



## UNIVERSIDADE DA CORUÑA

## **ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS**

## **TECNOLOGÍAS MARINAS**

**ENERGÍA Y PROPULSION** 



# "VIVERO FLOTANTE SOLAR DE MEJILLÓN"

## TRABAJO FIN DE GRADO

**JULIO - 2015** 

AUTOR: Andrés Losada Pérez

TUTOR: Feliciano Fraguela Díaz





## TRABAJO FIN DE GRADO

## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

## **TECNOLOGÍAS MARINAS**

#### **ENERGÍA Y PROPULSION**

D. FELICIANO FRAGUELA DÍAZ, en calidad de tutor principal, autorizo al alumno D. ANDRÉS LOSADA PÉREZ, con DNI nº 15.491.107-D a la presentación del presente Trabajo de Fin de Grado titulado:

## "VIVERO FLOTANTE SOLAR DE MEJILLÓN"

CONVOCATORIA: JULIO - 2015

Fdo. El Tutor Fdo. El Alumno

Feliciano Fraguela Díaz Andrés Losada Pérez

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	3
1 INTRODUCCIÓN	<i>6</i>
1.1 Energía solar	6
1.2 Viveros flotantes o bateas de mejillón	13
1.3 Batea solar	16
2 MEMORIA	18
2.1 Objeto	18
2.2 Localización	18
2.3 Antecedentes	20
2.4 Características instalación	21
2.4.1 Flotadores	22
2.4.2 Vigas Maestras	24
2.4.3 Vigas Transversales	27
2.4.4 Látigos	29
2.4.5 Sistema de fondeo	30
2.4.6 Cancos	31
2.4.7 Cuerdas de cultivo	33
2.4.8 Columna ajustable soporta paneles	35
2.4.9 Paneles solares	37
2.4.10 Transporte energía eléctrica	41
2.4.11 Detalles constructivos	47
3 CÁLCULOS TÉCNICOS	54
3.1 Orientación e inclinación paneles solares fotovoltaicos	54
3.2 Distancia mínima entre paneles solares fotovoltaicos	56
3.3 Producción eléctrica	58
4 ANEXOS	72
4.1 Anexo 1: Vivero flotante solar de mejillón en 3D	72

E.T.S.N.M.	TECNOLOGÍAS MARINAS	TFG/GTM/E-17-15
5 PRESUPUESTO		73
5.1 Presupuesto		73
6 CONCLUSIONES		75
7 RIRI IOGRAFÍA		92

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

- Figura 1 Insolación media anual en España entre 1983 y 2005. (10)
- Figura 2 Índice de claridad media anual en España entre 1983 y 2005. (10)
- Figura 3 Insolación global media anual para cielo despejado. (11)
- Figura 4 Insolación global media en junio para cielo despejado. (12)
- Figura 5 Clásica batea fondeada en las rías gallegas. (13)
- Figura 6 Características de las rías gallegas con bateas. (15)
- Figura 7 Distribución de los polígonos de bateas en las rías gallegas. (16)
- Figura 8 Vista aérea de la localización. (19)
- Figura 9 Vista aérea de la localización. (19)
- Figura 10 Flotador. (23)
- Figura 11 Viga maestra. (24)
- Figura 12 Vigas maestras y flotadores unidos. (25)
- Figura 13 Perfil de acero. (26)
- Figura 14 Imagen de astillero de dos perfiles de acero. (26)
- Figura 15 Viga transversal. (27)
- Figura 16 Fijación viga transversal a viga maestra. (28)
- Figura 17 Látigo. (29)
- Figura 18 Tope de seguridad de la cadena del muerto. (30)
- Figura 19 Tope de seguridad de la cadena del muerto y pequeños largos de desgaste instalados en la viga central. (31)
- Figura 20 Canco. (32)
- Figura 21 Cuerdas de cultivo fijadas a los cancos. (32)
- Figura 22 Multitud de cuerdas de cultivo dispuestas sobre la batea. (33)

- Figura 23 Cuerdas de cultivo vistas desde el fondo de la batea en la mar. (34)
- Figura 24 Vista frontal y lateral de una columna ajustable soporta paneles. (35)
- Figura 25 Pie de la columna ajustable soporta paneles. (36)
- Figura 26 Características técnicas paneles solares. (38)
- Figura 27 Dimensiones paneles solares. (39)
- Figura 28 Eficiencia relativa paneles solares. (40)
- Figura 29 Paneles solares ubicados en la batea solar. (41)
- Figura 30 Pérdidas de transmisión en línea aérea de CC y CA. (43)
- Figura 31 Costes de transmisión en línea de CC y CA. (45)
- Figura 32 Cables submarinos HVDC. (46)
- Figura 33 Diseño 3D prototipo de batea solar. (47)
- Figura 34 Irradiación normal, sobre superficie horizontal e inclinada 32.86 ° en la localización elegida. (55)
- Figura 35 Distancia mínima entre paneles solares para evitar sombras. (56)
- Figura 36 Esquema azimut. (57)
- Figura 37 Diferencia relativa (en porcentaje) entre la nueva base de datos CMSAF y la originaria de PVGIS para Europa. (63)
- Figura 38 Diferencia relativa (en porcentaje) entre la nueva base de datos CMSAF y la originaria de PVGIS para África. (63)
- Figura 39 Comparación de la nueva base de datos PVGIS-CMSAF con datos registrados en estaciones de medida y con la anterior base de datos PVGIS-3. Desviación positiva significa que la base de datos PVGIS-CMSAF proporciona valores mayores que los medidos. (64)
- Figura 40 Comparación entre las bases de datos PVGIS-3 y PVGIS-CMSAF con datos registrados en estaciones de medida en África y el Medio Oriente. La

desviación positiva significa que los valores estimados en las bases de datos son mayores que los valores calculados. (66)

Figura 41 – Resultados PVGIS sobre la localización elegida para la batea solar. (67)

Figura 42 – Resultados PVGIS de producción energética en la localización elegida para la batea solar y la inclinación de 32.86 ° de los paneles solares fotovoltaicos. (68)

Figura 43 – Irradiación estimada en la localización elegida para la batea solar y la inclinación de 32.86 ° de los paneles solares fotovoltaicos. (69)

Figura 44 – Producción de energía eléctrica fotovoltaica estimada en la localización elegida para la batea solar y la inclinación de 32.86 ° de los paneles solares. (70)

Figura 45 – Presupuesto de los componentes significativos de la batea solar. (73)

Figura 46 – Presupuesto de la construcción e instalación de la batea solar. (74)

Figura 47 – Presupuesto total de la batea solar. (74)

Figura 48 – Datos a tener en cuenta en el estudio de viabilidad económica de la batea solar. (75)

Figura 49 – Estimación económica de la producción anual de la batea solar. (76)

Figura 50 – Datos a tener en cuenta en el estudio de viabilidad económica la conversión de una batea común a batea solar. (78)

Figura 51 – Estimación económica de la producción anual de energía eléctrica de una batea solar. (78)

Figura 52 – Plano transporte a tierra de energía eléctrica generada en nueve bateas solares interconectadas mediante cables HVDC. (80)

### 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Energía solar

El Sol es la fuente primaria de energía del planeta Tierra. El Sol es una estrella formada por una masa gaseosa de hidrógeno (H) y helio (He), cuyo diámetro es 1,4·10<sup>6</sup> km, situada a 1,5·10<sup>8</sup> km de la Tierra. Esta estrella emite energía electromagnética en forma de luz hacia la Tierra y en todas las direcciones. [1]

Las elevadas presiones y temperaturas permiten que los núcleos de hidrógeno que chocan experimenten fusión nuclear (unión de dos núcleos que forman otro núcleo más pesado) para generar helio, con liberación de un neutrón y de una inmensa cantidad de energía.

$$_{1}^{2}H + _{1}^{2}H \rightarrow _{2}^{3}He + _{0}^{1}n + E$$

Deuterio helio neutrón energía

En esta ecuación nuclear el superíndice denota el número de masa atómica (número total de protones y neutrones) y el subíndice, el número atómico (el número de protones). El número de masa del neutrón es 1 pero su número atómico es 0 porque no hay protones.

Como se aprecia en esta ecuación y en varias más que representan las reacciones de fusión, ocurre una pérdida de masa, esto es, el total de hidrógeno consumido pesa más que el helio producido. Esta diferencia de masa se transforma en energía según la ecuación de Einstein (E= m·c²), donde E es la energía, m, la masa y c, la velocidad de la luz. Estas reacciones nucleares transforman el 0,7 % de la masa afectada en fotones, partículas componentes de la luz, con una longitud de onda muy corta y, por lo tanto, muy energéticas y penetrantes.

La Tierra solo recibe un mil millonésimo de la energía radiante emitida. Este flujo de energía que es luz incide sobre el planeta; está formada por cantidades aproximadamente iguales de luz visible y de luz ultravioleta, más una pequeña cantidad de luz infrarroja.

La mayor parte de la energía utilizada por los seres vivos procede del Sol; las plantas la absorben directamente y realizan la fotosíntesis, los herbívoros

absorben indirectamente una pequeña cantidad de esta energía y los carnívoros absorben indirectamente una cantidad más pequeña comiendo a los herbívoros.

A la Tierra llega una cantidad de energía solar equivalente a 1,7·10<sup>14</sup> kW. Este fenómeno físico, más conocido como radiación solar o irradiación, es el responsable de que nuestro planeta reciba en el borde superior de la atmósfera un máximo energético continuo de 1368 W/m², valor que recibe el nombre de constante solar, cuyo valor fluctúa en un ± 3% debido a la variación periódica de la distancia entre la Tierra y el Sol que corresponde a un valor máximo en el perihelio de 1395 W/m² y un valor mínimo en el afelio de 1308 W/m².

En cuanto a los componentes de la radiación solar, conviene distinguir tres tipos de ésta:

-La radiación directa, radiación solar que llega a la superficie de la Tierra, en línea recta desde el Sol.

-La segunda es la radiación difusa: es la absorbida y difundida por la atmósfera, de gran importancia en días nublados, que se dispersa por los componentes de la atmósfera, de modo que llega a la superficie desde diferentes puntos del sistema solar.

-La radiación reflejada es, tanto la directa como la difusa que se reflejadas en todas las superficies en las que inciden.

Estas tres componentes constituyen la radiación global.

Los 1,7·10<sup>14</sup> kW de energía solar que inciden sobre la Tierra se reparten en la siguiente forma:

- -Energía solar reflejada por la atmósfera hacia el espacio exterior: 30%, 0.51·10<sup>14</sup> kW.
- -Energía solar que se utiliza en calentar la atmósfera: 47%, 0,80·10<sup>14</sup> kW
- -Energía solar que se utiliza en la evaporación de los océanos: 23%, 0,39·10<sup>14</sup> kW.
- -Energía que se utiliza en generar perturbaciones atmosféricas, como el viento: 0,0037·10<sup>14</sup> kW.

-Energía solar utilizada en la fotosíntesis: 0,0004·10<sup>14</sup> kW.

El 47% de la energía solar incidente alcanza la superficie terrestre, de forma que el 31% lo hace directamente y el otro 16% después de ser difundida por el polvo, vapor de agua y moléculas de aire.

El resto de la energía solar, el 53%, no alcanza la superficie de la Tierra, ya que:

- -Un 15% es absorbida por la troposfera.
- -Un 23% es reflejada por las nubes.
- -Un 7% es reflejada por el suelo.
- -Un 2% es absorbida por la estratosfera, principalmente por el ozono.
- -El 6% restante es la energía difundida por la atmósfera que se dirige hacia el cielo.

La cantidad total de radiación solar global, directa, difusa y reflejada depende en cada instante del ángulo que forman el vector normal a la superficie en dicho punto y el vector paralelo a la dirección de incidencia de la radiación solar. Este monto de radiación global que se recibe en un punto dado del planeta, sobre una superficie de 1 m², para un determinado ángulo de inclinación, recibe el nombre de irradiancia (G), la cual "mide la potencia, por unidad de área, que alcanza a la Tierra". Su unidad es el W/m². La potencia de la radiación o irradiancia varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m² en la superficie terrestre.

Por su cuenta, la energía solar se expresa como irradiación (I), que es la energía incidente por unidad de superficie sobre un plano y durante un intervalo de tiempo de exposición dados, normalmente 1 hora o 1 día. Es I integral de g para ese intervalo de tiempo. Se mide en J/m² o en kWh/m². El valor de la irradiancia (G) en una localidad dada debe representar el valor promedio de ésta. Para ello deben considerarse las variaciones cíclicas estacionales. Con ese fin, deben realizarse mediciones de la irradiación solar diaria durante un período largo, diez o más años.

La mayoría de las fuentes de energía usadas por el hombre derivan indirectamente del sol. La energía solar, a través de la fotosíntesis, contribuye al crecimiento de la biomasa que, junto con la madera y los combustibles fósiles, puede ser utilizada como combustible. Los combustibles fósiles son el resultado de la energía de origen solar acumulada en determinados organismos que, al pasar el tiempo, millones de años, reaccionaron químicamente y formaron petróleo, gas o carbón. Aproximadamente el 30% de la energía solar que alcanza el borde exterior de la atmósfera alimenta el ciclo del agua, que produce las precipitaciones y la energía potencial de las corrientes de los ríos. La energía que generan estas aguas en movimiento al pasar por turbinas produce energía hidroeléctrica. Asimismo, la interacción de la energía del Sol, los océanos y la atmósfera produce vientos, que han sido utilizados durante siglos para hacer girar molinos. Al respecto, los sistemas actuales de energía eólica utilizan aerogeneradores que producen energía eléctrica, para los más variados empleos domésticos e industriales. Adicionalmente, los océanos representan un tipo natural de asimilación de energía solar. Como resultados de su absorción por los océanos y las corrientes oceánicas, se producen gradientes de temperatura. En algunos lugares, estas variaciones alcanzan unos 20 °C en distancias de algunos cientos de metros. Cuando existen grandes masas de agua con distintas temperaturas se produce una transferencia de calor que se puede aprovechar para producir energía mecánica que acciona una turbina y ésta, un generador eléctrico.

Durante el año, el Sol arroja sobre la Tierra 4000 veces más energía de la que se consume. España, por su situación y climatología, se ve particularmente favorecida respecto al resto de países de Europa, ya que sobre cada metro cuadrado de su suelo inciden al año unos 1500 kWh de energía, cifra similar a la de muchas regiones de América Central y del Sur. Esta energía puede aprovecharse directamente, o bien ser convertida en otras formas útiles como, por ejemplo, en electricidad.

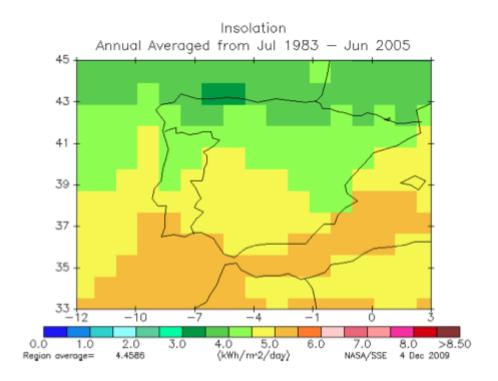


Figura 1 - Insolación media anual en España entre 1983 y 2005.

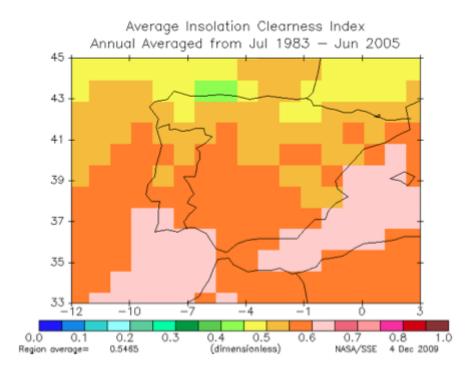


Figura 2 – Índice de claridad media anual en España entre 1983 y 2005.

En el caso particular de Galicia, si bien no es tan favorable como en el sur de la península, la energía solar que llega a la tierra es muy abundante.

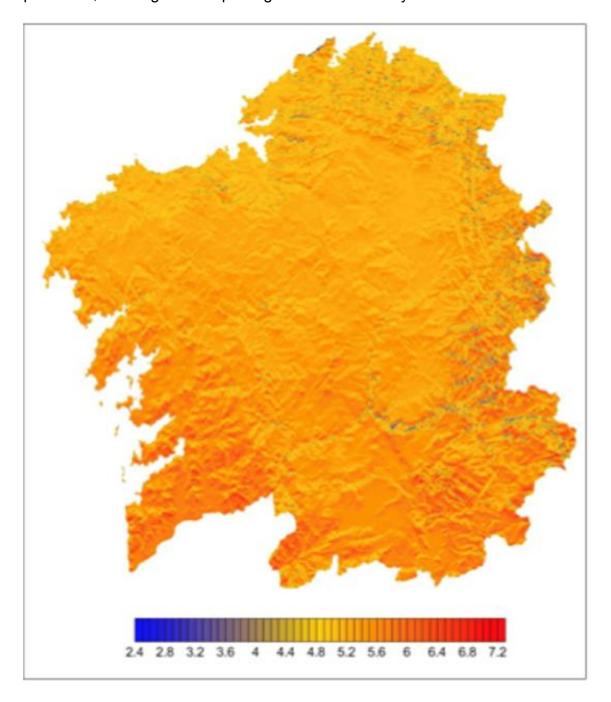


Figura 3 – Insolación global media anual para cielo despejado.

La provincia de Pontevedra es la zona de Galicia con los mayores datos de insolación de la región, concretamente las Rías Baixas y la zona sur de la región.

Con meses de gran insolación en primavera y verano como por ejemplo se muestra en el gráfico de junio:

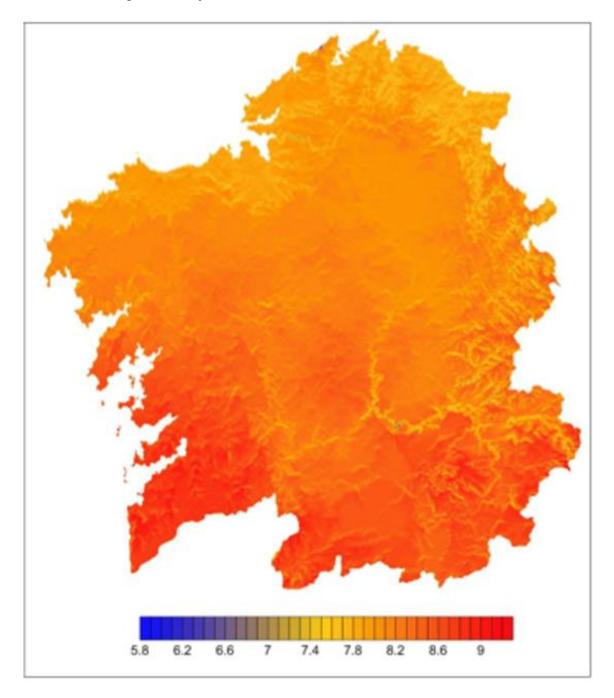


Figura 4 – Insolación global media en junio para cielo despejado.

### 1.2 Viveros flotantes o bateas de mejillón

Un vivero flotante de mejillón es como su nombre indica un artilugio flotante del que penden cuerdas hacia el fondo del mar y sobre las que se cultivan adheridos a ellas mejillones. Es mucho más conocido su término común, batea, y de aquí en adelante en este proyecto nos referiremos a este artefacto tanto como vivero flotante o batea indistintamente.



Figura 5 – Clásica batea fondeada en las rías gallegas.

Las innovaciones en la construcción de bateas no han dejado nunca de fluir, tanto por parte del artesano, que las arma en la playa, como por parte del productor, que aporta su experiencia del trabajo cotidiano. Los temporales de invierno han sido duras pruebas selectivas para lograr la estructura actual de la batea, quedándose en el camino múltiples diseños que ya forman parte de la historia. La evolución de los artefactos flotantes desde las primeras cuatro bateas de 1946 ha ido pareja con el crecimiento de los cultivos de mejillón. Las exigencias de nuevas ubicaciones en polígonos más expuestos al mar, junto con las necesidades de incrementar la superficie útil para el cultivo, obligaron a esta evolución.

La actual batea tipo que se encuentra en nuestras rías es de unos 500 m² (siendo por la legislación vigente el máximo 550 m²) de superficie, con emparrillado de grandes y flexibles vigas de madera sujetas a flotadores metálicos protegidos contra la corrosión con fibra de vidrio o poliéster.

La importancia del sector mejillonero en Galicia es clave, tanto desde el punto de vista productivo como desde el punto de vista económico, siendo una de las señas de identidad del sello Galicia Calidade. El sector mejillonero ha sido pionero en lo que hoy se conoce como acuicultura, y lo ha sido además de una manera tal que ha colocado a Galicia a la cabeza mundial de la producción de este molusco y todo ello gracias a la iniciativa y coraje empresarial de muchas familias que han invertido y se han dedicado a esta actividad. La proliferación de bateas ha sido tal que este producto constituye hoy una importantísima fuente de materia prima para la industria conservera.

La Comunidad Autónoma de Galicia cuenta aproximadamente con 1.200 kilómetros de costa. Las rías, que son antiguos valles fluviales por los que discurría un canal fluvial y que por una serie de procesos tectónicos fueron invadidas por el mar, constituyen un ecosistema idóneo para el cultivo del mejillón.

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) considera las Rías Gallegas como uno de los más importantes depósitos de fitoplancton del planeta. Sus especiales condiciones, las cálidas temperaturas de sus aguas y la elevada producción primaria, hacen de ellas un paraje inmejorable para el desarrollo de los mariscos.

El Mejillón de Galicia alcanza en nuestras costas su talla comercial (70-95 mm) en unos 17 meses, frente a lo que ocurre en otros países productores, donde el período de cultivo es mucho más dilatado (en el resto de Europa el mejillón necesita de 2 a 6 veces más tiempo para llegar a este tamaño).

En el siguiente cuadro se muestran algunas características de las cinco rías donde se encuentran los polígonos de producción de Mejillón de Galicia:

RÍA	VIGO	PONTEVEDRA	AROUSA	MUROS - NOIA	AREAS - BETANZOS
LONGITUD EN KM	33	23	26	12	19
SUPERFICIE EN KM	175	145	230	120	72
VOLUMEN EN M³	3.100	3.240	4.300	2.700	750
PROFUNDIDAD MÁXIMA EN METROS	42	40	65	46	40
RÍOS	Oitavén Lagares	Lérez	Ulla Umia	Tambre	Eume Mandeo

Figura 6 – Características de las rías gallegas con bateas.

El mejillón de Galicia procede de las bateas fondeadas en los polígonos de cultivo situados en el interior das rías de Vigo, Pontevedra, Arousa, Muros-Noia y Ares-Betanzos. Tras una primera reglamentación sobre la explotación de viveros de cultivo, publicada en 1961 en el Boletín Oficial del Estado (B.O.E.), una Orden de 1974 estructura y cuantifica el número de bateas que podrán fondearse en cada uno de ellos, distribuyéndolos por provincias marítimas y denominándolos por letras según ordenación alfabética. El número máximo de fondeos en cada polígono fue el resultado de alinear los viveros en filas y columnas, teniendo en cuenta que la distancia entre sus centros fuese 100 a 200 metros.

Actualmente el número de polígonos, bateas y su distribución es el siguiente:

RÍA	POLÍGONOS DE MEJILLÓN	PORCENTAJE DE BATEAS	N° DE BATEAS
ARES-BETANZOS	2	2,09%	103
MUROS-NOIA	3	3,54%	118
AROUSA	22	68,68%	2.292
PONTEVEDRA	8	10,37%	346
VIGO	12	14,32%	478
TOTAL	47	100,00%	3.337

Figura 7 – Distribución de los polígonos de bateas en las rías gallegas.

#### 1.3 Vivero flotante solar

Galicia es uno de los mayores productores y exportadores a nivel mundial de mejillón. Como muestra de ello, cerca de 3500 viveros flotantes o bateas pueblan nuestras rías para el cultivo del mejillón. La superficie de todas estas bateas es considerable, sobrepasando el millón y medio de metros cuadrados.

El contenido energético de la radiación solar recogida anualmente sobre un metro cuadrado equivale al calor desprendido por 190 kg de carbón bituminoso. En nuestro caso correspondería al calor desprendido por 285000 toneladas de carbón.

A tenor de los datos sería poco racional no intentar aprovechar esa superficie útil para producir energía eléctrica a través de paneles solares fotovoltaicos. Siendo éste un modo de producir energía limpia y no contaminante a escasa distancia de numerosos núcleos urbanos.

He aquí la importancia de este prototipo de vivero flotante solar de mejillón y su doble función de cultivo alimenticio y cultivo energético sostenible y cercano a núcleos urbanos.

#### 2 MEMORIA

### 2.1 Objeto

En este proyecto elaboro el diseño de un prototipo de vivero flotante de mejillón que implementa paneles solares fotovoltaicos para generar energía eléctrica.

El vivero o batea tendrá la misma operatividad que cualquier otra batea actualmente en funcionamiento para cultivar mejillón en las rías gallegas pero además dispondrá de una segunda función. Podrá producir energía eléctrica a través de una fuente renovable como es la solar que incide en gran medida en el lugar donde se encuentran ubicadas las bateas.

Fue prioridad en el diseño que la ubicación de los paneles solares no dificulten en ningún caso el laboreo de los trabajadores en la batea, todo lo contrario, sino que podrán facilitar el movimiento de éstos sobre la misma.

Los paneles instalados en el prototipo de batea solar que se presenta en este proyecto constan de una potencia de 270 Wp (vatios pico) sumando juntos una potencia instalada por batea de 12,96 kWp.

También se estudiará la implantación de paneles solares fotovoltaicos a viveros flotantes ya existentes y en uso. Se determinará la producción energética del vivero y el potencial energético si se aplicase a más viveros flotantes en las rías gallegas. Se propondrá aplicación a la energía producida, tal como abastecer a núcleos urbanos cercanos. Por último, se realizará un análisis de rentabilidad económica.

#### 2.2 Localización

La batea solar se ubicará en la posición: 42.261417 norte, 8.731713 oeste en el mapa de coordenadas. Esta ubicación corresponde a un punto de la ría de Vigo. En la siguiente imagen se muestra una vista aérea de la localización.

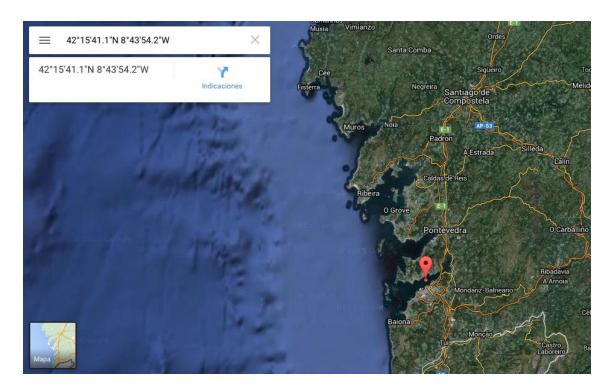


Figura 8 – Vista aérea de la localización.

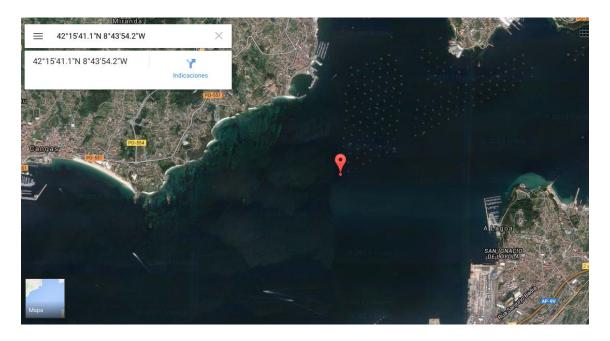


Figura 9 – Vista aérea de la localización.

Si bien se podría realizar este proyecto en cualquier otra ubicación dentro de las rías gallegas de Vigo, Pontevedra, Arousa, Muros-Noia o Ares-Betanzos, por fines prácticos se escoge un lugar fijo para elaborar los cálculos energéticos.

#### 2.3 Antecedentes

Se suele afirmar que el cultivo de mejillón en Europa comenzó allá por el siglo XVIII, a raíz del naufragio de un barco irlandés en las costas francesas. Su único superviviente, Patric Wlaton, ideó una red soportada por estacas y vio con sorpresa cómo sobre éstas se fijaban y crecían los mejillones. Desde entonces los cultivos de este molusco sobre empalizadas se extendieron por la costa francesa bajo la denominación de estacas o "bouchots", debiéndose esperar hasta mediados del siglo XIX para que los cultivos de mejillón comenzasen a adquirir importancia significativa, tanto allí como en las costas de otros países europeos como Holanda e Italia. [2]

Este sistema de "bouchots", debidamente perfeccionado, sigue siendo el más utilizado en la actualidad en la costa atlántica francesa.

La estructura de las bateas como viveros flotantes para el cultivo de especies marinas es un ancestral invento del pueblo japonés, ampliamente utilizado en la actualidad. Su introducción en las costas europeas fue obra de los franceses también, que a principios de siglo serían imitados por los catalanes, quienes dedicaron los viveros flotantes instalados en las costas de Tarragona y Barcelona al cultivo del mejillón.

En los años de la postguerra civil española a orillas de la ría de Arousa, en El Rial, próximo a Vilanova; Alfonso Ozores Saavedra intentó criar mejillones sobre estacas clavadas en las orillas cercanas a las instalaciones de Viveros del Rial. El método era similar al utilizado por los franceses y D. Alfonso había recibido asesoramiento técnico del ilustre naturalista D. Luis Iglesias, pero los resultados fueron desalentadores.

Su tenacidad en la búsqueda de un sistema para criar mejillones le llevó a intentarlo nuevamente y esta vez con un artilugio flotante del que pendían cuerdas a las que se hallaban adheridos los mejillones, el vivero flotante lo había visto funcionar en el puerto de Barcelona.

En el año 1945 una especie de balsa quedaba fondeada frente al Rial, a pocos metros de la costa. Constaba de un único flotador en forma de cubo, hecho de madera, que soportaba una parrilla de largueros de los que colgaban cuerdas de esparto alquitranadas, con unos palillos, que eran la base de fijación para los mejillones. Debido al éxito no se tardaron en construir las cuatro primeras bateas y en 1946 quedan instaladas en número de 10, al abrigo de los temporales en la escollera del puerto de Vilagarcía.

Aquellas rudimentarias bateas, de 125 metros cuadrados de emparrillado útil, llegaban a soportar 400 cuerdas de unos cinco metros de longitud. A partir de ese momento, comenzaron unos años de continua evolución de las estructuras y métodos de laboreo hasta llegar a hoy día.

Esas primeras bateas fueron el primer paso, pero nunca hay que dejar de dar pasos si se quiere seguir avanzando. Por eso, lo que propongo para seguir avanzando es ir un paso más allá, dar una doble función a las bateas, dotarlas de un poder que no tenían: el de generar energía eléctrica.

No solo es ético con el medio ambiente y nuestras rías en especial, es inteligente generar energía limpia y renovable a través de paneles solares fotovoltaicos sobre esa enorme superficie útil que son las bateas.

#### 2.4 Características instalación

A lo largo de este apartado iré detallando uno a uno los elementos que forman la batea solar de mejillón. Para una mayor comprensión y detalle de la misma es adecuado seguir la descripción de cada elemento observando el Anexo 1. El Anexo 1 presenta archivos del Software de diseño CAD en 3D SOLIDWORKS

en el que se muestra el diseño propio de cada elemento de la instalación y su ensamblaje formando el prototipo de la batea solar para el cultivo de mejillón.

#### 2.4.1 Flotadores

Son la base sobre la que flota el emparrillado de la batea. Cada flotador es un cilindro de 4 metros de diámetro y 4.25 metros de altura hecho con chapa naval de 8 mm de grosor. Los flotadores se pintan con pintura de poliéster para protegerlos de las inclemencias del agua salada. Los actuales diseños, a no ser por accidente, no necesiten ninguna reparación a lo largo de toda la vida útil de la batea. Podrá disponer cada flotador de una abertura con tapa hermética para llenar de agua el interior de uno de los tres compartimentos en los que se divide para hundir más la batea y añadir así más estabilidad a la misma, en períodos de mala mar, requerida para la cría del mejillón. En la siguiente imagen se muestra el diseño de nuestro flotador para la batea solar de mejillón.

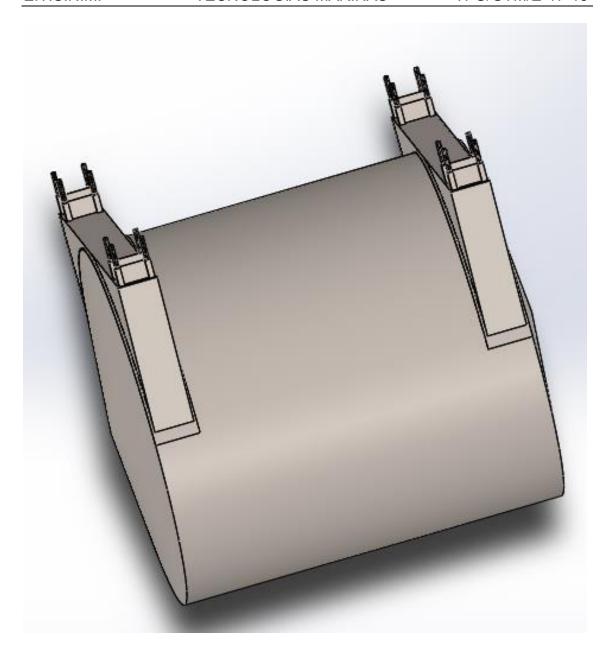


Figura 10 – Flotador.

La batea solar propuesta dispondrá de seis flotadores como el de la Figura 10 dispuestos en dos filas de tres para dar una flotabilidad más que suficiente para además de aguantar el peso de las cuerdas de cría del mejillón, soportar el peso de los paneles solares y sus estructuras de apoyo.

### 2.4.2 Vigas Maestras

Fabricadas de madera de eucalipto. La selección y tala de enormes y rectilíneos eucaliptos proporciona las vigas principales de la batea.



Figura 11 – Viga maestra.

La longitud de las cuatro vigas maestras que forman la batea solar es de 20 metros, con una base cuadrada de 0.37x0.37 metros. A lo largo de los años se probó con distintos materiales para las vigas que forman el emparrillado de la batea, y la experiencia de constructores y productores demostró que el mejor material es la madera de eucalipto. La madera de eucalipto le proporciona la

dureza necesaria a la estructura pero también la flexibilidad que necesita para amortiguar el movimiento constante del mar.

En la siguiente imagen se muestra la disposición de las vigas maestras y los flotadores unidos:

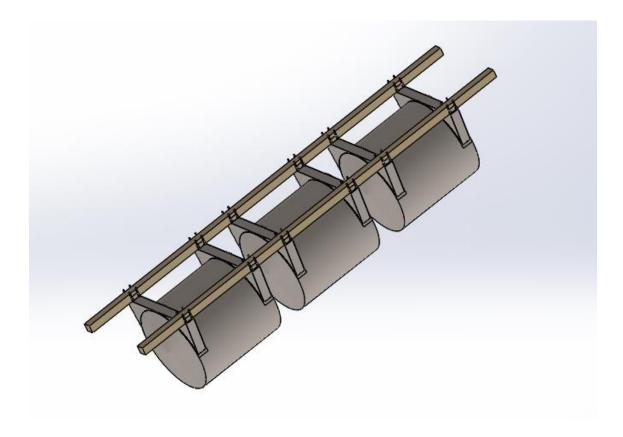


Figura 12 – Vigas maestras y flotadores unidos.

Para fijar las vigas a los flotadores se usan perfiles de acero cómo el mostrado en la figura (número que corresponda) que atornillados fijan las vigas a los flotadores:

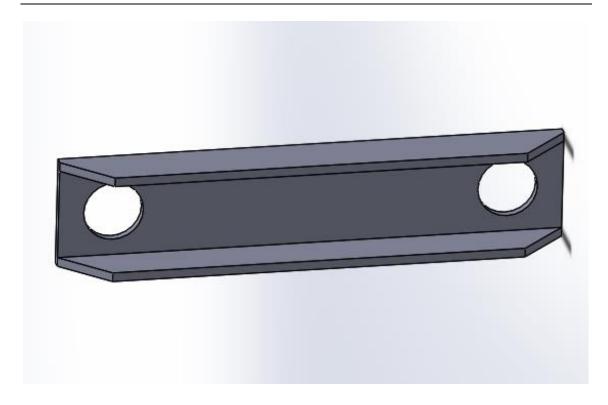


Figura 13 – Perfil de acero.



Figura 14 – Imagen de astillero de dos perfiles de acero.

### 2.4.3 Vigas Transversales

Sobre dos estructuras como la de la figura (anterior) en que se muestran las vigas maestras y los flotadores unidos, dispuestas simétricamente, se asientan las 15 vigas transversales. Vigas hechas también de enormes y rectilíneos eucaliptos. Miden 27 metros de largo y tienen una base cuadrada de 0.30x0.30 metros.



Figura 15 – Viga transversal.

Las 15 vigas transversales se disponen paralelamente desde un extremo de las vigas maestras hasta el otro con una separación igual entre cada viga transversal de 1.11 metros.

Se fijan a las vigas maestras con enormes tornillos como muestra la siguiente imagen tomada en un astillero de bateas:

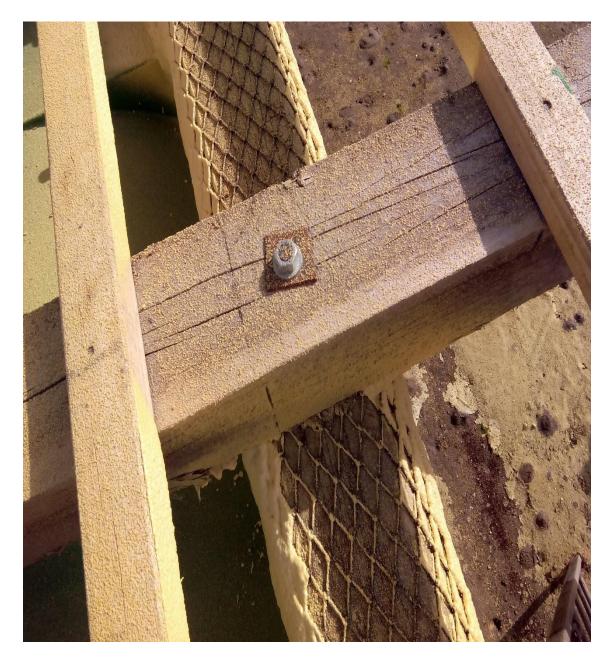


Figura 16 – Fijación viga transversal a viga maestra.

### 2.4.4 Látigos

Sobre las cabeceras de las vigas transversales se sobreponen sendas vigas, denominadas látigos, con una base cuadrada de 0.25x0.25 metros y una longitud de 20 metros como las vigas maestras.



Figura 17 – Látigo.

También como ellas están hechas de madera de eucalipto. Se solían dotar de cubiertas de caucho para facilitar el atraque del barco por esas bordas, ahora ya está más en desuso.

Su forma de fijación es la misma que la de las vigas transversales a las maestras.

#### 2.4.5 Sistema de fondeo

Una viga, con las mismas características que las maestras, se sitúa en el centro de la batea. Esta viga es el punto de apoyo del sistema de fondeo. Se amarran dos gruesas cadenas a cada extremo de la misma y se sitúa una pieza de madera como la de la siguiente imagen que hace de tope de seguridad.

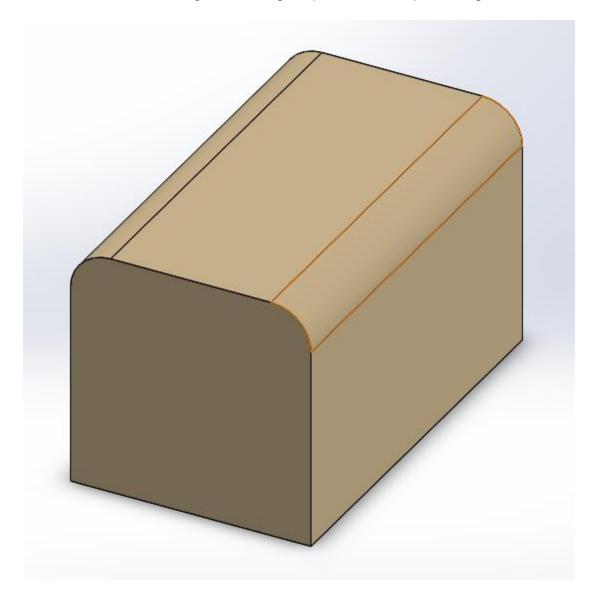


Figura 18 – Tope de seguridad de la cadena del muerto.

Estas cadenas, de longitud cuatro veces superior a la profundidad media del punto de fondeo elegido, anclan al fondo del mar a la batea al estar unidos a sendos muertos. Los muertos son dos bloques de hormigón de 10 toneladas.

Para evitar el desgate de la viga central que sustenta el sistema de fondeo por el rozamiento de la cadena contra la misma se sitúan cuatro pequeños largos, de madera de eucalipto también, para sufrir dicho rozamiento ya que es mucho más sencillo y económico cambiar éstos con el paso del tiempo y su consecuente desgaste que la viga central.



Figura 19 – Tope de seguridad de la cadena del muerto y pequeños largos de desgaste instalados en la viga central.

#### **2.4.6 Cancos**

Con la estructura del emparrillado ya montada, solo queda instalar los cancos o pontones sobre ella. Los cancos o pontones son largos de madera de eucalipto de un poco más de 3 metros de largo (3.11 m en nuestra batea solar exactamente) con base cuadrada de 9x9 cm.

Su función en la batea es la de servir de punto de apoyo y fijación de las cuerdas de cultivo a la batea.

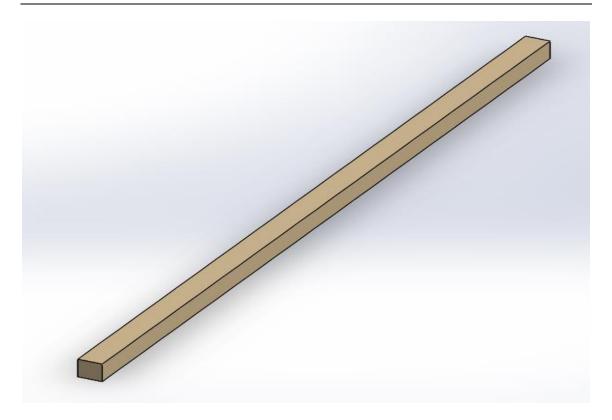


Figura 20 – Canco.



Figura 21 – Cuerdas de cultivo fijadas a los cancos.

#### 2.4.7 Cuerdas de cultivo

Las cuerdas de cultivo son de material sintético y de un diámetro entre 2 y 3 centímetros. Van provistas de unos "palillos" de 15 a 20 centímetros dispuestos transversalmente y distanciados, unos de otros, entre 40 y 50 centímetros. Se colocan los palillos para sujetar el peso del mejillón y evitar que se desprenda de la cuerda. Las cuerdas son de longitud variable dependiendo de la profundidad de la zona pero suelen ser de unos 10 metros de longitud. Serán atadas a los cancos por medio de un cabo o rabiza de unos dos metros de longitud.



Figura 22 – Multitud de cuerdas de cultivo dispuestas sobre la batea.

La vista desde el fondo de una batea y sus cuerdas colgadas repletas de mejillones nos puede ayudar a hacer una idea de cómo se fijan los moluscos a las mismas.

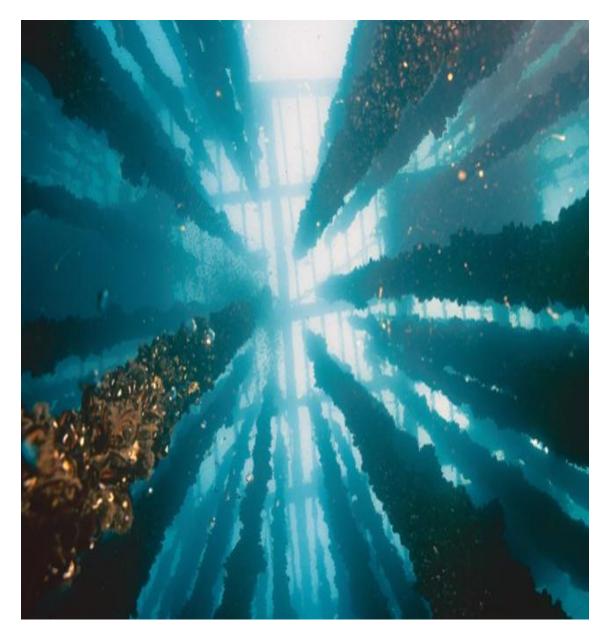


Figura 23 – Cuerdas de cultivo vistas desde el fondo de la batea en la mar.

## 2.4.8 Columna ajustable soporta paneles

Los paneles solares fotovoltaicos necesitan un soporte sobre el que asentarse. Para ejercer ese soporte he diseñado las columnas que se muestran en la imagen:

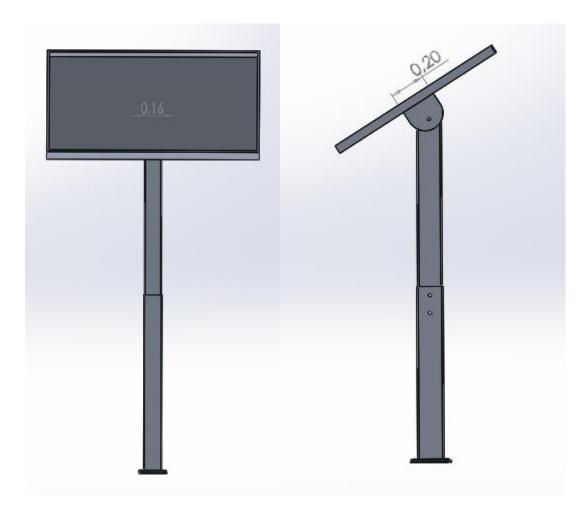


Figura 24 – Vista frontal y lateral columna ajustable soporta paneles.

La columna consta de cuatro partes: una base, una extensión, un pivote rotante y una chapa con forma de cajón para encajar el panel solar. La base se anclará a la batea (en concreto a las vigas transversales) con 4 tornillos galvanizados a través de los cuatro orificios practicados para ello en el pie de la pieza. Se analizó y dio el espesor y rigidez suficiente para que no haya flexión en las columnas.

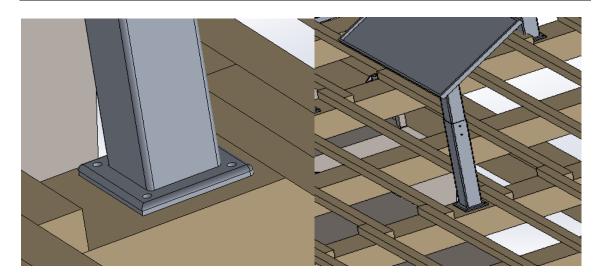


Figura 25 – Pie de la columna ajustable soporta paneles.

La extensión de la columna permite subir los paneles hasta una altura de 2 metros para que no entorpezcan los trabajos a bordo de la batea de los productores, y bajar los paneles para cualquier operación de mantenimiento, reparación o sustitución.

El pivote rotante permite inclinar los paneles hasta la inclinación deseada para aprovechar al máximo la energía solar que llega a los módulos fotovoltaicos. Pudiendo llegar a ponerlos totalmente verticales, tanto en una orientación como en la otra, lo que permite una operatividad perfecta en cualquier trabajo a bordo de la batea solar, bien en su función de cultivo de mejillón o bien en la de producción de energía eléctrica.

La chapa en forma de cajón sostendrá y protegerá al panel solar fotovoltaico. Se le practicarán unos pequeños agujeros para sacar las conexiones eléctricas de cada panel.

En el interior de la columna, ya que ésta es hueca, pueden ubicarse los cables de transporte de la electricidad.

El material del que serán construidas las columnas es chapa de aluminio. La elección del aluminio (por ejemplo: aluminio aleación magnesio 5754) es consecuencia de su fortaleza estructural con bajo peso y resistencia a la corrosión por agua salada sin requerir de ningún tipo de pintura especial.

#### 2.4.9 Paneles solares

Hoy en día son muchas las opciones que hay en el mercado para satisfacer las necesidades de los clientes en el ámbito de la energía solar. Hay múltiples compañías que se dedican a fabricar y comercializar paneles solares.

Los materiales empleados en la fabricación de módulos fotovoltaicos son principalmente: silicio monocristalino, cuyo rendimiento energético fluctúa entre 15 y 17%; silicio policristalino, de rendimiento energético entre el 12 y 14%; silicio amorfo, con rendimiento energético menor del 10%. Otros materiales utilizados, en menor escala, son arseniuro de galio (GaAs), diseleniuro de indio y cobre (CuInSe<sub>2</sub>), telurio de cadmio (CdTe). [3]

Actualmente, el material más utilizado es el silicio monocristalino que tiene prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro material utilizado para el mismo fin.

Las celdas solares constituyen un producto intermedio porque proporcionan valores de tensión y corriente limitada, en comparación a los valores requeridos normalmente. Se montan sobre un marco de vidrio y aluminio anodizado dentro del cual se disponen las celdas, generalmente 36 conectadas en serie, ocupando una superficie de 0.5 a 1.2 m². Todo este conjunto comprende un módulo o panel fotovoltaico que incluye sus conexiones internas; se encuentra completamente aislado del exterior por medio de dos cubiertas: una frontal de vidrio de alta resistencia a los impactos, antirreflectante, y una posterior de plástico.

La eficiencia de una celda solar es la proporción de la potencia convertida en energía eléctrica a partir de la luz solar total absorbida por un panel, cuando dicha celda forma un circuito eléctrico. Esta proporción se calcula dividiendo la potencia máxima por la luz que llega a la celda, irradiancia, bajo condiciones estándar y por el área superficial de la celda solar. La condición estándar significa una temperatura de 25 °C y una irradiancia de 1000 W/m² con una masa de aire espectral de 1.5, que corresponde a la irradiación y al espectro de luz solar incidente en un día claro sobre una superficie solar inclinada con respecto al Sol con un ángulo de 41.81° sobre la horizontal.

La capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se indica en vatios-pico (Wp), lo cual indica la capacidad de generar electricidad en

condiciones óptimas de operación. Sin embargo, la capacidad real difiere considerablemente de su capacidad nominal debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de radiación que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas. Un módulo de 55 Wp es capaz de producir 55 W cuando recibe una radiación solar de 1000 W/m² y sus celdas poseen una temperatura de 25 °C.

El modelo de panel solar fotovoltaico seleccionado para instalar en la batea solar es el Q.Peak-G3 270 Mono de Q.Cells de la compañía Hanwha y sus características se definen en la siguiente tabla:

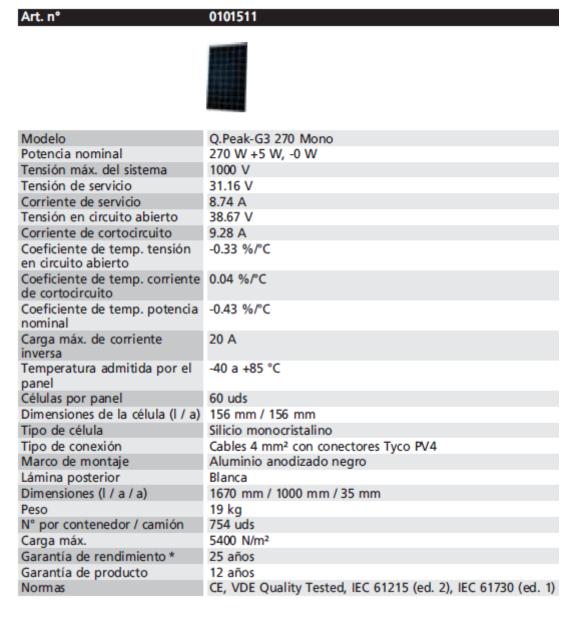


Figura 26 – Características técnicas paneles solares.

Las especificaciones eléctricas han sido medidas en condiciones de ensayo estándar (STC): irradiación 1kW/m², espectro de 1.5 masa del aire y 25 °C de temperatura de la célula.

Las medidas físicas del panel solar fotovoltaico se representan en el siguiente esquema del mismo:

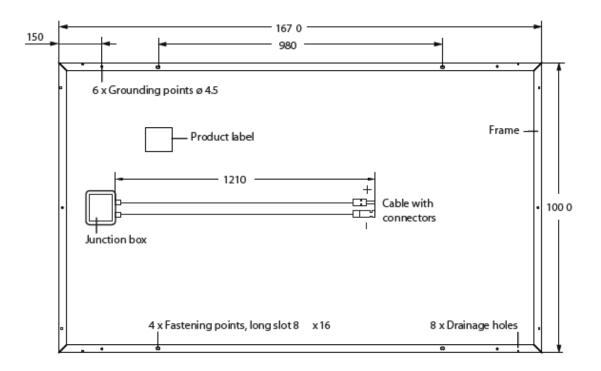


Figura 27 – Dimensiones paneles solares.

Y la siguiente gráfica representa la eficiencia relativa a la radiación recibida por el panel solar:

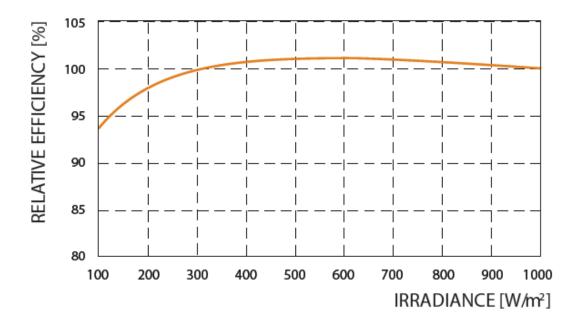


Figura 28 - Eficiencia relativa paneles solares.

En el prototipo de batea solar irán instalados 48 paneles solares de este modelo sobre sendas 48 columnas ajustables y sus soportes para los paneles. Con una potencia de 270 Wp por cada uno, hacen un total de 12,96 kWp de potencia instalada por batea. En el apartado de Cálculos técnicos se explicará en más detalle la potencia instalada e inclinación y orientación de los paneles solares fotovoltaicos de la batea solar.

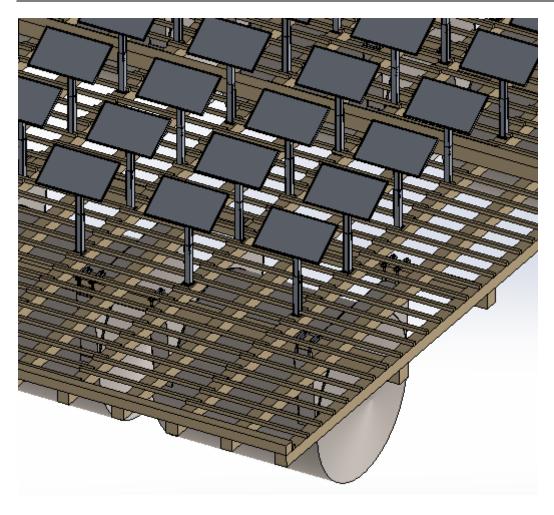


Figura 29 – Paneles solares ubicados en la batea solar.

## 2.4.10 Transporte energía eléctrica

Generamos energía eléctrica sobre una batea, pero ¿qué hacemos con ella? Transportarla a tierra. ¿Cómo la transportamos a tierra? ¿La energía eléctrica generada es en corriente continua (CC), no tendremos que transformarla a corriente alterna (CA) para llevarla a tierra? No, la transportaremos a tierra en CC. Transportaremos la electricidad a tierra con cables HVDC.

Los cables de transmisión de energía eléctrica HVDC (High Voltaje Direct Current) son una alternativa muy eficiente para la transmisión de grandes cantidades de electricidad a través de largas distancias y para aplicaciones

especiales. Se perfila como un factor clave en el futuro sistema energético basado en las energías renovables.

¿Por qué cables HVDC y no cables que transmitan la electricidad en CA?

Desde las centrales eléctricas generan electricidad en corriente alterna, y los servicios públicos entregan alimentación de CA a los consumidores, ¿por qué es mejor transmitir la electricidad que generamos en corriente continua (HVDC) entonces?

Es una pregunta interesante, porque la mayoría de las transmisiones de energía eléctrica también utilizan corriente alterna trifásica. Entonces, ¿cómo encaja la transmisión de corriente continua con la batea solar?

La CA ha sido la plataforma global preferida para transmisión eléctrica a los hogares y las empresas durante los últimos 100 años. Y sin embargo la transmisión de corriente alterna de alto voltaje tiene algunas limitaciones, comenzando con la capacidad de transmisión y las limitaciones de distancia, y la imposibilidad de conectar directamente dos redes de alimentación de CA de diferentes frecuencias.

Con el amanecer de una nueva era de la energía y la necesidad de construir una red más inteligente, se espera que la tecnología HVDC vaya a crecer mucho más allá de su posición tradicional como complemento a la transmisión de corriente alterna.

HVDC es ahora el método de elección para la transmisión eléctrica submarina y la interconexión de redes de corriente alterna asíncronas, proporcionando capacidad de transmisión y control eficientes, estables. HVDC es también la tecnología de elección para larga distancia de transmisión de energía, capaz de enviar grandes cantidades de electricidad a través de largas distancias con bajas pérdidas eléctricas.

Eso hace que sea una tecnología clave en la superación de un gran problema con la generación renovable como la eólica, la solar y la hidroeléctrica, ya que estos recursos rara vez se encuentran cerca de los centros de población que más los necesitan. Sin embargo, nuestras bateas solares estarían ubicadas cerca de los centros de población.

Las razones de la elección de HVDC en lugar de CA como transmisión de electricidad en un caso concreto son numerosas. Nuestro caso es el siguiente: queremos transmitir electricidad en CC generada en el mar sobre una batea solar con paneles solares, a los núcleos urbanos cercanos situados en tierra.

Y las razones para transmitir esa electricidad son las siguientes:

-No es necesario disponer de un centro de transformación en la batea.

En nuestro caso además es una razón de peso, ya que no necesitaremos estación convertidora en la batea. Los paneles solares generarán la electricidad en CC, se transportará como CC hacia un centro de transformación en tierra y desde allí se distribuirá.

## -Menores pérdidas.

Las pérdidas de transmisión HVDC son menores que las pérdidas de transmisión de corriente alterna en prácticamente todos los casos. El siguiente diagrama muestra una comparación de las pérdidas en línea aérea de CA contra CC:

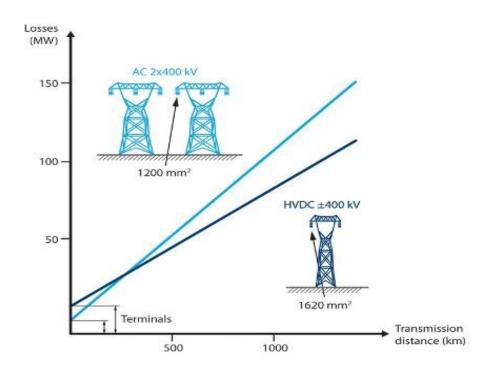


Figura 30 – Pérdidas de transmisión en línea aérea de CC y CA.

Si eliminamos la terminal de conversión de CA/CC inicial que muestra el gráfico, necesaria para una central eléctrica que genera en CA y que no es necesaria en nuestro caso, ya que generamos electricidad en CC: observamos que la pendiente es menor en la transmisión en CC y por lo tanto las pérdidas son menores desde el principio en comparación con la transmisión en CA.

Una línea de transmisión eléctrica HVDC optimizada tiene pérdidas más bajas que las líneas de corriente alterna de la misma capacidad. Las pérdidas en las estaciones convertidoras también deben agregarse y son alrededor de 0,6 por ciento para HVDC de la potencia transmitida en cada estación.

Por lo tanto, en una comparación lado a lado, las pérdidas totales de transmisión HVDC siguen siendo inferiores a las pérdidas de CA en prácticamente todos los casos.

-Bajo costo de inversión.

Una línea de transmisión HVDC cuesta menos que una línea de CA para la misma capacidad de transmisión. Sin embargo, también es cierto que las estaciones terminales HVDC son más caras debido al hecho de que deben realizar la conversión de CA a CC, y de CC a CA. Las pérdidas son más bajas, y es mejor ambientalmente. Los sistemas de transmisión HVDC cuestan menos, incluso con el gasto adicional de estaciones terminales.

A lo largo de una cierta distancia, la alternativa HVDC siempre ofrecer el menor costo. El punto de equilibrio de costes para transmisión con cables submarinos es de alrededor de 50 km. Pero, otra vez en nuestro caso no es necesaria esa primera conversión CA/CC (la segunda sería necesaria en cualquier caso para acondicionar la electricidad a los consumidores) y se eliminaría el coste de las terminales en la siguiente gráfica, haciendo más rentable desde el principio la línea de CC frente a la de CA.

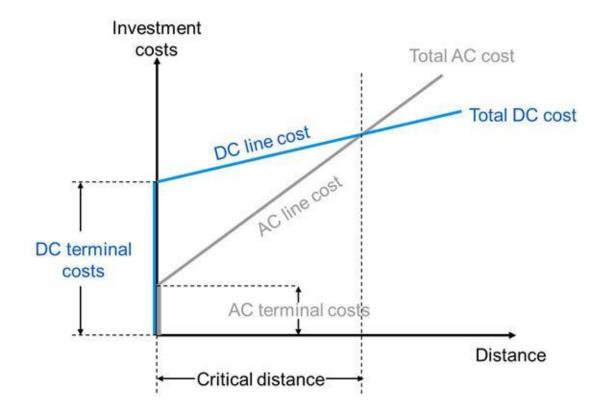


Figura 31 – Costes de transmisión en línea de CC y CA.

## -Ventajas técnicas

HVDC es una tecnología probada con muchas ventajas técnicas distintas. Por ejemplo, permite la transmisión de energía a granel a grandes distancias, con mayor eficiencia y menores pérdidas eléctricas por 1.000 kilómetros.

HVDC proporciona un control instantáneo y preciso del flujo de potencia. Una vez instalado, los sistemas de transmisión HVDC se convierten en una parte integral del sistema de energía eléctrica, mejorando la capacidad total, estabilidad, fiabilidad y transmisión.

No hay límites técnicos a la longitud potencial de un cable de HVDC. En un largo cable de transmisión de CA, el flujo de potencia reactiva debido a la gran capacitancia del cable limitará la distancia de transmisión máxima posible. Con HVDC no existe tal limitación; es por eso que, para los enlaces de cables muy largos, HVDC es la única alternativa viable de transmisión técnica.

Una ventaja fundamental de la tecnología HVDC es la facilidad de controlar la potencia activa en el enlace. En la mayoría de los enlaces HVDC, el control principal se basa en la transferencia de potencia constante.

En conclusión, los cables propuestos son Cables submarinos HVDC Light hasta 300 kV CC de la compañía ABB.



Figura 32 – Cables submarinos HVDC.

Estos cables submarinos extruidos tienen un conductor compacto hecho de cobre o aluminio, dependiendo de los requisitos eléctricos y/o mecánicos. El material de aislamiento de primera elección para los cables submarinos es de

polietileno reticulado (XLPE). Además, una capa de enfundado y blindado para cumplir con los requisitos de instalación en mar. Los cables de alta tensión de ABB son de un solo blindado para profundidades moderadas, y de doble blindado para profundidades extremas. Estos cables unipolares se pueden instalar por separado o en una configuración conjunta. Permite el arranque de redes sin electricidad, control y estabilidad de la energía reactiva en ambas redes conectadas e inversión de polaridad sin interrupción.

Los cables HVDC Light son ligeros, fuertes y resistentes y, por lo tanto, se adaptan especialmente bien a condiciones de tendido adversas, como aguas incluso muy profundas. Por lo que no tendrán problemas en las aguas resguardadas de las rías.

#### 2.4.11 Detalles constructivos

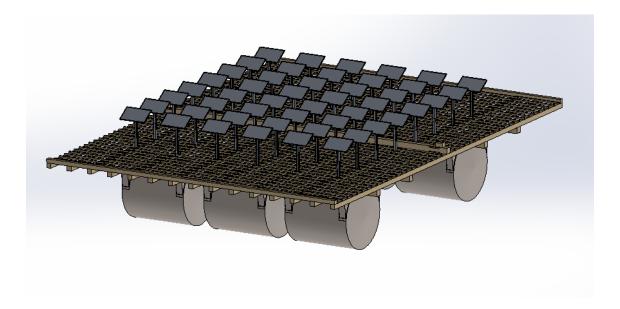


Figura 33 – Diseño 3D prototipo de batea solar.

El prototipo de batea solar tiene unas características especiales que hacen de ésta un artefacto único y la diferencia de cualquier vivero flotante ya existente. A continuación se describen los detalles constructivos clave en el diseño de la batea solar y su porqué.

## -Estructura y orientación:

La superficie máxima de cultivo permitida por la Xunta de Galicia es de 550 m<sup>2</sup> por batea y 27 m de largo máximo de uno de sus lados. El prototipo de batea solar con 540 m<sup>2</sup> y 27 metros de largo en su lado más ancho, se ajusta a la normativa.

Si bien la mayoría de las bateas disponen de sus vigas maestras como la longitud mayor en el rectángulo que forma el emparrillado, la batea solar toma como longitud menor la de las vigas maestras. Así las vigas maestras miden 20 m de largo y las vigas transversales 27 m. Esto tiene un motivo, al disponer los flotadores en dos líneas de tres flotadores por línea de 20 metros de largo, ya que es lo que miden las vigas maestras a las que se unen los flotadores en la estructura, el espacio entre flotadores es menor y ocupan casi todo el largo del lado corto de la batea.

Ésto y la mayor dimensión de los flotadores que la estándar, dan una estabilidad capaz de soportar los 25 o 30 kg por columna y panel solar extras en la batea solar. Además si tenemos en cuenta la situación geográfica y la disposición de los paneles solares, se puede observar que si orientamos los paneles al sur, uno de los lados anchos del emparrillado queda enfrentado a la boca de la ría, es decir, la proa de la batea es lo más ancha posible.

El hecho de que muchas bateas dispongan de un único fondeo las obliga a girar modificando su posición de acuerdo con la dirección de las corrientes o vientos dominantes en cada momento. Este movimiento denominado borneo es lo que hace que la batea disponga de una proa siempre enfrentada a la corriente, por donde penetra primero la masa de agua que ha de atravesarla. Si la batea dispone de un fondeo doble, como la nuestra, la batea permanece fija y su proa es la parte enfrentada a la boca de la ría. Que la proa de la batea sea el lado ancho y no el estrecho quiere decir que se pueden disponer de más cuerdas de cultivo en la proa y con ello aumentar la productividad ya que las cuerdas situadas en la proa del vivero o batea se desarrollan más deprisa que el resto.

-Disposición paneles solares e influencia de la luz en la batea:

La batea solar dispone de 48 paneles solares fotovoltaicos individuales de casi 2 metros de superficie soportados cada uno por una columna modular ajustable individual. El motivo por el cual son numerosos paneles individuales de un tamaño menor y no pocos y grandes paneles es debido a su funcionalidad.

Se podrían instalar paneles de mayor tamaño y reducir así el número de paneles por batea y su coste para la misma potencia; entorpecerían las actividades de laboreo del mejillón, así como su mantenimiento. Al disponer de paneles solares de menos de dos metros cuadrados de superficie, estos pueden ser soportados por las columnas ajustables descritas en el apartado 2.4.8. Este sistema de pequeños paneles solares individuales favorece las operaciones de mantenimiento en el mar, su manipulación en caso de ser necesaria para realizar trabajos en la batea debido a su ligereza y facilidad de manipulación y el intercambio de paneles en caso de daños producidos en los mismos. Basta con aflojar unas pocas tuercas para cambiar la inclinación de los paneles, así como bajarlos hasta la altura del emparrillado de la batea.

Otro detalle a tener en cuenta es el material del que están hechas las columnas modulares ajustables. Dichas columnas están hechas de aluminio anodizado. El motivo es doble y combinado: el peso y la durabilidad. El aluminio anodizado ofrece una solución que aporta la resistencia adecuada a la corrosión que produce el entorno marino y a la vez ofrece la resistencia estructural adecuada con un bajo peso para soportar los paneles solares. A menor peso, mayor flotabilidad asumible por la batea solar.

La disposición de los paneles solares sobre el emparrillado de la batea solar no es casual. Se sitúan en el centro del emparrillado, anclados a las vigas transversales. La separación entre los mismos es la calculada para no proyectar sombras de un panel solar sobre el inmediatamente anterior.

La influencia de la luz en el desarrollo del mejillón ha sido poco estudiada. Es un factor de menor importancia que la salinidad y la temperatura, pero algunos estudios sostienen que periodos de insolación prolongados pueden llegar a provocar una disminución en el crecimiento. Incluso hubo quien propuso que se podría mejorar el crecimiento del mejillón oscureciendo la batea en verano

mediante la colocación de unos toldos. Los constructores y productores de bateas, con sus años y años de experiencia en el cultivo del mejillón, sostienen también que el factor de la luz es importante en el crecimiento del mejillón en cuanto a que la luz es necesaria para el fitoplacton y éste es el alimento del mejillón, pero no en el mejillón en sí para su crecimiento. Por lo tanto que los paneles proyecten sombras sobre la batea no indica que vaya a producir un crecimiento menor del mejillón. Al contrario, si los estudios están en lo cierto y periodos de insolación prolongados provocan un crecimiento menor del mejillón, las sombras proyectadas serían incluso beneficiosas en algunos periodos.

Pero... ¿y el fitoplacton? ¿Dejará de crecer? ¿Los mejillones de nuestra batea solar no tendrán alimento? Expongamos los siguientes aspectos oceanográficos de nuestras rías.

Las peculiaridades oceanográficas de nuestras costas y su elevada riqueza en nutrientes hacen de las rías gallegas uno de los ecosistemas marinos más productivos del mundo, productividad que se manifiesta de manera especial en las Rías Baixas. Para ello es preciso que aguas frías procedentes de las profundidades del Océano Atlántico asciendan hacia la superficie arrastrando consigo toneladas de nutrientes, gracias a un evento oceanográfico conocido bajo el nombre de Afloramiento Marino.

El que se origina frente a las costas gallegas no es constante y presenta variaciones a lo largo del año. Comienza a manifestarse durante el mes de mayo para alcanzar en agosto su punto culminante terminando prácticamente por desaparecer a finales de octubre.

Geográficamente se da con mayor intensidad en el tramo comprendido entre el Norte de Portugal y Fisterra, a partir del cual decae paulatinamente hasta extinguirse frente a las costas cantábricas.

Los vientos de componente norte provocan una retirada de las aguas superficiales costeras hacia mar abierto, quedando en su lugar "un espacio vacío" que tiende a ser ocupado por el agua subyacente (agua central noratlántica) portadora de los nutrientes del fondo oceánico, ayudada a su vez por una vena de agua más profunda, con origen mediterráneo, que la empuja hacia superficie.

Las masas de agua implicadas son:

- -La vena de agua del Mediterráneo (entre 1200 a 700 metros de profundidad).
- -El agua central noratlántica (entre 500 y 70 metro de profundidad).
- -El agua superficial (desde 70 metros hasta la superficie).

A través del Estrecho de Gibraltar se produce una salida de agua del Mar Mediterráneo que se dispersa en abanico en el interior del Océano Atlántico. A la altura del Cabo de San Vicente, sin embargo, una ramificación de esta masa de agua cobra importancia y a modo de vena se desplaza a lo largo de las costas de Portugal y Galicia adosada al talud continental, ayudando en su fluir al agua central noratlántica suprayacente a ascender provocando una especia de "afloramiento hidráulico".

El agua central noratlántica, fría y rica en nutrientes, aflora a superficie. Está situada por encima de la vena mediterránea, y en su ascenso hacia la supeficie "lame" el talud continental, enriqueciéndose en nutrientes, que serán en parte transportados al fondo de la ría. Es la causante de las altas productividades que tienen lugar en la plataforma costera e interior de las rías gallegas y, debido a su baja temperatura, es la responsable de que las aguas estén frías durante el mes de agosto en nuestras costas.

La climatología y la circulación del agua influyen en la redistribución de los nutrientes. El agua superficial es de poco espesor y su desplazamiento hacia mar abierto es de gran importancia para permitir el ascenso de aguas profundas.

Impulsada por los vientos del norte circula en dirección sur durante el verano, al contrario de cómo lo hace el agua central noratlántica, con lo que se ven reforzados de esta manera los procesos de afloramiento.

Una vez depositados los nutrientes en el fondo de la ría, su ascenso hacia superficie va a estar notablemente influenciado por las condiciones meteorológicas. Un ejemplo de ello lo tenemos en la Ría de Arousa, de orientación nordeste-suroeste. Cuando soplan vientos de norte y nordeste, típicos de la época veraniega, el agua superficial de la ría sale con mayor intensidad hacia el océano dejando "un vacío" que va a ser ocupado por aguas del fondo que aumentan considerablemente la concentración superficial de

nitratos nitritos y fosfatos en la capa iluminada, que quedan así a disposición de fitoplacton (placton vegetal o microalgas), base de numerosas cadenas alimenticias. Como la que nos implica, ya que es el alimento de los mejillones. Por el contrario, los vientos del suroeste retardan la salida de agua superficial, provocando una mayor dispersión de los nutrientes en toda la columna de agua.

A finales de verano y principios de otoño las temperaturas son suaves y la acción de los vientos aumenta, lo que permite el transporte de nutrientes y, consecuentemente, altas tasas de productividad.

En invierno, a pesar de la elevada disponibilidad de nutrientes gracias a la acción de los vientos y temporales, la escasa luminosidad y baja temperatura no permiten el desarrollo de masas de fitoplacton.

En primavera hay concentración elevada de nutrientes en superficie y aumentan los niveles de luz y temperatura, por lo que se originan de nuevo altas tasas de productividad primaria.

Otros aspectos oceanográficos de las rías que podemos tener en cuenta son la circulación del agua y las corrientes de marea.

En todas las rías gallegas hay aportes de agua dulce procedentes de la desembocadura de algún río. Esta agua dulce flota por encima de la salada, mezclándose progresivamente con ella conforme se dirige hacia el océano. Esta pérdida de agua superficial es compensada con la entrada de agua oceánica por el fondo, en lo que técnicamente se denomina "circulación estuárica positiva".

Las corrientes de marea son las principales corrientes que se originan en las rías y se caracterizan por no transportar agua (entra igual cantidad de agua al subir la marea que la que sala al bajar) y porque afectan a toda la masa, pudiendo generar transporte de sedimentos y nutrientes. Su velocidad alcanza valores entre 11 y 93 centímetros por segundo.

Con todos estos motivos expuestos, se puede garantizar que el fitoplacton llegará a los mejillones de las cuerdas de cultivo de la batea solar sin ningún problema. Ya que el fitoplacton se encuentra disperso en el agua de las rías y ésta no permanece fija debajo de la batea solar, sino que se mueve y renueva constantemente.

De todas formas, en el prototipo de batea solar propuesto, podrían disponerse 592 cuerdas de cultivo (con la debida separación entre ellas) en los cancos que no están bajo los paneles solares. Siendo el máximo de cuerdas por normativa 500, daría de sobra el espacio exterior sin necesidad de recurrir al espacio interno del emparrillado en el que se encuentran los paneles solares fotovoltaicos.

### -Transporte energético:

Uno de los motivos de elegir como modo de fondeo de la batea solar un sistema con dos muertos en vez de uno es mantener la batea fija y eliminar el borneo. Sin este borneo y con la batea fija, además de poder orientar los paneles solares al sur durante todo el día, nos permite tender los cables eléctricos submarinos sin que se enganchen a las cadenas de fondeo. Si dispusiésemos de un solo punto de fondeo, sería prácticamente imposible tender un cable submarino y que no se enredase la cadena del muerto con el cable. Al disponer de dos puntos de fondeo eliminamos este problema y podemos tender el cable HVDC y transportar la energía eléctrica generada a tierra.

# -Protección emparrillado:

Finalmente, para proteger las bateas se aplica pintura epoxi sobre el emparrillado y poliéster por debajo. Si bien se pueden utilizar otro tipo de pinturas, son menos duraderas y protegen menos a las bateas de la acción negativa del agua sobre ellas.

# **3 CÁLCULOS TÉCNICOS**

En este apartado del trabajo se llevarán a cabo los cálculos necesarios para seleccionar la orientación e inclinación ideal de los paneles solares fotovoltaicos teniendo en cuenta la ubicación de la batea, la separación mínima entre paneles y la electricidad que nos proporcionarán los mismos.

## 3.1 Orientación e inclinación paneles solares fotovoltaicos

Existen diversas formas de calcular la inclinación óptima de las placas solares fotovoltaicas. Utilizaremos el método de la inclinación óptima anual para calcularlo, debido principalmente a su sencillez y fiabilidad ya que ofrece un resultado con gran aproximación.

La siguiente fórmula expresa la inclinación óptima anual para conseguir la mayor radiación solar anual posible sobre un captador solar estático. Está basada en el análisis estadístico de la radiación solar anual sobre superficies con diferentes inclinaciones situadas en lugares de diferentes latitudes, por lo que proporciona la inclinación óptima en función de la latitud del lugar:

 $\beta \acute{o}pt = 3.7 + 0.69 \cdot |\phi|$ 

Siendo:

β: ángulo de inclinación óptima (grados)

|φ|: latitud del lugar, sin signo (grados)

La ubicación de nuestra batea solar es: (42.261417, -8.731713). O lo que es lo mismo: latitud 42.261417 norte, longitud 8.731713 oeste. Por lo que aplicando la fórmula anterior obtendremos la inclinación óptima para que nuestros paneles solares fotovoltaicos reciban la mayor radiación solar anual posible.

 $\beta \acute{o}pt = 3.7 + 0.69 \cdot |\phi| = 3.7 + 0.69 \cdot 42.261417 = 32.86037773^{\circ}$ 

Dependiendo de la zona y la climatología, a veces no se puede aplicar criterios de máxima captación posible para determinar la inclinación. En lugares con nevadas frecuentes se requiere inclinaciones cercanas a los 90° para evitar acumulaciones sobre la superficie del generador. En zonas desérticas, para evitar la acumulación de arena sobre la superficie la inclinación mínima debe ser de 45° y en regiones lluviosas tropicales hace falta una inclinación mínima de 30°. Si bien es cierto que en Galicia llueve mucho, ninguno de las situaciones adversas afecta al clima de las rías gallegas y por lo tanto no existe ningún criterio técnico que impida hacer posible la inclinación óptima resultante en nuestros cálculos.

El siguiente gráfico corrobora que si bien en ciertos pequeños periodos la irradiación es mayor sobre superficie horizontal, a lo largo del año y en la mayoría de este es mayor la irradiación sobre la inclinación óptima calculada de 32.86037773°.

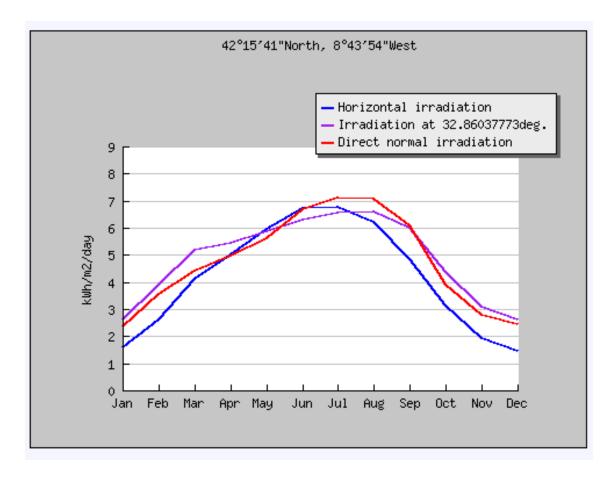


Figura 34 – Irradiación normal, sobre superficie horizontal e inclinada 32.86 ° en la localización elegida.

## 3.2 Distancia mínima entre paneles solares fotovoltaicos

Hay una distancia mínima que debe haber para que una fila de placas solares no proyecte sombras sobre la que está detrás. Se produce cuando la inclinación de placas posee una inclinación distinta a la de la superficie donde van a ir instaladas. Por ello, es fundamental calcular una distancia mínima que nos permita aprovechar al máximo la superficie disponible y al mismo tiempo evitar la proyección de sombras entre filas.

El IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) en su Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red, establece una fórmula sencilla para calcular la distancia mínima. Según éste, la distancia mínima deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. La distancia mínima "d" deberá ser superior al valor obtenido por la siguiente expresión:

 $d = h / tg (61^{\circ} - \Phi)$ 

Siendo:

h = la altura de la placa respecto a la horizontal

 $\Phi$  = latitud del lugar

d = distancia mínima

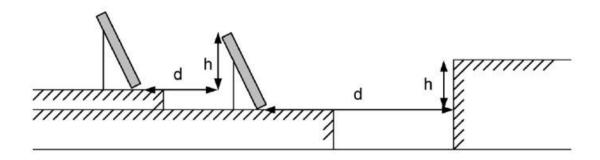


Figura 35 – Distancia mínima entre paneles solares para evitar sombras.

Ahora bien, está fórmula sólo es válida para superficies planas u horizontales, y cuyo azimut no difiera mucho de 0°. Esto es muy importante porque mucha gente

suele aplicar esta fórmula de manera indiscriminada cuando el propio IDAE especifica que tiene limitaciones.

"Si los módulos se instalan sobre cubiertas inclinadas, en el caso de que el azimut de estos, el de la cubierta, o el de ambos, difieran del valor cero apreciablemente, el cálculo de la distancia entre filas deberá efectuarse mediante la ayuda de un programa de sombreado para casos generales suficientemente fiable, a fin de que se cumplan las condiciones requeridas."

En astronomía azimut es el ángulo medido sobre el horizonte que forman el punto cardinal Norte y la proyección vertical del astro sobre el horizonte. En astronomía se mide en grados desde el Sur en sentido: Sur-Oeste-Norte-Este, correspondiéndoles los valores (en grados) de: Sur 0°, Oeste 90°, Norte 180°, Este 270°. Por proyección vertical entendemos el corte con el horizonte que tiene el círculo máximo que pasa por el cenit y el astro.

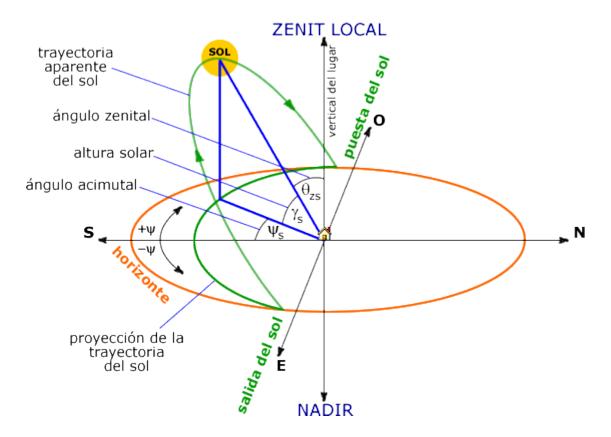


Figura 36 – Esquema azimut.

Teniendo en cuenta que nuestros paneles están instalados sobre una superficie plana horizontal (aunque los elevemos con columnas de forma vertical), obviando el balance del mar que balancea mínimamente las bateas en las aguas resguardadas de las rías (acabar con este balanceo de alguna forma, quizá sería económicamente inviable para nuestro prototipo teniendo en cuenta el mínimo inconveniente que supondría teóricamente y sin tener una prueba de campo. Sería interesante intentar afrontar solucionarlo si una vez probada la batea solar durante un largo período se ve que sería viable económicamente intentar minimizarlo de alguna forma) y orientando éstas y por lo tanto los paneles al sur (ángulo acimutal de 0°), podremos utilizar la fórmula anterior para conocer la distancia mínima que debe haber para que una fila de placas solares no proyecte sombras sobre la que está detrás.

Nuestros datos son:

h = 0.564297437 m

 $\Phi = 42.261417$  °

 $d = h / tg (61^{\circ} - \Phi) = 0.564297437 / tg (61 - 42.261417) = 1.663455559 m$ 

La distancia mínima a calcular puede ser algo tedioso pero es muy importante para evitar sombras y optimizar al máximo la superficie disponible. Hay que procurar cumplir con una de las exigencias del CTE "la distancia mínima deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno", porque si no nuestra instalación no será válida. Y con esta distancia d calculada nos aseguramos de garantizarlas.

#### 3.3 Producción eléctrica

Partimos de que en el prototipo de batea solar tenemos 48 módulos fotovoltaicos de 270 Wp cada uno, por lo que tenemos una potencia total de 48·270 = 12.96 kWp. No vamos a centrarnos en cuántos módulos asociaremos en serie y cuantos en paralelo, ya que eso dependerá en gran parte del inversor que transforme la corriente eléctrica de continua a alterna y el trabajo no se centra más que en el diseño de la propia batea solar, su producción eléctrica y usos y

no en la transformación en tierra de la electricidad para su uso en la red de distribución a los hogares en corriente alterna.

Para conocer la producción energética que puede aportar la batea solar tenemos que conocer los datos de la irradiación solar en la zona dónde estará fondeada nuestra batea a lo largo del año. La hora solar pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiación solar constante de 1000 W/m2. Una hora solar pico equivale a 3.6 MJ/m2 o, lo que es lo mismo, 1 kWh/m2. Para obtener estos datos utilizaremos la herramienta PVGIS que proporciona el IET (Institute for Energy and Transport) de la Comisión Europea de la UE.

Bases de datos de radiación de PVGIS [4]:

PVGIS necesita datos de radiación solar para estimar el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos y para realizar el resto de cálculos posibles en la aplicación web. Existen diferentes bases de datos de radiación solar, pero ninguna es perfecta, por lo que es importante conocer los puntos fuertes y las debilidades de cada una. En la nueva versión de PVGIS (otoño 2010), se han incluido, por primera vez, bases de datos para ciertas regiones. Por esta razón, se van a describir en este punto cada una de las bases de datos entre las que podremos elegir.

Más adelante se tratan las diferencias entre la antigua versión (PVGIS-3) y la nueva (PVGIS-CMSAF). No obstante, la base de datos anterior está todavía disponible en la página web. De hecho, para algunas regiones esta base de datos (PVGIS-3) es la única disponible.

Tipos de fuentes de datos de radiación solar:

Las dos principales fuentes de datos de radiación solar recibida sobre la superficie terrestre son:

- -Medidas realizadas en tierra.
- -Cálculos basados en datos de satélite.

Medidas de radiación solar realizadas en tierra:

La medición directa de la radiación solar sobre la superficie terrestre se puede realizar mediante diferentes instrumentos. El más extendido es el piranómetro. Éste mide toda la radiación procedente del sol, así como del resto de la bóveda celeste y de las nubes. Cuando se quiere conocer la radiación solar recibida en un determinado lugar, las lecturas realizadas en las estaciones de medida dan los mejores resultados. También es posible medir con una alta resolución temporal, normalmente cada minuto o incluso en intervalos de tiempo más cortos.

Los posibles problemas con las mediciones, aparte de un fallo en el sistema mismo de medición, pueden derivar de la presencia de suciedad, hielo o nieve sobre el sensor o de árboles o edificios cercanos que sombreen el sensor durante diferentes periodos a lo largo del año. Estos problemas se pueden evitar mediante una disposición y mantenimiento adecuados de los sensores, pero hacen más incierto el uso de datos de los que se desconoce en primera persona cómo han sido registrados. La mayoría de estos posibles problemas hacen que las lecturas sean inferiores al valor real de radiación solar.

Cuando no existen medidas experimentales en un determinado lugar, es posible estimar el valor de radiación solar en dicho emplazamiento utilizando las lecturas registradas en puntos cercanos. Por supuesto, la calidad de las estimaciones en un lugar disminuye conforme aumenta la distancia de este a los puntos donde sí existen mediciones. También es posible combinar datos de varias estaciones de medida para estimar la radiación solar en puntos situados entre ellas. Este método es el aplicado para generar la primera base de datos de radiación solar de PVGIS para Europa.

Radiación solar estimada a partir de datos de satélite:

Existen varias metodologías para estimar la radiación solar sobre la superficie terrestre utilizando datos obtenidos de satélites. Normalmente, los satélites miden la luz (visible o infrarroja) procedente de la tierra. Esta luz es, principalmente, la luz reflejada desde el suelo o desde las nubes. El cálculo de la radiación solar a nivel de la superficie terrestre debe ser capaz de tener en cuenta la radiación absorbida por la atmósfera, así como la reflejada desde las nubes.

Para estimar la radiación solar se pueden emplear diferentes tipos de satélites. Los satélites meteorológicos geoestacionarios toman fotografías de la tierra en intervalos cortos de tiempo (cada 15 o 30 minutos), por lo que presentan una muy buena resolución temporal. Sin embargo, cada pixel en la fotografía representa, normalmente, un rectángulo de varios km de cada lado, por lo que el valor estimado de radiación solar se considera el valor medio para toda esa área. Los satélites de órbita polar están más próximos a la tierra, por lo que su resolución espacial es mejor. No obstante, no están permanentemente sobre una misma zona, por lo que normalmente son sólo capaces de tomar un par de fotografías al día de una determinada área. Los datos utilizados por PVGIS provienen generalmente de satélites geoestacionarios.

La principal ventaja de los métodos basados en imágenes de satélite es que proporcionan una cobertura bastante uniforme de amplias áreas, mientras que las estaciones de medida están generalmente distantes unas de otras. Sin embargo, los métodos basados en imágenes de satélite presentan ciertos problemas:

- -La nieve en superficie supone un problema especial para los métodos de satélite ya que, en las imágenes, tiene una apariencia muy similar a las nubes. Aunque existen modos de salvar este problema, la incertidumbre sigue siendo mayor en las zonas con nieve.
- -En zonas montañosas, el área cubierta por un único píxel puede contener fuertes variaciones de altitud. La dependencia de la radiación solar en la altitud no está bien representada en los cálculos basados en imágenes de satélite.
- -Cuando la elevación solar es baja, los cálculos a partir de datos de satélite se complican. Esto puede suponer un problema, especialmente en invierno para latitudes altas.

La calidad de las estimaciones obtenidas a partir de datos de satélite debe ser contrastada mediante comparación de los valores estimados con lecturas realizadas en estaciones de medida de alta calidad.

Las bases de datos existentes en PVGIS se basan en los siguientes tipos de datos:

## -Inicial PVGIS Europa

La base de datos fotovoltaicos inicial para Europa se basa en la interpolación de las lecturas realizadas en estaciones de. Los datos de las estaciones de medida son los valores promedio mensuales, calculados a largo plazo, de irradiancia global y difusa sobre plano horizontal. Los datos proceden originariamente del Atlas Europeo de Radiación Solar. El periodo de tiempo de los datos es de 10 años, desde 1981 hasta 1990.

## -Inicial PVGIS África

Esta base de datos proviene de los cálculos realizados a partir de imágenes de satélite por MINES ParisTech, Francia, utilizando datos de la primera generación de satélites de Meteosat. La resolución espacial de los cálculos originales es de 15 minutos de arco, o alrededor de 28km en la vertical del satélite (en el ecuador, 0° W). Los datos pertenecen al periodo entre 1985 y 2004.

-Nueva base de datos CM-SAF - PVGIS para Europa y el norte de África

Estos datos se basan en los cálculos realizados a partir de imágenes de satélite por CM-SAF. La base de datos contiene un total de 12 años de datos. De la primera generación de satélites Meteosat (Meteosat 5-7), conocida como MFG, hay datos desde 1998 a 2005 y de la segunda generación de satélites Meteosat (conocida como MSG) hay datos desde Junio del 2006 hasta Diciembre del 2011. La resolución espacial es de 1.5 minutos de arco (alrededor de 3 km en la vertical del satélite a 0° N, 0° W). La cobertura se extiende desde los 35° S hasta los 58° N y desde los 18° W hasta los 55° E.

De PVGIS-3 a PVGIS-CMSAF: cambio en los valores de radiación desde la base de datos inicial a la nueva base de datos CM-SAF

La variación en el valor de la irradiancia global sobre plano horizontal de PVGIS-3 a PVGIS-CMSAF se muestra en la Fig. 1 (para Europa) y en la Fig. 2 (para África). Las diferencias se expresan en porcentaje entre PVGIS-CMSAF y PVGIS-3. Los colores amarillo y rojo implican que PVGIS-CMSAF proporciona valores más altos, mientras que el azul indica que PVGIS-CMSAF da valores inferiores a los proporcionados por la anterior base de datos PVGIS-3. El mapa sólo da una visión general. Para ver las diferencias en los resultados entre

PVGIS-3 y PVGIS-CMSAF, siempre se puede analizar un punto en concreto de su interés.

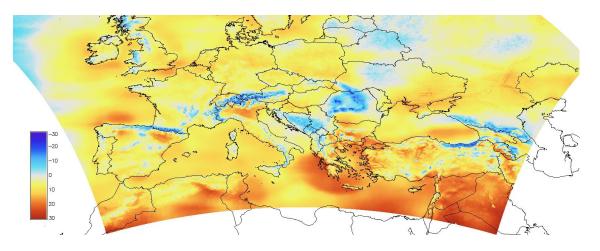


Figura 37 - Diferencia relativa (en porcentaje) entre la nueva base de datos CMSAF y la originaria de PVGIS para Europa.

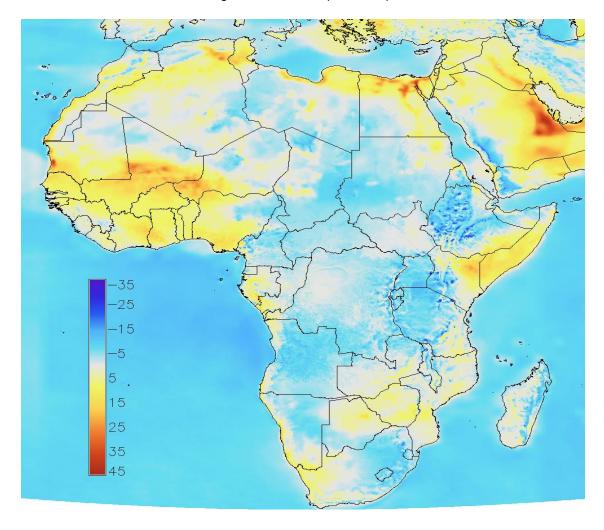


Figura 38 - Diferencia relativa (en porcentaje) entre la nueva base de datos CMSAF y la originaria de PVGIS para África.

¿Entonces, cuál es más precisa?

Los nuevos datos del CM-SAF se han validado exhaustivamente utilizando lecturas de alta calidad registradas en estaciones de medida (más información disponible en la página oficial CM-SAF). En general, el error para el conjunto de todo el año es bastante bajo. Una lista con las estaciones de medida y el error anual (desviación) se muestra en la siguiente tabla. En casi todas las estaciones el error es inferior al 5%. En muchos lugares la diferencia entre PVGIS-3 y PVGIS-CMSAF es mayor que ese valor. Por esta razón, en la mayoría de lugares, la nueva base de datos supone una mejoría en las estimaciones.

Localización	<u>Latitud</u>	Longitud	MSG desviación (%)	MFG desviación (%)	Diferencia relativa entre  PVGIS-CMSAF y  PVGIS-3 (%)	
Lindenberg (DE)	51° 35'N	12° 7'20"E	-3.4	-3.0	+6.9	
Cabauw (NL)	51° 58'16"N	4° 55'24"E	+0.4	+1.5	+11.6	
Carpentras (FR)	44° 5'N	5° 5'32"E	+2.1	+5.1	+9.0	
Payerne (CH)	46° 48'54"N	6° 56'38"E	-3.0	+3.7	+13.2	
Camborne (UK)	50° 13'N	5° 19'W	-	+6.2	+8.4	
Ispra (IT)	45° 48'37"N	8° 37'4"E	+8.0	_	+15.0	
Milano (IT)	45° 28'34"N	9° 15'40"E	-0.5	_	+13.0	

Figura 39 - Comparación de la nueva base de datos PVGIS-CMSAF con datos registrados en estaciones de medida y con la anterior base de datos PVGIS-3. Desviación positiva significa que la base de datos PVGIS-CMSAF proporciona valores mayores que los medidos.

¿Por qué está, entonces, la anterior base de datos mal?

Para Europa, la base de datos PVGIS-3 utiliza medidas registradas en tierra para posteriormente, interpolar dichos valores para estimar la radiación solar en cualquier otro punto. Como se puede ver en la Fig. 1, los valores iniciales son, en general, inferiores a los nuevos. El proceso de interpolación no es perfecto, pero no proporciona valores ni muy altos ni muy bajos sobre grandes áreas, como se puede apreciar en la Fig. 1. Por lo que las diferencias observadas deben provenir de las propias lecturas de las estaciones de medida. Por lo que existen entonces dos posibilidades:

- -Las medidas son incorrectas
- -El clima ha cambiado de modo que la irradiación es mayor en la nueva base de datos (1998-2011) que en la anterior (1981-1990)

Es probable que las diferencias se deban en parte a los dos efectos. Cuando se toman medidas de radiación solar, hay una serie de cosas que pueden ir mal. La mayoría de fallos hacen que los valores medidos sean inferiores al valor real. Por ejemplo, el sensor puede estar cubierto por suciedad, nieve o hielo. También puede haber sombras por edificios o árboles, y estas últimas tienden a aumentar conforme crecen los árboles. Todo esto puede derivar en valores muy bajos en muchos emplazamientos. De todos modos, es improbable que estos efectos sean similares para distintas estaciones de medida.

Por otro lado, las investigaciones han mostrado que el nivel de radiación solar ha aumentado en Europa en los últimos 30 años. Esto concuerda bastante bien con las diferencias observadas entre las bases de datos PVGIS-3 y PVGIS-CMSAF.

En el caso de la nueva base de datos para África, no existe un gran número de estaciones de medida de radiación solar. Hemos intentado validar tanto la inicial como la nueva base de datos considerando los registros de cuatro estaciones diferentes. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2. De esta

comparación podemos ver que mientras para las dos estaciones en África, ambas bases de datos se comportan razonablemente bien, para las dos estaciones de Oriente Medio, la base de datos PVGIS-3 muestra una significativa tendencia a subestimar el nivel de radiación solar. Las diferencias entre PVGIS-3 y PVGIS-CMSAF se muestran en la Fig. 2. Las mayores diferencias se dan en el suroeste del Sahara donde la nueva base de datos PVGIS-CMSAF proporciona unos valores considerablemente mayores que la anterior base de datos, PVGIS-3. No está del todo claro el porqué de este caso y no existen estaciones de medida en el área. No obstante, creemos que puede ser debido a un problema en el método de cálculo utilizado en la base de datos inicial. El color del terreno en esta región es muy claro y puede hacer que en los cálculos se confunda el suelo con nubes, resultando en unos valores estimados de radiación solar muy bajos. Este efecto puede ser la razón por la cual los valores de la base de datos PVGIS-3 son muy bajos en las zonas de desierto de Oriente Medio.

<u>Localización</u>	Latitud	Longitud	PVGIS-CMSAF	PVGIS-3	
			desviación (%)	desviación (%)	
			I		
Tamanrasset	22°	5°	-0.4	-6.0	
(DZ)	46'48"N	30'36"E	0.1		
Sdo Dogor (II.)	30°	34°	140	-13.9	
Sde Boqer (IL)	54'18"N	46'55"E	+4.0		
D - A - (7A)	20° 40'0	23°	12.2	-1.8	
De Aar (ZA)	30° 40'S	59'35"E	+2.2		
Solar Village	24°	46°		440	
(SA)	54'36"N	24'36"E	+3.2	-14.8	
<u> </u>			1		

Figura 40 - Comparación entre las bases de datos PVGIS-3 y PVGIS-CMSAF con datos registrados en estaciones de medida en África y el Medio Oriente. La desviación positiva significa que los valores estimados en las bases de datos son mayores que los valores calculados.

Expuesto todo lo anterior sobre la base de datos de PVGIS, introduciremos los datos precisos de nuestra instalación solar fotovoltaica en el programa web de cálculo y obtenemos los siguientes resultados:

Month	$H_h$	H(32)	DNI	D/G	$T_D$	$T_{24h}$
Jan	1600	2630	2350	0.51	11.2	9.4
Feb	2620	3920	3540	0.43	11.7	9.7
Mar	4120	5190	4410	0.45	13.9	11.9
Apr	5000	5460	4970	0.40	15.3	13.4
May	5940	5850	5610	0.38	17.3	15.7
Jun	6720	6310	6700	0.33	19.8	18.4
Ju1	6790	6540	7140	0.29	21.7	20.2
Aug	6220	6590	7070	0.29	22.4	20.6
Sep	4860	6000	6070	0.30	21.8	19.7
Oct	3120	4380	3910	0.42	18.1	16.1
Nov	1910	3080	2780	0.48	13.8	11.9
Dec	1470	2600	2450	0.49	11.7	9.9
Year	4210	4880	4760	0.37	16.6	14.7

Figura 41 – Resultados PVGIS sobre la localización elegida para la batea solar.

H<sub>h</sub>: irradiación sobre plano horizontal (Wh/m²/day).

H(32): irradiación sobre plana de ángulo 32.86037773° (Wh/m²/day).

DNI: irradiación directa normal (Wh/m²/day).

D/G: ratio de irradiación difusa de la global.

T<sub>D</sub>: promedio de temperaturas durante el día (°C).

T<sub>24h</sub>: promedio de temperaturas durante todo el día (°C).

Month	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	26.80	830	2.63	81.6
Feb	39.50	1110	3.92	110
Mar	50.90	1580	5.19	161
Apr	52.70	1580	5.46	164
May	56.00	1740	5.85	181
Jun	59.70	1790	6.31	189
Jul	61.70	1910	6.54	203
Aug	61.90	1920	6.59	204
Sep	56.90	1710	6.00	180
Oct	42.70	1320	4.38	136
Nov	31.00	931	3.08	92.4
Dec	26.70	826	2.60	80.8
Yearly average	47.2	1440	4.88	149
Total for year	17200		1780	

Figura 42 – Resultados PVGIS de producción energética en la localización elegida para la batea solar y la inclinación de 32.86 ° de los paneles solares fotovoltaicos.

-E<sub>d</sub>: promedio de producción de electricidad a diario desde el sistema dado (kWh).

-E<sub>m</sub>: promedio mensual de la producción de electricidad a partir del sistema dado (kWh).

- -H<sub>d</sub>: suma diaria promedio de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh/m2).
- -H<sub>m</sub>: suma promedio de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh/m2).

Utilizamos la base de datos PVGIS-CMSAF. La localización seleccionada para la batea solar que se ubicará en la posición: 42.261417 norte, 8.731713 oeste en el mapa de coordenadas. La potencia nominal de la instalación fotovoltaica será 12.96kWp, aunque en la imagen aparezca redondeada a 13 kWp. Inclinación de módulos 33º redondeando los 32.86037773 que nos da la fórmula para obtener la inclinación optima de los paneles solares fotovoltaicos en el apartado 3.1 y ángulo acimutal de 0º que indica que orientamos al sur los paneles solares.

Tenemos en cuenta las pérdidas inherentes al sistema:

- -Debidas a la temperatura y baja irradiancia (usando la temperatura ambiente local): 10.5 %
- -Debidas al efecto de reflexión angular: 2.8 %
- -Otras pérdidas debidas al cableado, conexiones, inversor, etc: 14 %

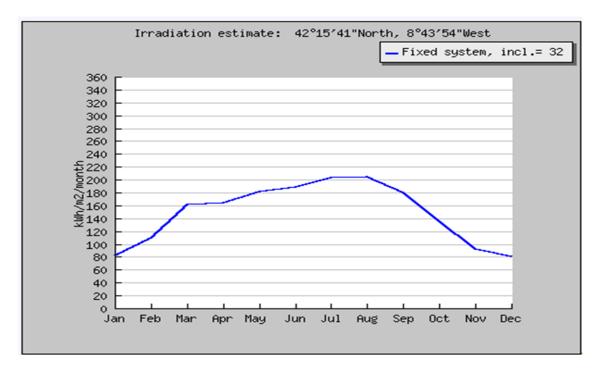


Figura 43 – Irradiación estimada en la localización elegida para la batea solar y la inclinación de 32.86 ° de los paneles solares fotovoltaicos.

Con la irradiación representada en el anterior gráfico y multiplicándola por la potencia nominal de nuestra instalación fotovoltaica teniendo en cuenta el porcentaje global de pérdidas de la misma, obtendremos el siguiente gráfico:

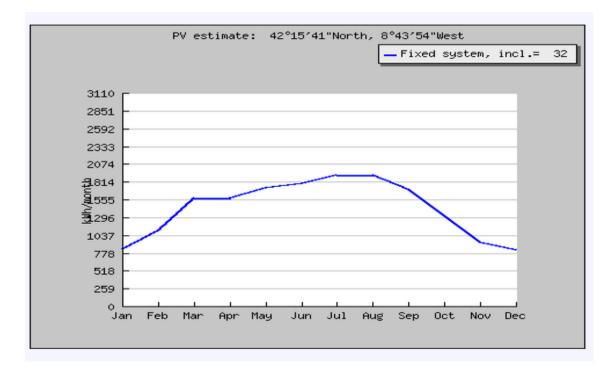


Figura 44 – Producción de energía eléctrica fotovoltaica estimada en la localización elegida para la batea solar y la inclinación de 32.86 º de los paneles solares.

que nos muestra la evolución de la producción de energía eléctrica proporcionada por la batea solar.

El mes con menos producción se observa que es diciembre con 26.70 kWh de producción de energía eléctrica diaria, 826 kWh en todo el mes y el mes con más producción es agosto con 61.90 kWh de energía eléctrica diaria, 1920 kWh en todo el mes. Entre los meses de marzo y septiembre la producción de energía eléctrica es muy alta debido a las abundantes horas solares pico. Mientras que en los meses de enero, noviembre y diciembre la producción es más discreta debido a las menores horas de luz de los días, bajas temperaturas y mayores días nublados.

Dato importante a tener en cuenta es que esta electricidad de la que estamos hablando es la que ya se entregaría a los consumidores, una vez restadas las pérdidas debidas a transporte, inversores, etc. Y que dicha electricidad es

producida por una sola batea solar con el número y potencia de paneles definidos para el prototipo propuesto de batea solar, pudiendo ser éstos de mayor o menor potencia si se desea.

### 4 ANEXOS

# 4.1 Anexo 1: Vivero flotante solar de mejillón en 3D

Utilizando el software de diseño CAD en 3D SOLIDWORKS he elaborado y ensamblado las diferentes piezas que unidas forman el Vivero flotante solar de mejillón o Batea solar de mejillón. Se adjunta al presente trabajo varios archivos en formato .SLDPRT y .SLDASM en la carpeta llamada "Batea SW". En esta carpeta se encuentra no solo el diseño 3D del Vivero flotante solar de mejillón o Batea Solar sino también cada una de las piezas que lo forman por separado, todas ellas debidamente identificadas. No se incluye en este diseño los cables de transporte de energía eléctrica a tierra ni los paneles solares fotovoltaicos en sí, aunque sí queda identificada su ubicación e inclinación en los soportes de los mismos. Tampoco se incluyen las cadenas y muertos de anclaje.

## **5 PRESUPUESTO**

# 5.1 Presupuesto

En las siguientes tablas se muestra el coste económico que supondría la construcción del prototipo de batea solar con los precios presupuestados para los elementos descritos anteriormente en los distintos apartados del trabajo y el ensamblaje de los mismos. En el siguiente presupuesto se omite el coste del cableado e instalación para transportar a tierra la energía eléctrica.

# ALGUNOS COMPONENTES SIGNIFICATIVOS DE LA BATEA SOLAR

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	IMPORTE (€)
Flotador	4 X 4.25 con chapa de 8 mm, 4 amarres reforzados con doble chapa en la base, 4 pernos por amarre, tuercas hexagonales, abarcones con pletina y arandelas para el emparrillado. Repasados, pulidos y lavados a presión. Recubrimiento con imprimación, fibra de vidrio, resina de poliéster y acabado. Portes incluídos.	6	25095
Panel solar fotovoltaico	Modelo Q.Peak-G3 270 Mono de Q.Cells de la compañía Hanwha	48	48 x 240,89 = 11562.72
Columna ajustable	Material de construcción: aluminio. Portes e instalación incluídas.	48	9120
Cuerda de cultivo	De 12 metros de longitud.	500	500 x 10,90 =5450

<sup>\*</sup> Las cantidades mostradas no incluyen I.V.A.

Fuentes: Astilleros Manuel Sánchez Torrado S.L., Hermanos Otero y Losada S.L., Carpintería Lamazanes S.L. y elaboración propia.

Figura 45 – Presupuesto de los componentes significativos de la batea solar.

# CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE LA BATEA SOLAR:

#### **DESCRIPCIÓN**

Madera, herrajes y montaje para la construcción de una batea de 20X27 metros de plataforma con 4 vigas maestras de 20X0.37X0.37, 15 vigas transversales de 27X0.30X0.30, 2 vigas de alero de 20X0.25X0.25 y una viga de amarre de 20X0.37X0.37. Gomas amortiguadoras en las bases de los flotadores, flejes en las cabezas de las vigas y puntones de 8x10 con clavos.

Subtotal	28900€
I.V.A. 21%	6069€
Total	34969 €

Fuentes: Astilleros Manuel Sánchez Torrado S.L.

Figura 46 – Presupuesto de la construcción e instalación de la batea solar.

## PRESUPUESTO TOTAL:

		IMPORTE (€)
Flotadores		25095
Paneles solares fotovoltaicos		11562.72
Columnas ajustables		9120
Cuerdas de cultivo		5450
Construcción e instalación batea solar		28900
Costes de diseño		20000
	Subtotal	100127.72 €
	I.V.A. 21%	21026.82 €
	Total	121154.54 €

Fuentes: Astilleros Manuel Sánchez Torrado S.L., Hermanos Otero y Losada S.L., Carpintería Lamazanes S.L. y elaboración propia.

Figura 47 – Presupuesto total de la batea solar.

### **6 CONCLUSIONES**

El aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica está actualmente en un proceso de desarrollo e implantación, en el que las nuevas tecnologías y avances permiten diseñar instalaciones que puedan transformar la energía procedente del Sol en energía eléctrica de manera cada vez más eficiente.

Con el prototipo de batea solar lo que se pretende es aprovechar los metros cuadrados útiles y cercanos a núcleos urbanos para producir energía eléctrica limpia de emisiones de CO<sub>2</sub> y más respetuosa con el medioambiente.

Para llevar a cabo un proyecto de esta envergadura antes es necesario realizar un estudio económico para conocer su viabilidad económica y sus posibilidades de futuro.

En la siguiente tabla se resumen los datos que utilizaremos para llevar a cabo dicho estudio económico:

DATOS	VALOR
Inversión inicial sin costes de diseño	96954.54 €
Energía eléctrica anual producida	17200 kWh
Tarifa venta energía eléctrica	0.48874 €/kWh
Inflación	2.20 %
Mantenimiento	969.55 €
Disminución de rendimiento anual paneles solares	0.6 %
Producción promedio anual de mejillones	70200 kg
Precio medio venta mejillón	0.65 €/kg

Figura 48 – Datos a tener en cuenta en el estudio de viabilidad económica de la batea solar.

Cabe matizar que algunos de los datos de la tabla son datos promedio orientativos ya que varían según el año. Si bien se asemejan lo más posible a la realidad, pueden variar en la misma. Como, por ejemplo, la producción anual de mejillones por batea. Este dato puede variar mucho de un año a otro, pero se tomó como valor medio los 130 kg por año y metro cuadrado de batea, dando el total de 70,2 toneladas por año. El precio del mejillón no es algo que solo varíe por año, sino que varía por tipo de producción y tamaño. Así, no vale lo mismo el mejillón destinado a industrias conserveras, el de tamaño mediano o el de tamaño grande. Estimando que los valores en los últimos años varían desde los 0,50 €/kg hasta los 85 €/kg, tomé el valor de 0,65 €/kg que se muestra en la tabla.

Otro dato a tener en cuenta que puede variar a lo largo de los años es la tarifa de venta de la energía eléctrica fotovoltaica.

Con los datos de que disponemos, se hace la estimación del dinero que se obtiene cada año con la producción:

AÑO	PROD. ENERGÉTICA	PROD. MEJILLÓN	COSTE	INGRESOS	CAJA
0	0	0	96954.54	0	-96954.54
1	17200	70200	969.55	52936.77	-44017.76
2	17096.8	70200	990.88	52865.01	8847.24
3	16993.6	70200	1012.68	52792.77	61640.02
4	16890.4	70200	1034.96	52720.05	114360.07
5	16787.2	70200	1057.73	52646.84	167006.92
6	16684	70200	1081.00	52573.13	219580.05
7	16580.8	70200	1104.78	52498.92	272078.97
8	16477.6	70200	1129.08	52424.18	324503.16
9	16374.4	70200	1153.92	52348.90	376852.06
10	16271.2	70200	1179.31	52273.07	429125.14
11	16168	70200	1205.26	52196.68	481321.83
12	16064.8	70200	1231.77	52119.74	533441.58
13	15961.6	70200	1258.87	52042.20	585483.77
14	15858.4	70200	1286.56	51964.07	637447.84
15	15755.2	70200	1314.87	51885.32	689333.17
16	15652	70200	1343.80	51805.95	741139.13
17	15548.8	70200	1373.36	51725.96	792865.09
18	15445.6	70200	1403.57	51645.31	844510.40
19	15342.4	70200	1434.45	51563.99	896074.39
20	15239.2	70200	1466.01	51481.99	947556.39
21	15136	70200	1498.26	51399.30	998955.70
22	15032.8	70200	1531.23	51315.90	1050271.61
23	14929.6	70200	1564.91	51231.78	1101503.39
24	14826.4	70200	1599.34	51146.91	1152650.30
25	14723.2	70200	1634.53	51061.28	1203711.59

Figura 49 – Estimación económica de la producción anual de la batea solar.

Una vez calculados los datos anteriores para la vida útil de la instalación, se estiman los parámetros que nos indican la viabilidad del proyecto. Hallaremos el VAN y TIR de nuestra inversión para convertir en realidad la batea solar.

El valor actual neto también conocido como valor actualizado neto, cuyo acrónimo es VAN, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual, es decir, actualizar mediante una tasa, todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto. La tasa que se aplica es la tasa de descuento (i), y en este

caso, ya que el proyecto tiene una vida útil de 25 años, la estimamos con el valor del bono español a 30 años, 7,01 %.

Por lo tanto:

$$VAN = -C_0 + \sum_{n=1}^{24} \frac{Cn}{(1+i)^n} = 4656953.82 \in$$

Este primer parámetro nos indica que el proyecto es rentable ya que es un valor positivo y elevado.

El segundo parámetro es la tasa interna de retorno de una inversión, está definida como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, es decir, la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero.

$$VAN = -C_0 + \sum_{n=1}^{24} \frac{Cn}{(1+TIR)^n} = 0$$

$$TIR = 54 \%$$

En éste caso como se puede comprobar, la TIR tiene un valor de un 54 % que nos indica que el proyecto tiene gran viabilidad económica.

El periodo de recuperación nos indica en qué tiempo se recupera la inversión inicial. Si echamos un vistazo a la columna de CAJA en la segunda tabla podemos averiguar en que año recuperamos el dinero invertido. En este caso el periodo de recuperación es de 2 años.

En el anterior estudio económico se tiene en cuenta los datos derivados de construír una batea solar desde cero. Pero si se instalasen paneles solares a una batea que se dedica únicamente al cultivo de mejillón, sería interesante calcular el resultado económico de dicha inversión y ya que cabe dicha posibilidad haremos el estudio económico para esa situación.

Si se le diese a una batea ya existente esa doble función de producir energía eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos a la vez que la propia de cultivo

de mejillón los datos iniciales que tomaríamos teniendo en cuenta solamente la instalación solar fotovoltaica sobre la batea ya existente serían los siguientes:

DATOS	VALOR
Inversión inicial sin costes de diseño	96954.54 €
Energía eléctrica anual producida	17200 kWh
Tarifa venta energía eléctrica	0.48874 €/kWh
Inflación	2.20 %
Mantenimiento	969.55 €
Disminución de rendimiento anual paneles solares	0.6 %

Figura 50 – Datos a tener en cuenta en el estudio de viabilidad económica la conversión de una batea común a batea solar.

Esta vez haremos únicamente la estimación de ingresos y gastos que conlleva la producción de energía eléctrica, sin contar con la producción de mejillón. Así contabilizaremos únicamente lo que nos reporta la energía solar.

AÑO	PROD. ENERGÉTICA	COSTES	INGRESOS	CAJA
0	0	20682.72	0	-20682.72
1	17200	115.63	8406.33	-12392.02
2	17096.8	118.17	8355.89	-4154.31
3	16993.6	120.77	8305.45	4030.37
4	16890.4	123.43	8255.01	12161.96
5	16787.2	126.15	8204.58	20240.39
6	16684	128.92	8154.14	28265.60
7	16580.8	131.76	8103.70	36237.55
8	16477.6	134.66	8053.26	44156.15
9	16374.4	137.62	8002.82	52021.36
10	16271.2	140.65	7952.39	59833.10
11	16168	143.74	7901.94	67591.30
12	16064.8	146.90	7851.51	75295.91
13	15961.6	150.13	7801.07	82946.85
14	15858.4	153.44	7750.63	90544.05
15	15755.2	156.81	7700.20	98087.43
16	15652	160.26	7649.76	105576.92
17	15548.8	163.79	7599.32	113012.46
18	15445.6	167.39	7548.88	120393.95
19	15342.4	171.08	7498.44	127721.32
20	15239.2	174.84	7448.01	134994.48
21	15136	178.69	7397.57	142213.37
22	15032.8	182.62	7347.13	149377.88
23	14929.6	186.63	7296.69	156487.94
24	14826.4	190.74	7246.25	163543.46
25	14723.2	194.94	7195.82	170544.34

Figura 51 – Estimación económica de la producción anual de energía eléctrica de una batea solar.

$$VAN = -C_0 + \sum_{n=1}^{24} \frac{Cn}{(1+i)^n} = 628684.30 \in$$

$$VAN = -C_0 + \sum_{n=1}^{24} \frac{Cn}{(1 + TIR)^n} = 0$$
$$TIR = 39 \%$$

Calculados el VAN y TIR para la inversión que supondría convertir una batea de uso exclusivo para el cultivo del mejillón en una batea solar que pueda producir energía eléctrica gracias al aprovechamiento de la energía solar a través de paneles fotovoltaicos, se observa que la inversión es rentable ya que tiene un VAN con un valor positivo y elevado también. Y que aunque con menor TIR que el estudio anterior, el proyecto tiene una gran viabilidad económica.

Por lo tanto, estos dos análisis económicos, si bien no son de una profundidad extrema, arrojan luz no solo sobre la posibilidad de llevar a cabo este prototipo de batea solar; sino que también muestran que la posibilidad de transformar una batea común en una batea solar capaz de transformar la luz que llega a su emparrillado en electricidad es posible a través de una inversión rentable económicamente y respetuosa con el medioambiente.

Teniendo esto en cuenta, ¿qué pasaría si se extendiese el uso de paneles solares sobre las bateas existentes en nuestras rías?

Como ya se expuso al principio de este trabajo el número de bateas en nuestras rías no es para nada despreciable. En la Ría de Vigo el número asciende a 478 y en la de Arousa que contiene el mayor número de bateas situadas en una misma ría es de 2292. Con un total de 3337 en todas las rías gallegas, el potencial posible de generación de energía eléctrica fotovoltaica a través del aprovechamiento de todas esas superficies útiles y pegadas a numerosos núcleos urbanos es inmeso.

En este trabajo no solo se diseña el prototipo de batea solar, también se plantea la posibilidad de implementar paneles solares a bateas comunes ya en funcionamiento, dado que el carácter modular del invento posibilita dicha opción.

Si todas las bateas ahora mismo instaladas en la Ría de Vigo fuesen bateas solares podrían producir más 8 MWh al año de energía. En la Ría de Arousa el poder de generación eléctrica sería de más de 39 MWh. Y estos datos son teniendo en cuenta la potencia instalada en este prototipo de batea solar, pudiendo instalarse paneles solares más potentes aún y un mayor número de ellos por batea.

En el siguiente plano se muestra como sería el transporte a tierra de la energía eléctrica generada en nueve bateas solares interconectadas:

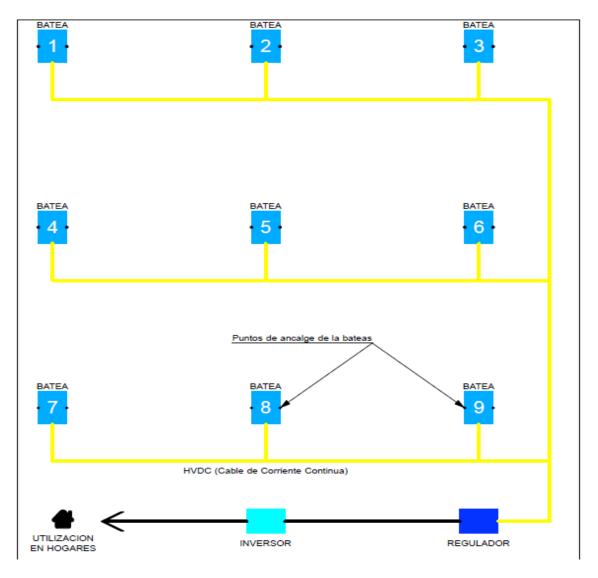


Figura 52 – Plano transporte a tierra de energía eléctrica generada en nueve bateas solares interconectadas mediante cables HVDC.

Si se crease una red de bateas solares en todas las rías y una red de transporte a tierra podrían abastecerse energéticamente numerosas poblaciones. Si bien es una inversión inicial costosa, los beneficios a medio y largo plazo podrían ser de un valor incalculable, no solo económicamente, sino medioambientalmente.

El futuro está encaminado a las energías renovables y a la no dependencia de los hidrocarburos, y éste como muchos otros proyectos son una piedra en el camino. No solo por conciencia social y medioambiental, por inteligencia debemos recorrer dicho camino.

# 7 BIBLIOGRAFÍA

- Libros:
- [2] C. Durán, R. Acuña y J. Santiago. "El Mejillón: Biología, Cultivo y Comercialización." Centro de Investigaciones Submarinas, 1990.
- [1] [3] J. C. Vega de Kuyper y S. Ramírez Morales. "Fuentes de Energía, Renovables y No Renovables. Aplicaciones."
- Adolfo de Francisco García. "Energías Renovables para el Desarrollo." Ed. Paraninfo. 2003.
- -IDAE. "Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Instalaciones Conectadas a Red." PCT-C-REV julio 2011.
- -IDAE. "Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red." PCT-A-REV febrero 2009.
- -IDAE. "Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura." Pet-Rev 2009.
- Blanco Sardinero, Israel. "Instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial." Universidad Carlos III de Madrid.
- -Código Técnico de la Edificación (CTE), en concreto el Documento Básico «DB
   HE Ahorro de Energía HE 5».
- -Šúri M., Hofierka J., A New GIS-based Solar Radiation Model and Its Application for Photovoltaic Assessments. Transactions in GIS, 8, 2, 175-190 (2004)
- -Šúri M., Huld T.A., Dunlop E.D., PVGIS: a web-based solar radiation database for the calculation of PV potential in Europe. International Journal of Sustainable Energy, 24, 2, 55-67 (2005)
- -Müller R., Matsoukas C., Gratzki A., Behr H.D., Hollmann R., The CM-SAF operational scheme for the satellite based retrieval ofsolar surface irradiance A LUT badsed eigenvector hybrid approach. Remote Sensing of Environment, 113, 1012-1024 (2009)
- -Ineichen P., Barroso C.S., Geiger B., Hollmann, R., Marsouin A., Müller R., Satellite Application Facilities irradiance products: hourly time step comparison and validation over Europe', International Journal of Remote Sensing, 30, 5549-5571 (2009)
- -Huld T., Müller R., Gambardella A., A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa. Solar Energy, 86, 6, 1803-1815 (2012)

-Wild M., Global dimming and brightening: A review, Journal of Geophysical Research, 114, D00D16 (2009)

- Páginas web:
- -www.mexillondegalicia.org
- -www.intecmar.org
- -www.medioruralemar.xunta.es
- -www.idae.es/index.php/id.29/relmenu.327/mod.pags/mem.detalle
- -www.idae.es/index.php/id.28/relmenu.326/mod.pags/mem.detalle
- -http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6063/PFC\_Israel\_Blanco\_Sardinero.pdf?sequence=1
- -http://oretano.iele-ab.uclm.es/~carrion/Bibliografia/BOMBEO%20FOTOVOLTAICO/
- -www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/
- -www.tarifaluz.es
- -www.solarweb.net
- -www.ingelibreblog.wordpress.com
- [4] http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/