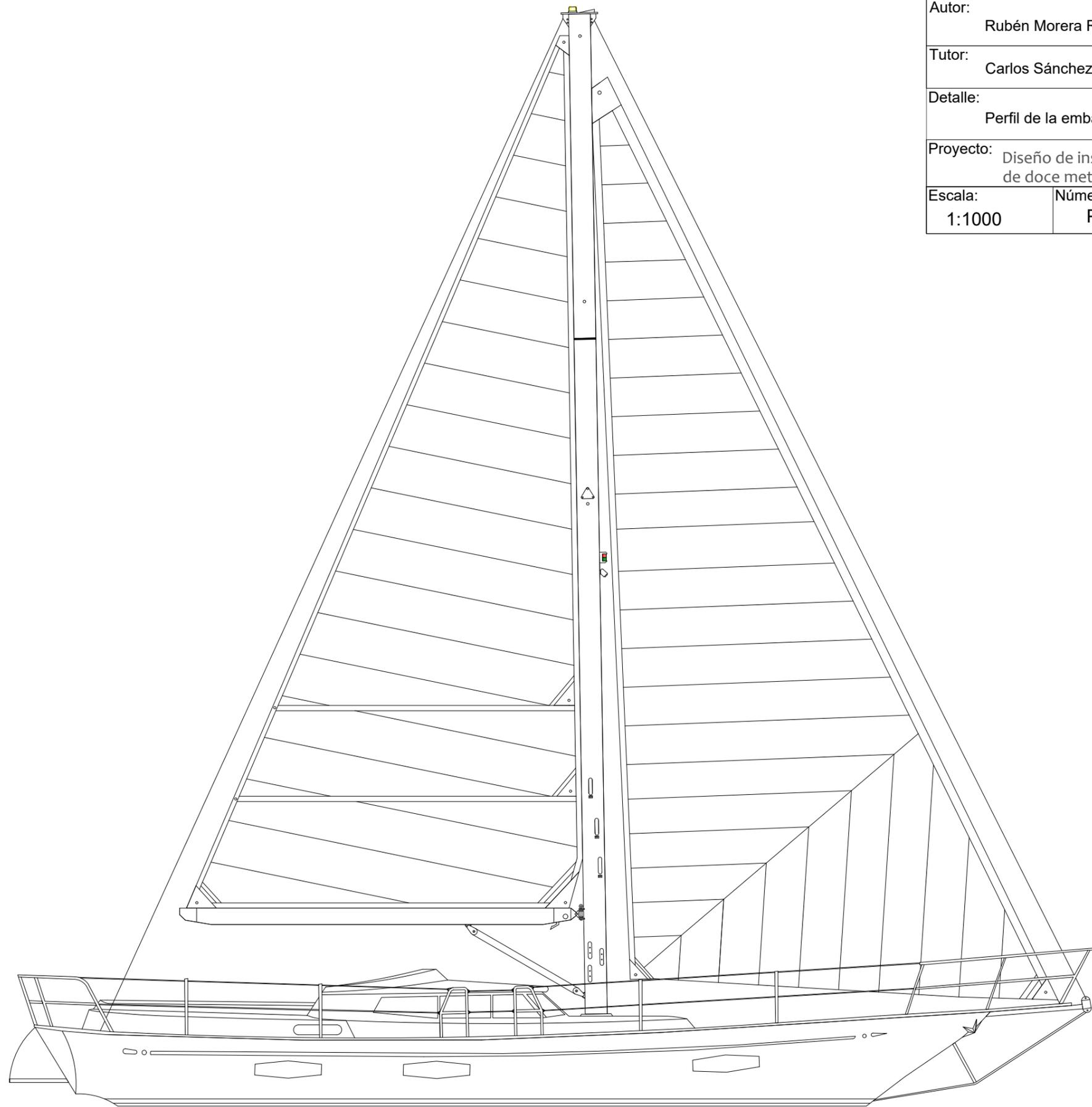
El suministrador atenderá el aviso en un plazo máximo de 48 horas si la instalación no funciona, o de una semana si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador.

Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas con la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

# *Planos*



Autor: Rubén Morera Romera		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	
Tutor: Carlos Sánchez Díaz			
Detalle: Perfil de la embarcación Belliure 42			
Proyecto: Diseño de instalación fotovoltaica para una embarcación de doce metros de eslora			
Escala: 1:1000	Número: Plano I	Fecha: 2018 - 2019	Página: 69

Autor:  
Rubén Morera Romera

Tutor:  
Carlos Sánchez Díaz



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Detalle:  
Planta superior de la embarcación Belliure 42

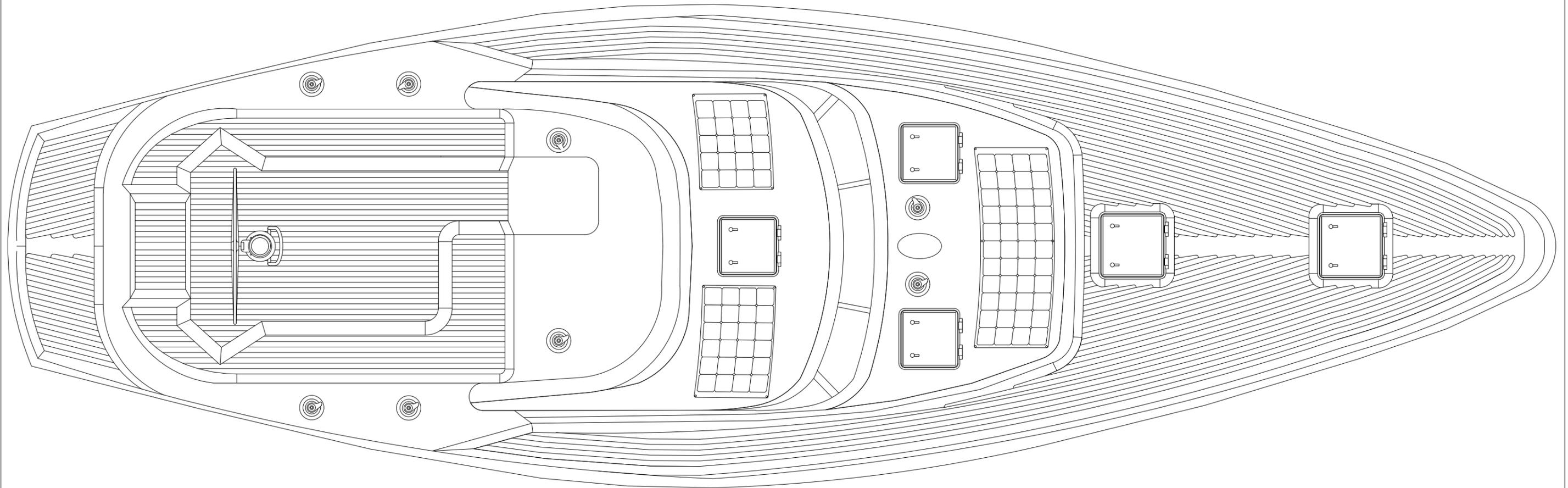
Proyecto: Diseño de instalación fotovoltaica para una embarcación de doce metros de eslora

Escala:  
1:1000

Número:  
Plano II

Fecha:  
2018 - 2019

Página:  
70



Autor:  
Rubén Morera Romera

Tutor:  
Carlos Sánchez Díaz



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Detalle:  
Planta inferior de la embarcación Belliure 42

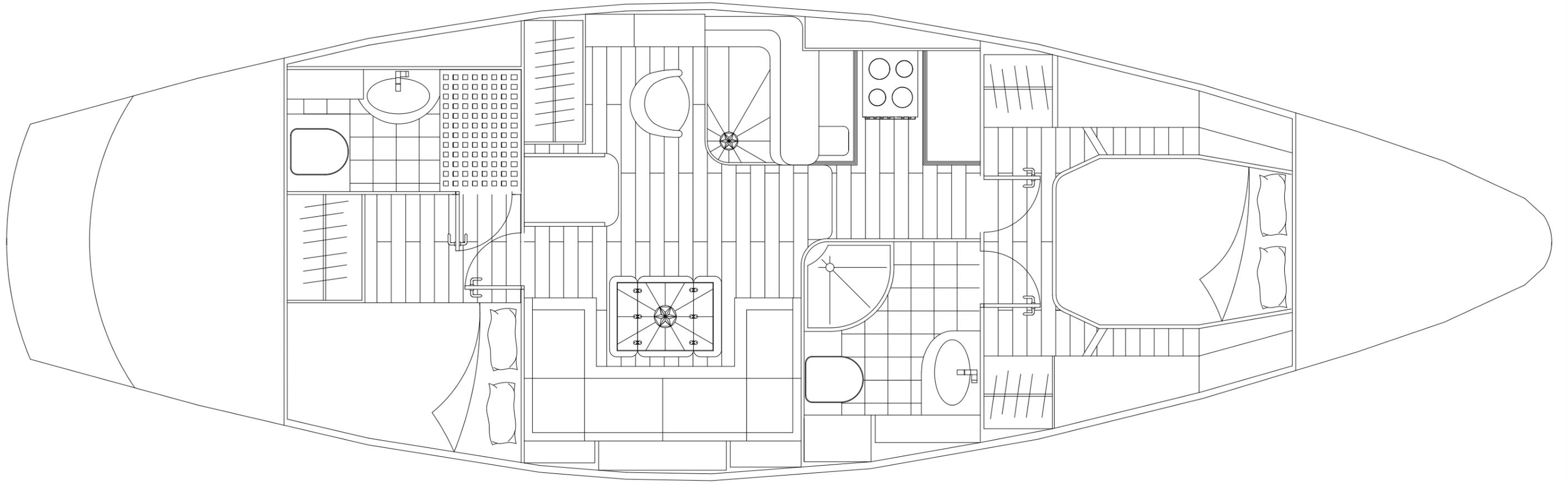
Proyecto: Diseño de instalación fotovoltaica para una embarcación de doce metros de eslora

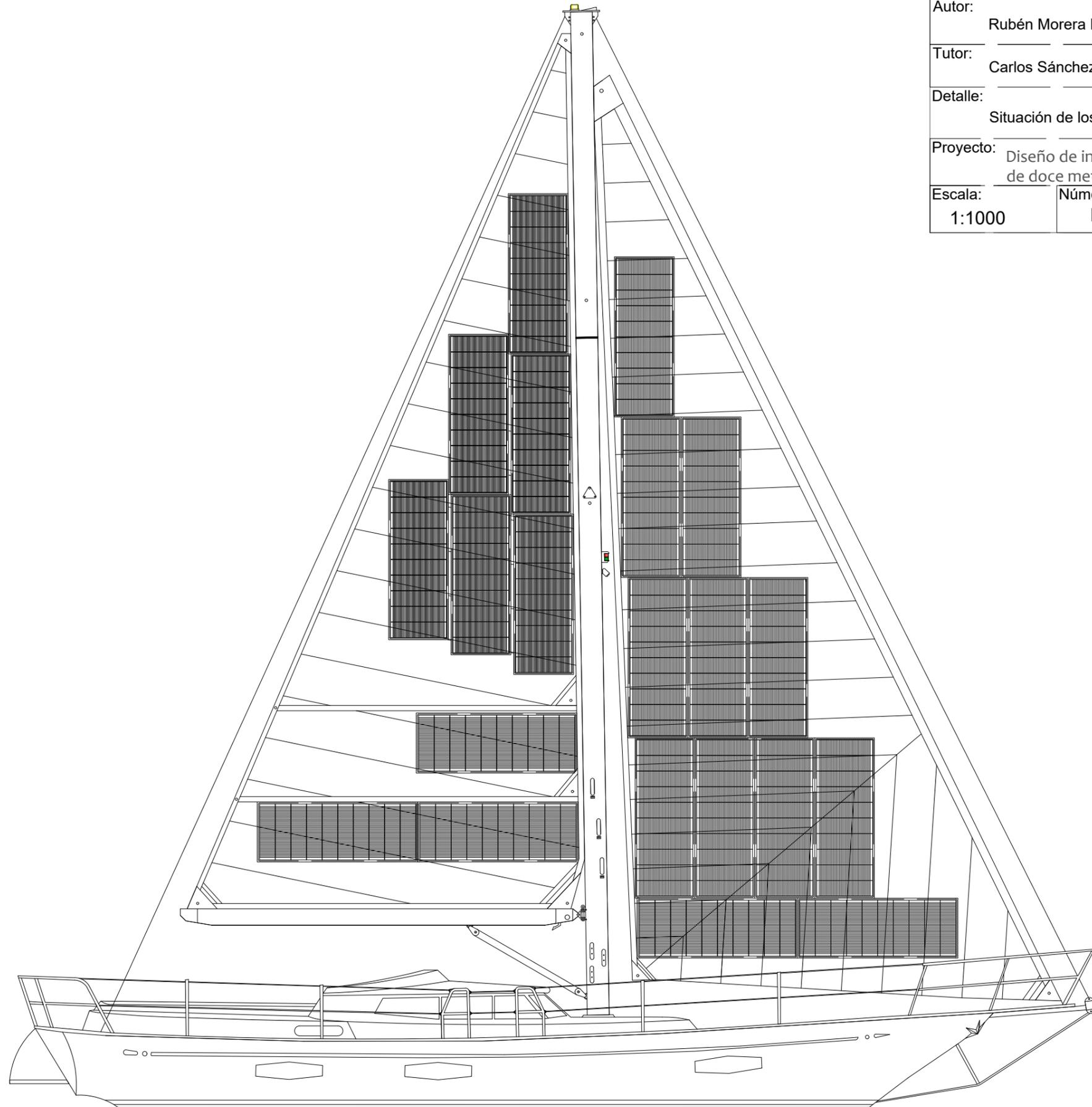
Escala:  
1:1000

Número:  
Plano III

Fecha:  
2018 - 2019

Página:  
71





Autor:		Rubén Morera Romera			UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Tutor:		Carlos Sánchez Díaz			
Detalle:					
Situación de los paneles fotovoltaicos flexibles de perovskita					
Proyecto: Diseño de instalación fotovoltaica para una embarcación de doce metros de eslora					
Escala:		Número:	Fecha:	Página:	
1:1000		Plano IV	2018 - 2019	72	

Autor:  
Rubén Morera Romera

Tutor:  
Carlos Sánchez Díaz



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Detalle:  
Situación de las placas fijas de silicio monocristalino

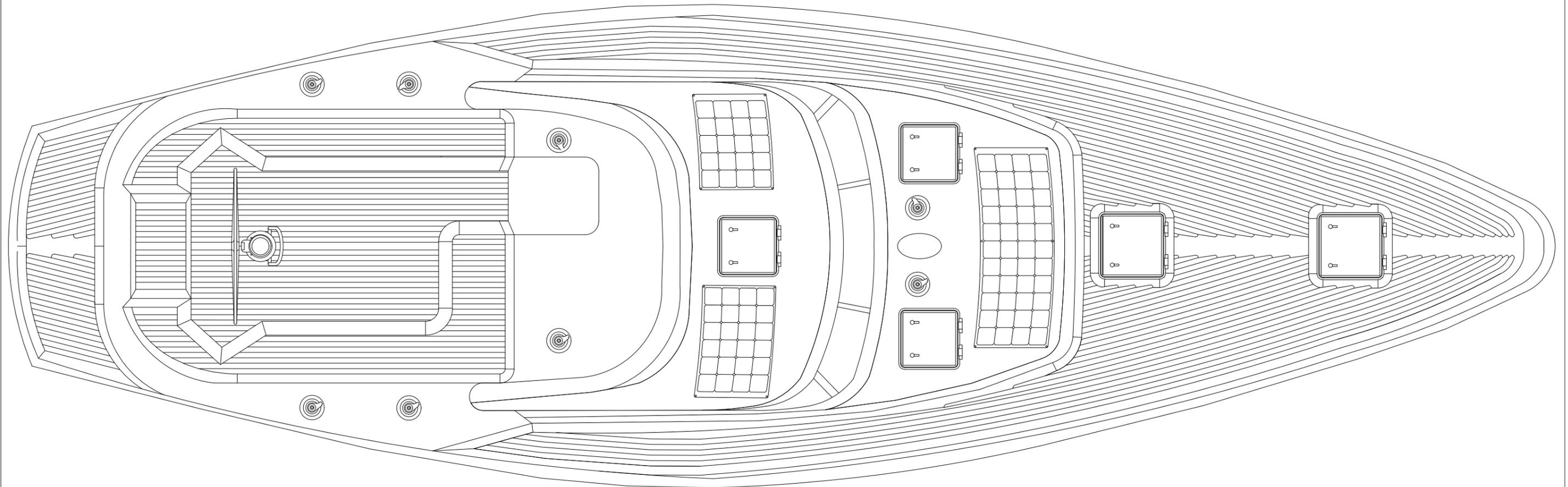
Proyecto: Diseño de instalación fotovoltaica para una embarcación de doce metros de eslora

Escala:  
1:1000

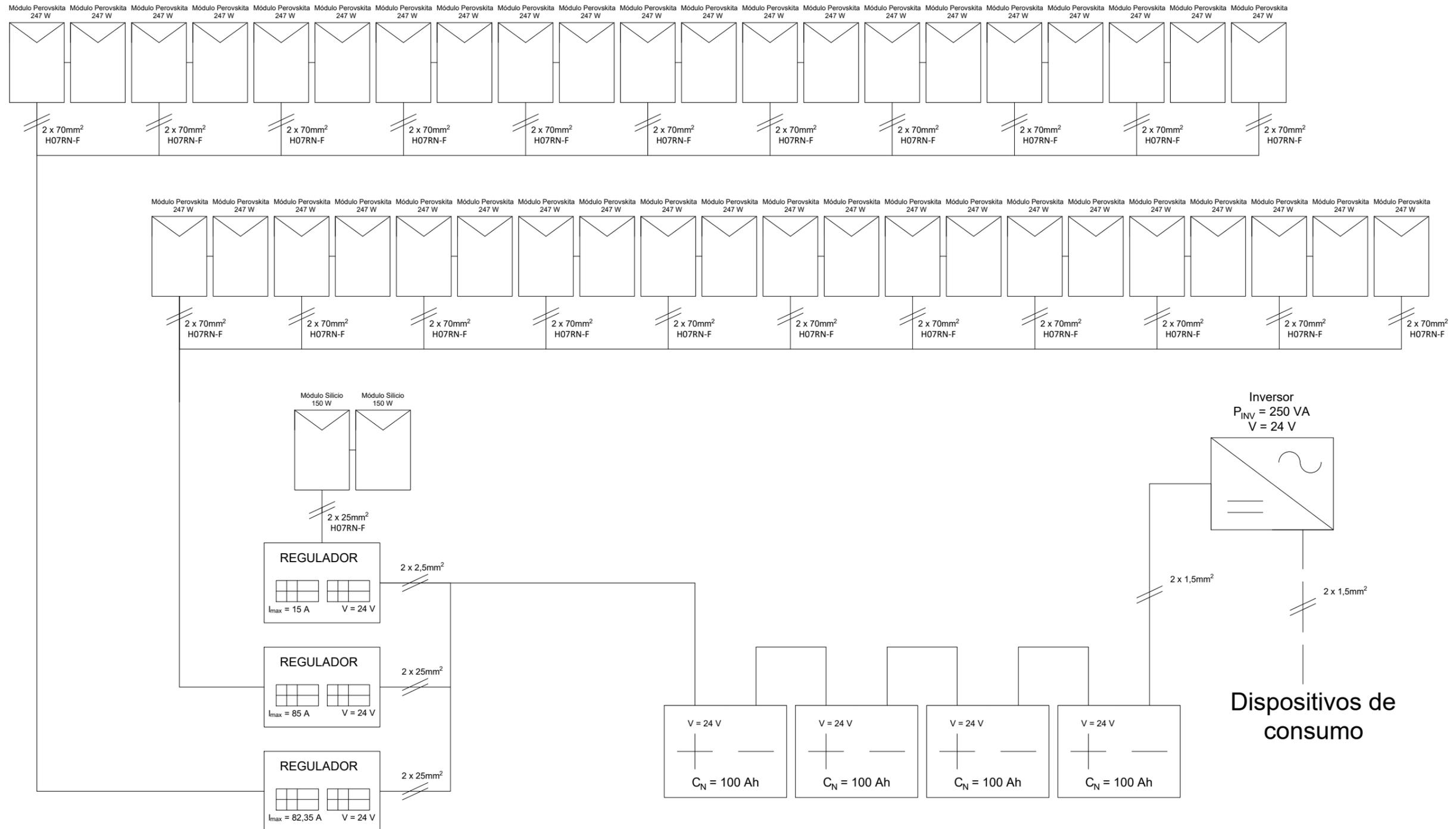
Número:  
Plano V

Fecha:  
2018 - 2019

Página:  
73



Autor: Rubén Morera Romera		 <b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b>
Tutor: Carlos Sánchez Díaz		
Detalle: Esquema unifilar		
Proyecto: Diseño de instalación fotovoltaica para una embarcación de doce metros de eslora		
Escala:	Número: Plano VI	Fecha: 2018 - 2019
		Página: 74



## Anexos

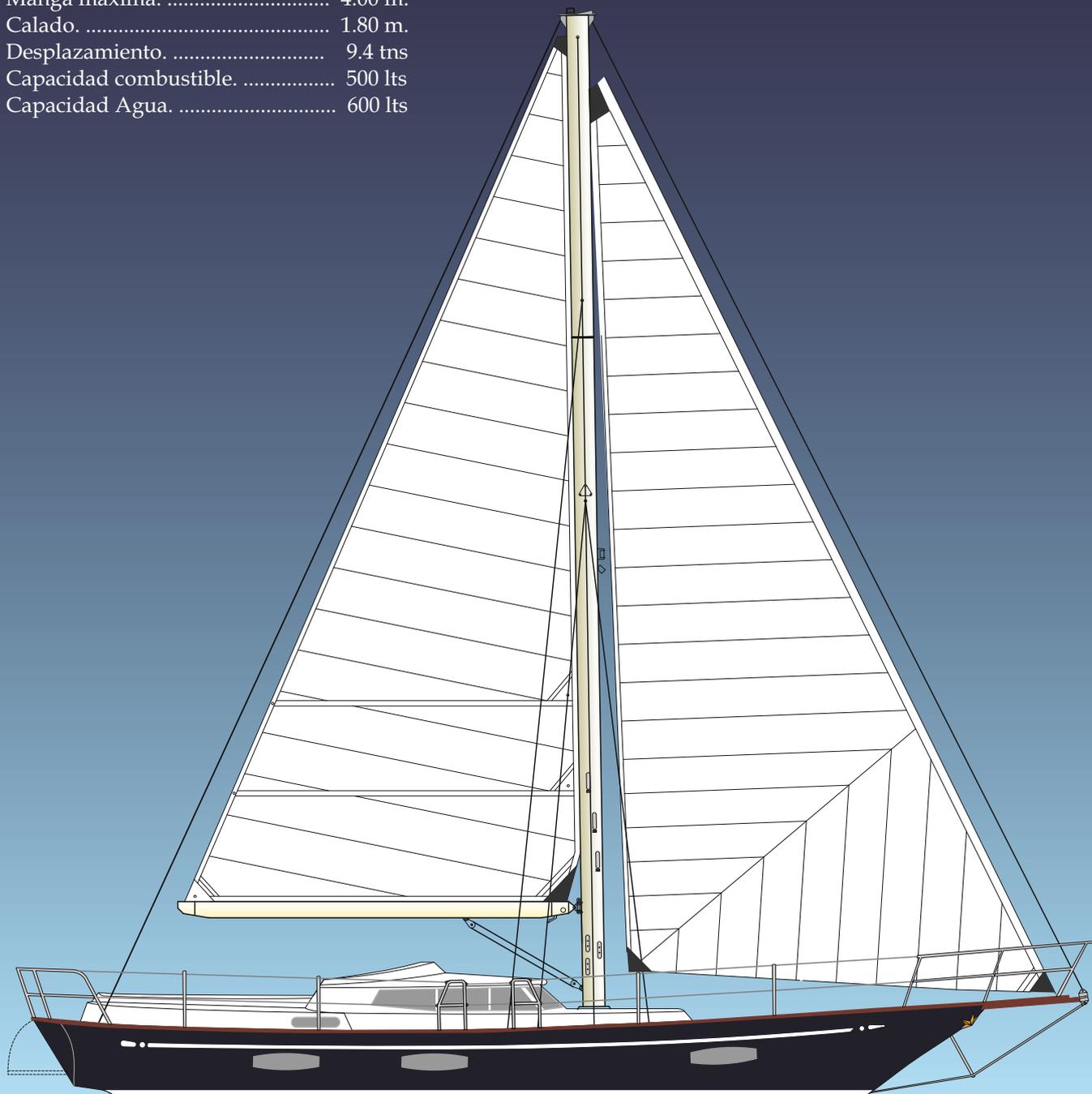
## ANEXO I: Embarcación Belliure 42

Vicente Belliure Design

## BELLIURE 42

Características técnicas:

Eslora total. ....	12.80 m.
Manga máxima. ....	4.00 m.
Calado. ....	1.80 m.
Desplazamiento. ....	9.4 tns
Capacidad combustible. ....	500 lts
Capacidad Agua. ....	600 lts



## ANEXO II: Panel Solar Konarka Power Plastic 40 Series

## Konarka Power Plastic® 40 Series Product Specifications

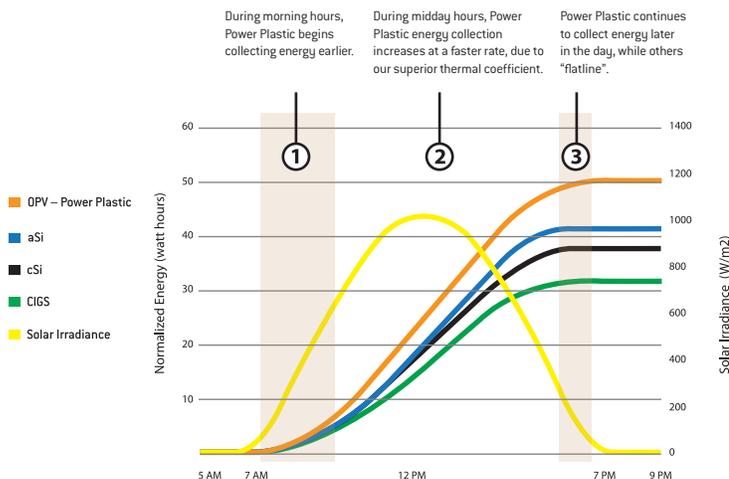
Konarka Power Plastic 40 Series panels are well-suited for BIPV/BAPV and large power applications.

### Material Characteristics

Power Plastic is a lightweight, thin-film, organic solar material, much more versatile than traditional solar panels. Konarka's unique technology is based on patented photo-reactive materials made from conductive polymers and organic nano-engineered materials.

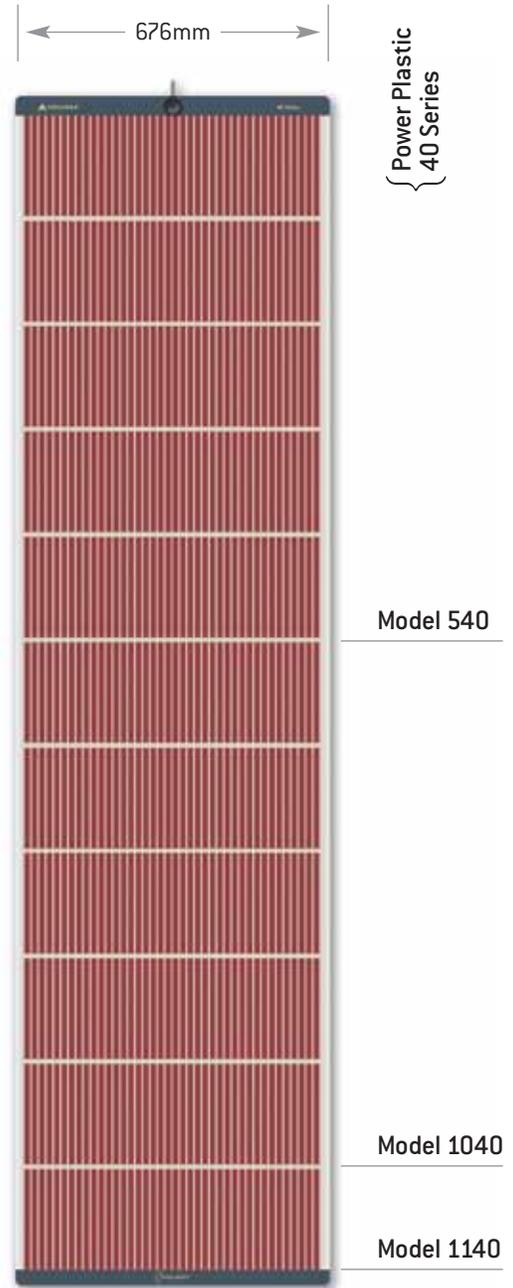
Aesthetically beautiful, silent, and powerful, Power Plastic outperforms others in total energy collected over the course of a day. Our low-light sensitivity enables us to generate energy earlier — and longer — than our competitors, in full or partial sun. Thin, flexible and semi-transparent, Power Plastic conforms to a variety of shapes and contours offering design freedom like never before.

### Total Energy Collected



### Construction Characteristics

- **Operating temperature range:** -20°C to 65°C (-4°F to 149°F)
- **Weatherproof materials**
- **User friendly design:** Easily integrated
- **Laminate encapsulation:** High light transmissive polymer
- **Power terminals:**
  - Option 1:* Solderable leads
  - Option 2:* Konarka junction box with cables and standard solar connectors



### Scalable Energy Independence

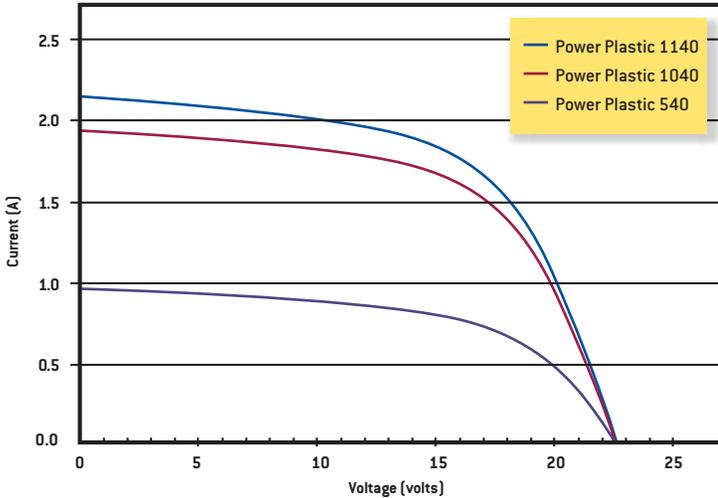
The Power Plastic 40 Series is available in 3 standard sizes, and can be built to any length for custom applications.

# 40 Series

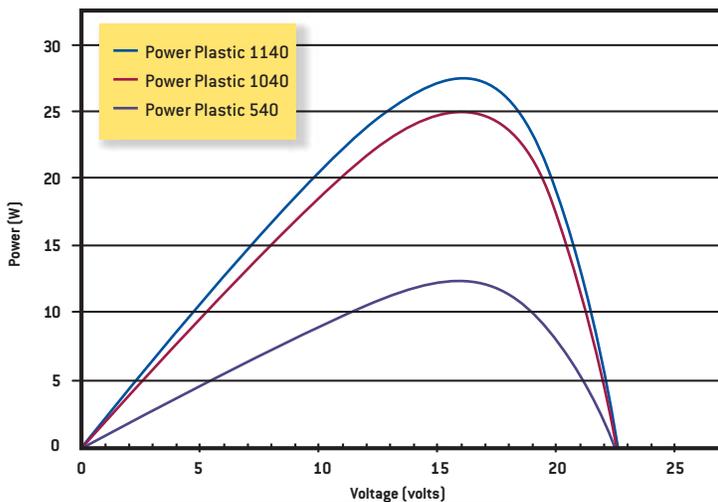


## Konarka Power Plastic® 40 Series

Power Plastic 40 Series: IV Curves



Power Plastic 40 Series: Power Curves



### Outdoor Performance

Electrical Data		Units	1 Sun			1/2 Sun		
All 40 Series	V <sub>mpp</sub>	V	15.8			15.2		
	V <sub>oc</sub>	V	22.6			21.8		
	I <sub>mpp</sub> / I <sub>sc</sub>	A	I <sub>mpp</sub>	I <sub>sc</sub>	Watts	I <sub>mpp</sub>	I <sub>sc</sub>	Watts
	Power Plastic 540		0.8	1.0	12.4	0.4	0.5	6.0
	Power Plastic 1040		1.6	1.9	24.7	0.8	1.0	12.0
	Power Plastic 1140		1.7	2.1	27.2	0.9	1.1	13.2

### Panel Dimensions

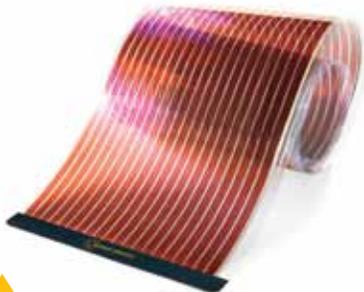
	length (mm)	width (mm)
Power Plastic 540	1,127	676
Power Plastic 1040	2,193	676
Power Plastic 1140	2,407	676

### Temperature Range

<b>Operating Temperature</b>	-20°C to 65°C [-4°F to 149°F]
<b>Storage Temperature</b>	-40°C to 75°C [-40°F to 167°F]

### Temperature Coefficients

<b>P<sub>max</sub></b>	+0.05%/°C (based on air temperature)
<b>V<sub>mpp</sub></b>	-0.27%/°C (based on air temperature)
<b>V<sub>oc</sub></b>	-0.21%/°C (based on air temperature)



### Semi-transparent Konarka Power Plastic

takes light in and delivers power out. When integrated into products, this direct current (DC) electrical energy can be used immediately or stored for later use.

The initial electrical characteristics are within +/- 10% of nameplate values under standard test conditions.

**Headquarters:** Lowell, MA, USA

**Manufacturing:** New Bedford, MA, USA

**R&D Facilities:** Lowell, MA, USA; Linz, Austria; Nürnberg, Germany

**Sales Offices:** Lowell, MA, USA; Nürnberg, Germany; Tokyo, Japan

Contact us via [www.konarka.com](http://www.konarka.com) or call +1-978-569-1400

## ANEXO III: Panel Solar semi-rígido FLX150SP-M monocristalino

## Panel solar semi-rígido FLX150SP-M monocristalino

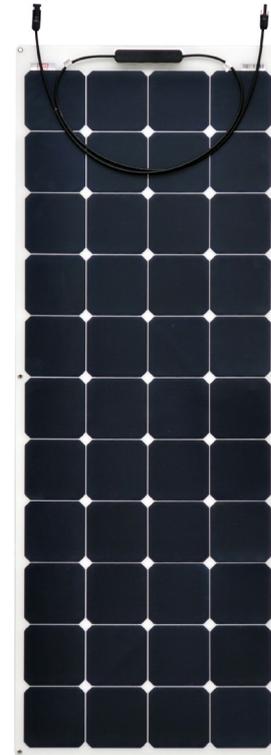
- Material TPT, permiten una ligera curvatura de hasta 15 grados para adaptación a superficies
- Incluyen orificios de fijación
- Caja de conexiones delantera
- Células monocristalinas SunPower
- Entre un 22,60% de eficiencia de célula

### Aplicaciones sin límite

La serie SunFlex gracias su combinación de limitada flexibilidad y alta eficiencia permite aplicaciones impensables en otro tipo de paneles solares rígidos, desde la cubierta de un barco a un techo de caravana o un carro de golf.

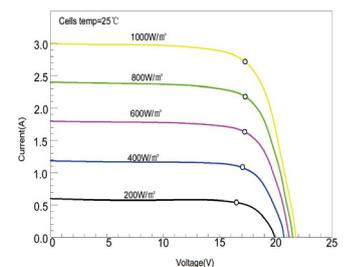
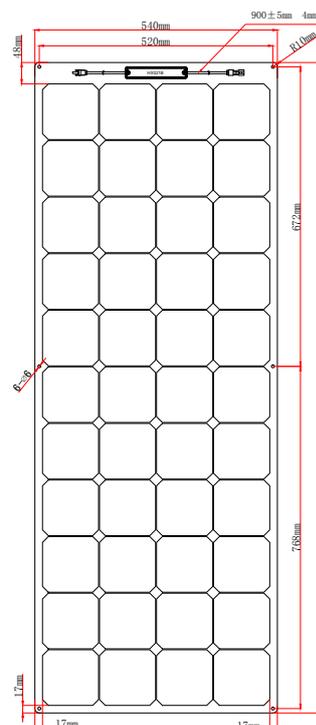
### La gama de paneles solares más completa en calidad, tecnología y rendimiento

La gama de paneles solares de RED SOLAR de tecnología monocristalina y policristalina tanto en soporte rígidos como curvables cuentan con una alta eficiencia y calidad de fabricación.

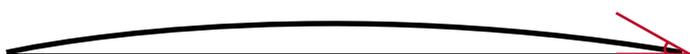


#### Especificaciones técnicas

Modelo	FLX150SP-M
Potencia máxima (Pmax)	150W
Tensión de potencia máx. (Vmp)	25,52
Corriente de potencia máx. (Imp)	5,97
Tensión de circuito abierto (Voc)	30,11
Corriente de cortocircuito (Isc)	6,32
Coef. de temp Isc (%)/°C	+0.05%/°C
Coef. de temp Voc (%)/°C	-0.27%/°C
Coef. de temp Pmax (%)/°C	-0.38%/°C
Eficiencia de célula (%)	22.60%
Máxima tensión del sistema (V)	45VDC(IEC)
Tolerancia	±3%
Tipo de célula (fabricación)	USA A grade SunPower solar cell
Nº y distribución de células	44 (4x11)
Tamaño (An x Al x Pr)	1460x540x3mm (sin contar caja conx.)
Peso (kg)	2,86
Certificaciones	CE, RoHS, ISO



Max: 15°



## ANEXO IV: Controlador de carga MPPT 150/85

## Controlador de carga MPPT 150/70 y 150/85



**Controladores de carga solar  
MPPT 150/70 y 150/85**

### Tensión FV hasta 150 V

Los controladores de carga BlueSolar MPPT 150/70 y 150/85 pueden cargar una batería de tensión nominal inferior a partir de unas placas FV de tensión nominal superior.

El controlador se ajustará automáticamente a la tensión nominal de la batería de 12, 24, 36, ó 48 V.

### Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT, por sus siglas en inglés).

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

### Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga. Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

### Excepcional eficiencia de conversión

La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

### Algoritmo de carga flexible

Varios algoritmos preconfigurados. Un algoritmo programable por el usuario.

Ecuilibración manual o automática.

Sensor de temperatura de la batería. Sonda de tensión de la batería opcional.

### Relé auxiliar programable

Para disparar una alarma o arrancar el generador

### Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa.

### CAN bus

Para conectar en paralelo 25 unidades, conectar a un panel ColorControl o a una red CAN Bus

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/70	MPPT 150/85
Tensión nominal de la batería	12 / 24 / 36 / 48V Selección Automática	
Corriente de carga nominal	70A @ 40 °C (104 °F)	85A @ 40 °C (104 °F)
Potencia máxima de entrada de los paneles solares 1)	12V: 1000W /24V: 2000W /36V: 3000W /48V: 4000W	12V: 1200W /24V: 2400W /36V: 3600W /48V: 4850W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo	
Tensión mínima FV	Tensión de la batería más 7 V para arranque	Tensión de la batería más 2 V operativos
Consumo en espera	12V: 0,55W /24V: 0,75W /36V: 0,90W /48V: 1,00W	
Eficacia a plena carga	12V: 95% / 24V: 96,5% / 36V: 97% / 48V: 97,5%	
Carga de absorción	14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V	
Carga de flotación	13,7 / 27,4 / 41,1 / 54,8V	
Carga de ecuilibrio	15,0 / 30,0 / 45 / 60V	
Sensor de temperatura remoto de la batería	Sí	
Ajuste de la compensación de temperatura por defecto	-2,7mV/°C por celda de batería de 2V	
Interruptor on/off remoto	No	Sí
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V CA/4 A	Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC
Puerto de comunicaciones	VE.Can: dos conectores RJ45 en paralelo, protocolo NMEA2000	
Funcionamiento en paralelo	Sí, a través de VE.Can Máx. 25 unidades en paralelo	
Temperatura de trabajo	-40 °C a 60 °C con reducción de corriente de salida por encima de 40 °C	
Refrigeración	Convección natural	asistida por ventilador silencioso
Humedad (sin condensación)	Max. 95%	
Tamaño de los terminales	35mm <sup>2</sup> / AWG2	
Material y color	Aluminio, azul RAL 5012	
Clase de protección	IP20	
Peso	4,2 kg	
Dimensiones (al x an x p)	350 x 160 x 135 mm	
Montaje	Montaje vertical de pared	solo interiores
Seguridad	EN60335-1	
EMC	EN61000-6-1, EN61000-6-3	

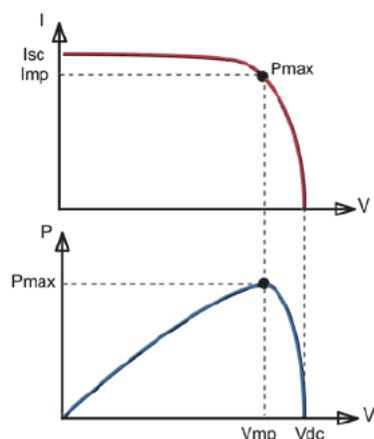
1) Si se conectara más potencia solar, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado

## ANEXO V: Controlador de carga BlueSolar MPPT 100/15

## Controlador de carga BlueSolar MPPT 75/10, 75/15 y MPPT 100/15



**Controlador de carga solar  
MPPT 75/15**



### Seguimiento del punto de potencia máxima

#### Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de  $I \times V$  alcanza su pico.

#### Curva inferior:

Potencia de salida  $P = I \times V$  como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a  $V_{mp}$

### Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT, por sus siglas en inglés).

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

### Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado cuando llegue a una tensión preestablecida. También se puede optar por establecer un algoritmo de gestión inteligente de la batería: ver BatteryLife. La salida de carga es a prueba de cortocircuitos.

Algunas cargas (especialmente los inversores) pueden conectarse directamente a la batería, y el control remoto del inversor a la salida de carga. Puede que se necesite un cable de interfaz especial; por favor, consulte el manual.

### BatteryLife: gestión inteligente de la batería

Cuando un controlador de carga solar no es capaz de recargar la batería a plena capacidad en un día, lo que sucede es que el ciclo de la batería cambia continuamente entre los estados "parcialmente cargada" y "final de descarga". Este modo de funcionamiento (sin recarga completa periódica) destruirá una batería de plomo-ácido en semanas o meses.

El algoritmo BatteryLife controlará el estado de carga de la batería y, si fuese necesario, incrementará día a día el nivel de desconexión de la carga (esto es, desconectará la carga antes) hasta que la energía solar recogida sea suficiente como para recargar la batería hasta casi el 100%. A partir de ese punto, el nivel de desconexión de la carga se modulará de forma que se alcance una recarga de casi el 100% alrededor de una vez a la semana.

### Algoritmo de carga de batería programable

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

### Temporizador día/noche y opción de regulador de luminosidad

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

### Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android: consulte "VE.Direct y la mochila Bluetooth Low Energy"
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24 V		
Corriente de carga nominal	10 A	15 A	15 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	135 W	200 W	200 W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	270 W	400 W	400 W
Desconexión automática de la carga	Sí, carga máxima 15 A		
Tensión máxima del circuito abierto FV	75 V		100 V
Eficiencia máxima	98 %		
Autoconsumo	10 mA		
Tensión de carga de "absorción"	14,4 V / 28,8 V (ajustable)		
Tensión de carga de "flotación"	13,8 V / 27,6 V (ajustable)		
Algoritmo de carga	variable multietapas		
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.		
Corriente de carga continua/cresta	15A/50A		
Desconexión de carga por baja tensión	11,1 V / 22,2 V o 11,8 V / 23,6 V o algoritmo de BatteryLife		
Reconexión de carga por baja tensión	13,1 V / 26,2 V o 14 V / 28 V o algoritmo de BatteryLife		
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible) Corto circuito de salida / sobrecalentamiento		
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)		
Humedad	95 %, sin condensación		
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web		
<b>CARCASA</b>			
Color	Azul (RAL 5012)		
Terminales de conexión	6 mm <sup>2</sup> / AWG10		
Tipo de protección	IP22 (área de conexiones)		
Peso	0,5 kg		
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm		
<b>ESTÁNDARES</b>			
Seguridad	EN/IEC 62109		
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado. 1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.			

## ANEXO VI: Inversor Phoenix 24V/250VA

# Inversores Phoenix

250VA – 1200VA 230V y 120V, 50Hz o 60Hz

[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



**Phoenix 12/375 VE.Direct**



**Phoenix 12/375 VE.Direct**



## Puerto de comunicación VE.Direct

El puerto VE.Direct puede conectarse a:

- Un ordenador (se necesita un cable de interfaz VE.Direct a USB)
- Smartphones Apple y Android, tabletas, mackbooks y demás dispositivos (se necesita una mochila VE.Direct a Bluetooth Smart)

Totalmente configurable:

- Niveles de disparo de la alarma y restablecimiento por tensión baja de la batería.
- Niveles de desconexión y reinicio por tensión baja de la batería.
- Desconexión dinámica: nivel de desconexión dependiente de la carga
- Tensión de salida 210 - 245V
- Frecuencia 50 Hz o 60 Hz
- On/off del modo ECO y sensor de nivel del modo ECO

Seguimiento:

- Tensión y corriente de entrada/salida, % de carga y alarmas

## Fiabilidad probada

La topología de puente completo más transformador toroidal ha demostrado su fiabilidad a lo largo de muchos años.

Los inversores están a prueba de cortocircuitos y protegidos contra el sobrecalentamiento, ya sea debido a una sobrecarga o a una temperatura ambiente elevada.

## Alta potencia de arranque

Necesaria para arrancar cargas como convertidores para lámparas LED, halógenas o herramientas eléctricas.

## Modo ECO

En modo ECO, el inversor se pondrá en espera cuando la carga descienda por debajo de un valor predeterminado (carga mínima: 15W). Una vez en espera, el inversor se activará brevemente (ajustable; por defecto: cada 2,5 segundos). Si la carga excede el nivel predeterminado, el inversor permanecerá encendido.

## Interruptor on/off remoto

Se puede conectar un interruptor On/Off remoto a un conector bifásico o entre el positivo de la batería y el contacto de la izquierda del conector bifásico.

## Diagnóstico LED

Por favor, consulte el manual para obtener su descripción.

## Para transferir la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

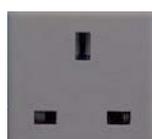
Para nuestros inversores de menor potencia recomendamos nuestro conmutador de transferencia automático Filax. El tiempo de conmutación del "Filax" es muy corto (menos de 20 milisegundos), de manera que los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción.

## Disponible con tres tomas de corriente distintas

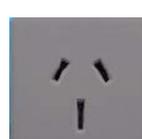
Schuko



UK



AU/NZ



IEC-320  
(enchufe macho incluido)



Nema 5-15R



## Bornes de tornillo

No se necesitan herramientas especiales para su instalación

Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont. a 25°C (1)	250VA      375VA      500VA      800VA      1200VA					
Potencia cont. a 25°C / 40°C	200 / 175W      300 / 260W      400 / 350W      650 / 560W      1000 / 850W					
Pico de potencia	400W      700W      900W      1500W      2200W					
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)	230VCA o 120VCA +/- 3%    50Hz o 60Hz +/- 0,1%					
Rango de tensión de entrada	9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V					
Desconexión por CC baja (ajustable)	9,3 / 18,6 / 37,2V					
Dinámica (dependiente de la carga) Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)	Desconexión dinámica, ver <a href="https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff">https://www.victronenergy.com/live/ve.direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff</a>					
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)	10,9 / 21,8 / 43,6V					
Detector de batería cargada (ajustable)	14,0 / 28,0 / 56,0V					
Eficacia máx.	87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%	
Consumo en vacío	4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W	
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)	0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0	
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO	Ajustable					
Protección (2)	a - f					
Rango de temperatura de trabajo	-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)					
Humedad (sin condensación)	máx. 95%					

#### CARCASA

Material y color	Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)					
Conexión de la batería	Bornes de tornillo					
Sección de cable máxima:	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	25/10/10mm <sup>2</sup> / AWG4/8/8	35/25/25 mm <sup>2</sup> / AWG 2/4/4	
Tomas de corriente CA estándar	230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R					
Tipo de protección	IP 21					
Peso	2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs	
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)	86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 165 x 260 3,4 x 6,5 x 10,2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4,1 x 8,5 x 12,1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4,6 x 9,1 x 12,9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)	

#### ACCESORIOS

On/Off remoto	Sí
Conmutador de transferencia automático	Filax

#### ESTÁNDARES

Seguridad	EN-IEC 60335-1 / EN-IEC 62109-1
EMC	EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3
Directiva de automoción	ECE R10-4

- 1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1
- 2) Claves de protección:
  - a) cortocircuito de salida
  - b) sobrecarga
  - c) tensión de la batería demasiado alta
  - d) tensión de la batería demasiado baja
  - h) temperatura demasiado alta
  - f) ondulación CC demasiado alta



#### Alarma de batería

Indica que la tensión está demasiado alta o demasiado baja por medio de una alarma visual y sonora y de un relé de señalización remota



#### Monitor de baterías BMV

El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de alta resolución para la medición de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o el tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.



#### Mochila VE.Direct a Bluetooth Smart (Debe pedirse por separado)

## ANEXO VII: Batería de Litio-Ion HE 24/100 Ah



Batería de litio HE	24V / 100Ah	24V / 200Ah
Tecnología	Litio-Ion NMC	Litio-Ion NMC
Configuración de las celdas	7S32P	7S64P
Tensión nominal	25,2 V	25,2 V
Capacidad nominal	100 Ah	200 Ah
Energía nominal	2,5 kWh	5,0 kWh
Cantidad de ciclos al 80% DoD (0,3C)	2000	2000
Relación energía/peso (incl. BMS y carcasa)	159 Wh/kg	175 Wh/kg
Peso (incl. BMS y carcasa)	15,7 kg	28,6 kg
<b>Descarga</b>		
Tensión de corte de descarga	21 V	21 V
Corriente de descarga recomendada	30 A (0,3 C)	60 A (0,3 C)
Corriente máxima de descarga (10 minutos)	150 A (1,5 C)	300 A (1,5 C)
Fusibles	150 A, fusible interno	300 A, fusible interno
<b>Carga</b>		
Tensión máx. de carga:	28,4 V	28,4 V
Tensión de carga recomendada	27,5 V	27,5 V
Corriente máxima de carga	100 A (1 C)	200 A (1 C)
Corriente de carga recomendada	30 A (0,3 C)	60 A (0,3 C)
<b>Configuración</b>		
Configuración de series		Sí, hasta 2
Configuración paralela		Sí, hasta 96
<b>Temperatura</b>		
Temp. de trabajo en carga		0 ~ + 45°C
Temp. de trabajo en descarga		-20 ~ + 55°C
Temp. de almacenamiento		-20 ~ + 45°C
<b>Mecánico</b>		
Conexiones de alimentación	Perno M8, máx. 15 Nm	Perno M8, máx. 15 Nm
Clase de protección	IP20	IP20
Refrigeración	Aire, activo (1 ventilador interno)	Aire, activo (2 ventiladores interno)
Dimensiones (al x an x p)	362 x 193 x 214 mm	362 x 193 x 355 mm
<b>Seguridad</b>		
Sistema de gestión de baterías (BMS)		BMS esclavo integrado
Equilibrado		Pasivo
Compatible con controlador maestro BMS		BMS Lynx Ion
Comunicación con BMS Lynx Ion		CAN bus
<b>Normativas</b>		
EMC: Emisiones		EN-IEC 61000-6-3
EMC: Inmunidad		EN-IEC 61000-6-1
Directiva sobre baja tensión		EN 60335-1
<b>BMS Lynx Ion diseñado para baterías de 100Ah y 200Ah.</b>		
	<b>400A</b>	<b>1000A</b>
Cantidad máxima de baterías en serie	2 (= 48 VCC)	
Cantidad máxima de baterías en paralelo	96 (48 V: 48 cadenas de dos baterías)	
Tensión de alimentación	18 a 58 VCC	
Consumo energético, en espera	73 mW a 26,2V y 138 mW a 52,4V	
Consumo energético, activo	8,7 W	
Contactador de seguridad principal	400A	1000A
Puerto de comunicaciones	VE.CAN (NMEA2000, conector RJ45, aislado galvánicamente)	
<b>IO</b>		
Salida auxiliar	13,5 V / 1 A, protegido contra corto circuitos	
Permitir-la-carga (tensión conmutada)	13,5 V / 1 A, protegido contra corto circuitos	
Permitir-la-descarga (tensión conmutada)	13,5 V / 1 A, protegido contra corto circuitos	
Permitir-la-carga (salida con relé)	1 A a 60 VCC, sin potencial	
Permitir-la-descarga (salida con relé)	1 A a 60 VCC, sin potencial	
Contacto programable (salida con relé)	1 A a 60 VCC, sin potencial	
Señal de estado externa	13,5 V / 140 mA	
<b>Carcasa</b>		
Material	ABS	
Peso	4,6 kg	5,7 kg
Dimensiones (lo x an x al)	225 x 426 x 117 mm	
<b>Medio ambiente</b>		
Temperatura de trabajo	De -20 a 50 °C	
Humedad	Máx. 95% (sin condensación)	
Clase de protección	IP22	
<b>Normativas</b>		
EMC: Emisiones	EN-IEC 61000-6-3	
EMC: Inmunidad	EN-IEC 61000-6-1	
Directiva sobre baja tensión	EN 60335-1	