

# Estudio de la implementación de barcas con motor eléctrico en la Albufera de València



## Diseño de una embarcación piloto y recomendaciones de uso

Comunitat de Pescadors de El Palmar

Setembre 2021



## Resumen ejecutivo

En el presente documento se plantea un estudio para la implementación de una embarcación eléctrica piloto para la Comunidad de Pescadores de El Palmar. Este proyecto surge por iniciativa propia de la Comunidad de Pescadores, los cuáles conscientes de los objetivos climáticos y la necesaria transición ecológica, apostaron por llevar a cabo una embarcación eléctrica piloto de sus barcas de pesca y turismo para mostrar las posibilidades de reducir la contaminación y adaptarse a la nueva realidad.

Pese a que desde hace muchos años la Albufera de Valencia fue declarada Parque Natural y que se han ido tomando medidas para la mejora de la calidad del agua, todavía presenta problemas de eutrofización y diferentes impactos ambientales. Entre otros, las embarcaciones contribuyen a estos daños ambientales debido a la generación de contaminación acústica y a los vertidos de hidrocarburos que ocurren. Asimismo, la quema de diésel tiene asociados emisiones de gases de efecto invernadero.

La embarcación piloto de la comunidad de pescadores tendrá un tamaño de 6,5 metros de eslora, 1,5 metros de manga y una capacidad de 12 personas. Para la fabricación y puesta en marcha en el presente documento se han consultado el proceso de legalización por la legislación actual y se ha estimado necesario un sistema de almacenamiento de baterías de AGM de 24 kWh y un motor eléctrico con una potencia nominal de 5 kW y potencia máxima de 7 kW. Para la propuesta del sistema de propulsión de la embarcación piloto se han valorado las diferentes tecnologías que ofrece el mercado para los cuatro sistemas que lo integran. Además, se ha valorado la opción de incorporar un sistema fotovoltaico (PV) como fuente de alimentación extra de la embarcación.

En el sistema eléctrico propuesto se han considerado los motores eléctricos de imanes permanentes, las baterías de AGM y los cargadores inteligentes que controlan todo el proceso de carga para alargar la vida útil de éstas. Para el sistema PV se han considerado un controlador de carga solar de paneles de silicio monocristalinos. La embarcación se controla con el inversor/conversor del mismo fabricante del motor, para el cual además se dispone de un monitor y elementos de seguridad para facilitar la navegación. Además, se dispone de un sistema de refrigeración para evitar sobrecalentamientos. Por su parte, se selecciona el tipo de hélice que tradicionalmente han usado las embarcaciones de la Albufera.

Con ello, se ha seleccionado el motor DriveMaster 7W, 2 bancadas de 4 baterías cada una situadas en el espacio disponible debajo de los asientos y un cargador/inversor inteligente Mass Combi de MasterVolt. Por su parte, las conexiones y el resto de los componentes electrónicos están dimensionados de manera que se puede instalar un cargador extra para acelerar el proceso de carga.

El motor eléctrico tiene una potencia nominal y máxima de 5 kW y 7 kW respectivamente. Cada una de las 8 baterías tiene una capacidad de 250 Ah a 12 V, que en conjunto suma una capacidad de 24 kWh. Y el cargador/inversor tiene una potencia de carga de 2,85 kW, por lo que las baterías se podrían cargar en alrededor de 8 horas.



Con el coste de los componentes seleccionados y el ahorro en la operación y mantenimiento estimado se han calculado los principales indicadores económicos para evaluar la viabilidad económica del proyecto. Los resultados han reflejado que no se llega a recuperar la inversión inicial. Por otro lado, los resultados económicos del sistema de propulsión con y sin PV han resultado muy similares, por lo que para no hacer más grande la inversión inicial se opta por un sistema sin PV, aunque con la posibilidad de instalar este después.

Los beneficios de las embarcaciones eléctricas sobre el medio ambiente son muchos. Se reduce drásticamente la contaminación acústica, cesan los vertidos de hidrocarburos producto de la combustión y se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, un total de casi 2 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Este último beneficio se tiene en cuenta en el análisis de ciclo de vida de la embarcación, el cual refleja que una embarcación con motor diésel tiene 10 veces más impacto que una embarcación con motor eléctrico.

Finalmente, la transición energética de las embarcaciones de la Albufera abre el camino hacia una serie de oportunidades de subvención de los fondos europeos de recuperación, sellos de calidad de pesca respetuosa con el ambiente, y la mejora y aumento de servicios de paseo en el lago de la Albufera de Valencia. Lo que tiene el potencial de favorecer a la economía de poblaciones y pedanías como El Palmar, que dependen grandemente del turismo derivado del Parque Natural.



Albufera

## Índice

Resumen ejecutivo .....	2
Listado de imágenes.....	1
Listado de tablas .....	3
1. Introducción.....	4
2. Estudio de la embarcación.....	7
2.1. Situación legal.....	8
2.2. Descripción de la embarcación .....	10
2.3. Usos de la embarcación .....	13
3. Monitorización del funcionamiento la embarcación eléctrica .....	15
4. Propuesta general de sistema de propulsión para embarcaciones eléctricas.....	17
4.1. Sistema eléctrico .....	18
4.1.1. Motor eléctrico.....	18
4.1.2. Sistema de almacenamiento .....	19
4.1.3. Sistema de recarga de las baterías .....	20
4.1.4. Sistema fotovoltaico .....	22
4.1.5. Protecciones.....	24
4.1.6. Selección de conductores.....	25
4.2. Sistema de control.....	26
4.3. Sistema mecánico .....	26
4.4. Sistema de refrigeración .....	27
5. Sistema de propulsión eléctrico aplicado a la barca piloto del Palmar.....	29
5.1. Sistema de propulsión sin PV .....	30
5.2. Sistema de propulsión con PV .....	37
5.3. Sistema de propulsión elegido.....	41
5.4. Recomendaciones de uso .....	42
6. Análisis económico.....	45
6.1. Estructura de costes .....	45
6.2. Análisis de los costes de operación .....	47
6.2.1. Renovación de las baterías.....	48
6.2.2. Mantenimiento .....	49
6.2.3. Renovación del motor térmico .....	50
6.2.4. Ahorro en el consumo energético.....	50
6.3. Principales indicadores económicos.....	52
6.3.1. Flujo de caja y PAYBACK.....	53
6.3.2. VAN.....	55



6.3.3.	TIR.....	57
6.3.4.	Comparación de resultados .....	57
6.3.5.	Baterías AGM vs Baterías Litio.....	58
7.	Análisis medioambiental .....	59
7.1.	Análisis de ciclo de vida.....	59
7.1.1.	Evaluación del impacto del ciclo de vida.....	62
7.2.	Vertidos .....	66
7.3.	Contaminación acústica .....	66
7.4.	Emisión de gases contaminantes.....	68
8.	Riesgos, barreras y oportunidades .....	71
8.1.	Riesgos.....	71
8.2.	Barreras.....	72
8.3.	Oportunidades.....	72
9.	Conclusiones .....	75
	Referencias.....	77
	Anexos.....	80
o	Organización del Anexo .....	80
o	Formato y presentación.....	80
o	Anexo A: Anexo 1 de la Ordenanza Reguladora del Registro de Embarcaciones del Lago de L'Albufera. ....	81
o	Anexo B: Modelos de cálculo empleados .....	83
o	Anexo C: Fichas técnicas.....	85
o	Anexo D: Planos de la embarcación eléctrica piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar .....	87



## Listado de imágenes

<b>Imagen 1.</b> Pescadores faenando en la Albufera de Valencia.....	5
<b>Imagen 2.</b> Imágenes del proceso de fabricación de una barca tradicional de la Albufera de Valencia.....	11
<b>Imagen 3.</b> Alzado de la embarcación.....	11
<b>Imagen 4.</b> Planta de la embarcación.....	11
<b>Imagen 5.</b> Perfil de la embarcación.....	12
<b>Imagen 6.</b> Motor Nissan SD23 de una embarcación.....	12
<b>Imagen 7.</b> eTramuntana: Primera embarcación eléctrica del Ayuntamiento de València.....	15
<b>Imagen 8.</b> Componentes de la embarcación eléctrica del Ayuntamiento de València.....	16
<b>Imagen 9.</b> Sistema general de propulsión de la embarcación piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar.....	17
<b>Imagen 10.</b> Sistema general de propulsión con PV de la embarcación piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar.....	23
<b>Imagen 11.</b> Embarcación tradicional con toldo para hacer sombra.....	23
<b>Imagen 12.</b> Hélice de las embarcaciones tradicionales de la Albufera de València.....	27
<b>Imagen 13.</b> Espacio donde se sitúa el motor y el oficial de navegación.....	29
<b>Imagen 14.</b> Motor eléctrico DriveMaster 7W.....	30
<b>Imagen 15.</b> Controlador del motor eléctrico.....	31
<b>Imagen 16.</b> Esquema del control del sistema. Fuente: (Bellmarine, 2016).....	31
<b>Imagen 17.</b> Cargador de las baterías Mastervolt Combi Ultra.....	32
<b>Imagen 18.</b> Batería de AGM serie Nautik.....	33
<b>Imagen 19.</b> Distribución del conjunto de las baterías en la embarcación.....	33
<b>Imagen 20.</b> Sistema de refrigeración del controlador y motor. Fuente: (Bellmarine, 2021).....	35
<b>Imagen 21.</b> Sistema de propulsión de la embarcación piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar.....	35
<b>Imagen 22.</b> Panel solar JINERGY JNMM 120-370L.....	37
<b>Imagen 23.</b> Colocación de los paneles solares en la embarcación piloto.....	38
<b>Imagen 24.</b> Cargador solar AERL COOLMAX SR.....	39
<b>Imagen 25.</b> Sistema de propulsión de la embarcación piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar con PV.....	40
<b>Imagen 26.</b> Influencia del DoD sobre los ciclos de vida útil de las baterías AGM.....	43
<b>Imagen 27.</b> Representación del coste de cada bloque del sistema de propulsión sin PV.....	46
<b>Imagen 28.</b> Representación del coste de cada bloque del sistema de propulsión con PV.....	47
<b>Imagen 29.</b> Evolución de los precios de las baterías AGM. Fuente: BloombergNEF.....	49
<b>Imagen 30.</b> Evolución de los flujos de caja netos acumulados a lo largo de la inversión sin PV.....	54
<b>Imagen 31.</b> Evolución de los flujos de caja netos acumulados a lo largo de la inversión con PV.....	55
<b>Imagen 32.</b> Variación del VAN en función de la tasa de actualización monetaria y el interés bancario (sin PV).....	56



Albufera

<b>Imagen 33.</b> Variación del VAN en función de la tasa de actualización monetaria y el interés bancario (con PV). .....	56
<b>Imagen 34.</b> Etapas de ciclo de vida consideradas. (De la Cuna a la Tumba) .....	60
<b>Imagen 35.</b> Comparación del ACV entre sistemas de propulsión.....	63
<b>Imagen 36.</b> Comparativa de los impactos de los sistemas de propulsión por etapas. ....	63
<b>Imagen 37.</b> Impactos ambientales por etapa del sistema de propulsión térmico..	64
<b>Imagen 38.</b> Impactos ambientales por etapa del sistema de propulsión eléctrico. ....	64
<b>Imagen 39.</b> Impacto por etapas de la batería eléctrica. ....	65
<b>Imagen 40.</b> Comparación de las emisiones de ruido del MCIA vs ME.....	68



## Listado de tablas

<b>Tabla 1.</b> Características embarcación piloto de la comunidad de pescadores. ....	13
<b>Tabla 2.</b> Listado de los componentes de la embarcación eléctrica del Ayuntamiento de València. ....	16
<b>Tabla 3.</b> Resultados del dimensionamiento del sistema eléctrico. ....	29
<b>Tabla 4.</b> Características principales del motor eléctrico. ....	30
<b>Tabla 5.</b> Características técnicas del cargador elegido. ....	32
<b>Tabla 6.</b> Características de las baterías elegidas. ....	33
<b>Tabla 7.</b> Características del cableado de la embarcación. ....	34
<b>Tabla 8.</b> Presupuesto del sistema de propulsión seleccionado sin PV. ....	36
<b>Tabla 9.</b> Características de los paneles solares elegidos. ....	38
<b>Tabla 10.</b> Características del controlador elegido. ....	39
<b>Tabla 11.</b> Características del fusible elegido. ....	39
<b>Tabla 12.</b> Características del cableado de la embarcación y del sistema PV. ....	40
<b>Tabla 13.</b> Presupuesto del sistema de propulsión seleccionado con PV. ....	40
<b>Tabla 14.</b> Recomendaciones de uso de la embarcación propuesta. ....	44
<b>Tabla 15.</b> Presupuesto de la embarcación por bloque del sistema de propulsión sin PV propuesto. ....	45
<b>Tabla 16.</b> Presupuesto de la embarcación por bloque del sistema de propulsión con PV propuesto. ....	46
<b>Tabla 17.</b> Coste previsto de renovación de baterías. ....	49
<b>Tabla 18.</b> Ahorro económico y en emisiones para el sistema de propulsión sin PV. ....	51
<b>Tabla 19.</b> Ahorro económico y en emisiones para el sistema de propulsión con PV. ....	51
<b>Tabla 20.</b> Gastos, ahorros e inversión inicial del sistema de propulsión propuesto sin PV. ....	52
<b>Tabla 21.</b> Gastos, ahorros e inversión inicial del sistema de propulsión propuesto con PV. ....	52
<b>Tabla 22.</b> Flujo de caja del sistema de propulsión sin PV propuesto. ....	53
<b>Tabla 23.</b> Flujo de caja del sistema de propulsión con PV propuesto. ....	54
<b>Tabla 24.</b> Resumen de los resultados del sistema de propulsión con y sin PV. ....	57
<b>Tabla 25.</b> Gastos, ahorros e inversión inicial del sistema de propulsión propuesto sin PV. ....	58
<b>Tabla 26.</b> Resumen de los resultados del sistema de propulsión con baterías de AGM y litio. ....	58
<b>Tabla 27.</b> Elementos considerados en el ICV. ....	61
<b>Tabla 28.</b> Resultados de las mediciones de contaminación acústica. ....	67



## 1. Introducción

El Parque Natural la Albufera está situado en la costa mediterránea, al sur de la ciudad de València, España, y cuenta con una superficie de alrededor de 21.000 ha. La albufera de València es una laguna costera poco profunda (1 m de media), cuenta con una extensión de casi 24 km<sup>2</sup> lo que la hace el lago más grande del país. Se encuentra rodeada de 223 km<sup>2</sup> de arrozales (que es el área más extensa del parque) y pertenece a la cuenca hidrográfica del Júcar de 917,1 km<sup>2</sup>, de la cual recibe las principales aportaciones de agua. Está separada del mar por una estrecha barra litoral de bancos de arena con dunas estabilizadas por un bosque de pinos<sup>1</sup>.

Pese a que desde hace muchos años la Albufera de Valencia fue declarada Parque Natural y que se han ido tomando medidas para la mejora de la calidad del agua, todavía presenta problemas de eutrofización y diferentes impactos ambientales. Entre otros, las embarcaciones contribuyen a estos daños ambientales debido a la generación de contaminación acústica y a los vertidos de hidrocarburos que ocurren. Asimismo, la quema de diésel tiene asociados emisiones de gases de efecto invernadero.

El clima en la Albufera es mediterráneo con medias anuales de humedad relativa del 65%, temperatura de 18 °C y unas precipitaciones de 454 mm. Tiene una flora muy variada, en ella se puede encontrar la campanilla de mar (localizada mayoritariamente en las dunas), el pino carrasco (propio del bosque mediterráneo), cañas y aneas propias de acequias y canales, entre muchas otras especies de vegetaciones. De la fauna se pueden destacar especies de peces en peligro de extinción como el *fartet* y el *samaruc*, la anguila y la lubina por su importancia económica, el pato colorado y la cuchara común por la cantidad de ejemplares que hay y la presencia de garzas, charrán común, cigüeña común, por la gran variedad de aves.

Toda esta riqueza del ecosistema natural del parque se ha visto reflejado en que a lo largo de los años ha sido declarado como “Humedal de importancia internacional”, “Zona de especial protección de las Aves” (ZEPA), incluido en la red Natura 2000 y algunas zonas del parque natural han sido declaradas como “Microrreserva de Flora” y como “Reserva de Fauna”. Además, el “Regadío histórico de l’Horta de València” ha sido declarado Sistema Importante del Patrimonio Agrícola Mundial (SIPAM) (García-Álvarez Coque & Gloria Bigné, 2020).

El territorio de la Albufera está comprendido por una gran cantidad de municipios pertenecientes tanto a comarcas de L’Horta y La Ribera, así como a la Ciudad de València. De entre estos municipios se encuentran El Saler, El Palmar, El Perelló, Catarroja, Silla, Algemesí, Sueca y Cullera, entre otros. En concreto, El Palmar es un pueblo de la ciudad de València situada a orillas del parque natural, a unos 10 km de la ciudad. Es una de las pedanías más conocidas y características del lago, está rodeada de zonas de regadíos y conserva algunas de las tradicionales barracas de la zona, las cuáles eran los hogares de los pescadores del lago. Actualmente consta con alrededor de 755 habitantes y su economía, aunque tradicionalmente ha

---

<sup>1</sup> <https://parquesnaturales.gva.es/es/web/pn-l-albufera/conocenos>

estado basada en la pesca y el cultivo de arroz, actualmente se centra en la hostelería y el comercio derivados del turismo del parque natural.



**Imagen 1.** Pescadores faenando en la Albufera de Valencia.

Por su parte, aunque la actividad pesquera ha ido disminuyendo en el lago de la Albufera consigue mantenerse gracias a especies como el mújol, anguila, lubina y *llisa* pese a la excesiva explotación y contaminación de las aguas. La pesca profesional en el lago solo está reservada a los usos tradicionales reconocidos por las Comunidades de Pescadores de Catarroja, El Palmar y Silla. En concreto la Comunidad de Pescadores de El Palmar una institución histórica del Derecho Civil Valenciano con más de trece siglos de su origen con una tradición y costumbres únicas, y es, junto con el Tribunal de las Aguas de la Vega de València, instituciones vinculadas a la gestión del agua, al paisaje y a los individuos (Ramón Fernández, 2020).

Los tipos de pesca artesanal que se practican históricamente en el lago son principalmente tres: en "companya", al "redolí" y al "involant". La pesca en *redolís* se realiza a las orillas este y sudeste del lago colocando un lugar fijo de calado de la red. Para este tipo de pesca se fijan puntos de pesca o *redolís*, los cuales se distribuyen entre los pescadores una vez al año por sorteo. Por su parte la pesca involant no tiene un lugar fijo de calado y se practica en toda la laguna y acequias circundantes, utiliza aparejos como caña y nasas.

En el aspecto turístico, de la Albufera destaca la naturaleza, la posibilidad de hacer rutas y paseos en barca por el lago, entre otros. Los paseos turísticos en barca se dan sobre todo en los principales puertos municipales (Puerto de El Saler, Embarcadero de la Gola de Pujol, El Palmar y Puerto de Catarroja). Entre embarcaciones de pesca y de paseo turístico están censadas alrededor de 1000.



De acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030<sup>2</sup> se plantea la descarbonización de las embarcaciones mediante la sustitución del sistema de propulsión actual basado en combustibles fósiles por un sistema de propulsión eléctrico. Esta propuesta tiene el potencial ayudar en la conserva y recuperación del ecosistema natural de la Albufera, que se encuentra en estado crítico (Onandia Bieco, 2015), mejorar las condiciones laborales de las personas que trabajan en estas embarcaciones, potenciar la conservación de trabajos tradicionales como la pesca. Por otro lado, también mejorar la oferta turística asociada a la Albufera y la economía derivada de ella.

Con ello, en este documento se va a describir la embarcación eléctrica que se construirá para la Comunidad de Pescadores de El Palmar. Se describen las dimensiones y el uso previsto de la embarcación se plantearán, analizando los sistemas de propulsión propuestos para elegir la que mejor se adapta. Se presenta un análisis económico y unas recomendaciones de uso. Asimismo, se analizará los beneficios de la embarcación eléctrica en el ecosistema que le rodea y los riesgos, barreras y oportunidades que surgen de ella.

---

<sup>2</sup> <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

## 2. Estudio de la embarcación

En la Albufera existen diferentes embarcaciones y dependiendo del uso que se les dé y sus dimensiones se pueden clasificar en pasaje, pesca y recreo/gran recreo. Actualmente hay censadas 1.022 embarcaciones de las cuales 346 se encuentran en El Palmar.

Las embarcaciones de pasaje son aquellas dedicadas a realizar actividades lucrativas de paseos en barca por el lago, independientemente del número de personas que transporten. A día 15 de enero de 2021 hay censadas 69 embarcaciones de este tipo, las cuales únicamente pueden ser destinadas a realizar esta actividad. Dependiendo de la estación del año realizan más o menos paseos en barca, alcanzando en verano los días de temporada alta. Días en los cuales los trabajadores llegan a realizar hasta 10 viajes, parando únicamente para la hora de comer. Dado a que los paseos en barca oscilan entre 40-45 minutos, la realización de 10 viajes corresponde alrededor de 7 horas en funcionamiento, a una velocidad media de 7 km/h (ligeramente inferior a la velocidad de navegación máxima permitida de 4 nudos (7,4 km/h)).

Las embarcaciones de pesca son aquellas dedicadas a realizar actividades lucrativas de pesca en el lago. Hay 108 censadas de este tipo, las cuales tienen esloras entre 3 y 10 metros, cuya media está alrededor de 6 metros. La pesca en la Albufera se lleva a cabo desde la Comunidad de Pescadores de El Palmar y tradicionalmente se practica tres tipos (en “companya”, al “redolí” y al “involant”). Dependiendo de la estación del año se pesca un tipo de peces, como la ánguila, lubina y lisa, siendo ésta última la de mayor importancia. Habitualmente los trabajadores empiezan la jornada laboral a primera hora de la madrugada y acaban sobre las 11h, lo que corresponde alrededor de 6 horas de funcionamiento de las embarcaciones.

Las embarcaciones de recreo y gran recreo son aquellas con una capacidad máxima de 12 y superior a 12 personas habilitadas para ir en la embarcación, respectivamente. La actividad principal de éstas es la de transporte privado mediante la navegación por el lago, en algunos casos puede ser una actividad habitual o puntual. En el caso de que sea habitual la actividad puede llegar a ser de varias horas al moverse de entre los diferentes puertos del lago.

La embarcación piloto que se va a estudiar para realizar un piloto tendrá 6,5 metros de eslora y estará a disposición de la Comunidad de Pescadores de El Palmar, por lo que se le dará un uso variado. Tanto un uso de exhibición de la pesca tradicional que se practica en la Albufera, como paseos en barca por el lago para mostrar la riqueza en fauna y flora del parque natural para los visitantes e invitados de la Comunidad de Pescadores.

Por ello, la embarcación se puede clasificar como de recreo, dado que para 6,5 metros de eslora las embarcaciones tienen una capacidad de 12 personas. Por otro lado, el sistema de propulsión se diseñará para 6 horas de funcionamiento, tal y como requieren las necesidades de uso expresadas por la Comunitat de Pescadors de El Palmar.



Albufera

## 2.1. Situación legal

La normativa que se deben seguir en la Albufera es la Ordenanza Reguladora del Registro de Embarcaciones del Lago de L'Albufera hecha por el Ayuntamiento de València<sup>3</sup>. Que tiene por finalidad regular la navegación por el lago de l'Albufera y compatibilizar dicha actividad con la preservación de su calidad medioambiental. A continuación, se recoge los artículos de dicha ordenanza que se aplican a la embarcación eléctrica piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar.

La embarcación piloto que navegará por el lago y por los canales pertenecientes al término municipal de València, deberá hallarse inscrita en el "Registro de Embarcaciones del Lago de l'Albufera" (art. 1).

Para mantener y conservar las embarcaciones tradicionales de l'Albufera como importantes elementos paisajísticos y procurando que, dado el caso, el criterio de restauración y reforma de estas embarcaciones tiendan a la recuperación de su forma original solo podrán navegar las embarcaciones que respondan a la tipología tradicional (incluidas las de vela latina) (art 2). Excepcionalmente podrán inscribirse embarcaciones que, sin responder a la tipología tradicional, se dedique a la vigilancia pública.

En el art. 3 se indican las instrucciones que se debe seguir para la inscripción de las embarcaciones en el registro. El apartado 2 de la misma se indica que las embarcaciones obtendrán la inscripción en el Registro previa solicitud formulada por el propietario o persona a cuyo mando navegue la embarcación, que deberá ajustarse a lo previsto en el art. 70 de la Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común. En todos los casos, la solicitud se formulará por cualquiera de los medios previstos en la legislación vigente. Respecto a ello, las solicitudes de inscripción y sus modificaciones se transmitirán en la Oficina Técnica Devesa-Albufera (apartado 3 del art. 3).

Siguiendo con el apartado 2 del art. 2 la documentación que se debe aportar junto a la solicitud es la siguiente:

- Documento acreditativo de la identidad del solicitante (fotocopia D.N.I.) y de la representación que ostente, en su caso.
- Fotografía de la embarcación al objeto de facilitar la identificación de la misma.
- Ficha de inscripción que figura en Anexo I de la Ordenanza, debidamente cumplimentada y firmada por el interesado a cuyo nombre se vaya a inscribir la embarcación, o su representante legal. Dicho anexo se encuentra en el apartado de Anexos de este documento.
- Si la embarcación dispone de matrícula, fotocopia de la matrícula.
- Declaración de que la embarcación dispone de los elementos que por motivos de seguridad exija esta Ordenanzas.

---

<sup>3</sup> Ordenança reguladora del Registre d'embarcacions del llac de l'Albufera.

Cualquier alteración sustancial de los datos o documentación que obre en el Registro deberá ser objeto de actualización, previa solicitud del titular de la inscripción, en el plazo de un mes desde que la misma se produzca.

El número de registro deberá figurar en un lugar visible de la embarcación, y que la dimensión de los caracteres de estos rótulos, incluida la denominación de la embarcación, no podrá superar 10 por 10 cm (art 4).

En el art. 5 se distinguen cuatro tipos de embarcaciones:

- **Pasaje:** son aquellas dedicadas a realizar actividades lucrativas de paseos en barca por el lago, independientemente del número de personas que transporte. Solo pueden ser destinadas a realizar esta actividad.
- **Pesca:** son aquellas destinadas a realizar actividades lucrativas de pesca en el lago.
- **Recreo:** son aquellas embarcaciones de recreo con una capacidad máxima de 12 personas.
- **Gran recreo:** son aquellas embarcaciones de recreo con una capacidad superior a 12 personas.

La clasificación de cada embarcación deberá figurar en el asiento de registro de la misma. En el caso de la embarcación eléctrica piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar la clasificación es Recreo.

Por otro lado, la eslora máxima de las embarcaciones se limita a 12 metros y la velocidad de navegación a un máximo de 4 nudos (apartados 2 y 4 del art. 5). También se prohíben los motores de explosión, los cuales deberán tener una potencia adecuada (apartado 3 del art. 5). Cuando el motor no esté protegido por una tapa o por su propio compartimiento, las partes calientes o móviles del motor que estén al descubierto y puedan ocasionar lesiones corporales estarán debidamente protegidas.

No obstante, los motores de explosión (que no sean fueraborda) instalados en embarcaciones inscritas en el Registro de Embarcaciones del Lago de l'Albufera, podrán seguir utilizándose hasta el fin de su vida útil, siempre que se aporte al Ayuntamiento certificado suscrito por Ingeniero Naval acreditativo de que los mismos cumplen los requisitos de calidad de su montaje e instalación que minimicen los posibles riesgos tanto para la seguridad de las personas, como para el medio ambiente, según el ordenamiento jurídico vigente.

El art. 6 de la ordenanza dicta que las dimensiones exactas y la capacidad máxima de las embarcaciones de pasaje y de Gran recreo se determinará a través de una prueba de estabilidad. El resultado de la prueba se notificará al interesado, concediéndose un plazo de 10 días para presentar alegaciones.

En el art. 9 se describen los elementos que, por motivos de seguridad, deben disponer las embarcaciones de recreo y pesca:

- Un chaleco salvavidas por persona a bordo homologado por la Dirección General de la Marina Mercante o con marca CE.



Albufera

- Un extintor de polvo seco de 2'5 kg, para aquellas embarcaciones propulsadas a motor, homologado por la Dirección General de la Marina Mercante provisto de tarjeta informativa en la que conste la fecha de la última revisión y la entidad que lo realizó.
- Un balde achicador metálico o de plástico con capacidad mayor de 7 litros provisto de asa que no pueda desprenderse y con cabo fijado en el asa.

Y, finalmente, en el apartado 1 del art. 11 respecto a las embarcaciones de recreo y Gran recreo se dicta lo siguiente:

- Los interesados deberán haber cumplidos 18 años, aunque los que hayan cumplido 16 años podrán ser sujetos de autorizaciones siempre que se tenga el consentimiento de los padres. Para este tipo de barcas las autorizaciones se entienden concedidas por un periodo máximo de 5 años.
- La solicitud de autorización se presentará acompañada de Certificado médico oficial ajustado al cuadro de aptitudes psicofísicas previstas en las normas que desarrollan la Orden de 17 de junio de 1997 por las que se regulan las condiciones para el gobierno de embarcaciones de recreo. En lugar del mencionado certificado podrá presentarse alguno de los tres documentos mencionados en el apartado b) del apartado 1 del mismo art. 11 de la Ordenanza. Por otro lado, las embarcaciones a motor con una potencia máxima de 10 kW y de hasta 4 metros de eslora, así como las de vela o percha de hasta 5 metros de eslora, no precisarán autorización expresa.
- En su caso, también deberá acompañarse autorización del titular registral de la embarcación para la cual se solicita y certificación de hallarse vigente el seguro de responsabilidad civil.

## 2.2. Descripción de la embarcación

A continuación, se va a describir la embarcación eléctrica piloto proyectada para la Comunidad de Pescadores de El Palmar.

En primer lugar, el proceso de fabricación de las embarcaciones comienza con la elaboración de las piezas de madera que posteriormente se ensamblan para una estructura más sólida. Según la experiencia del *calafatador* este proceso de fabricación puede tardar alrededor de 3-6 meses dependiendo del tamaño de la embarcación.

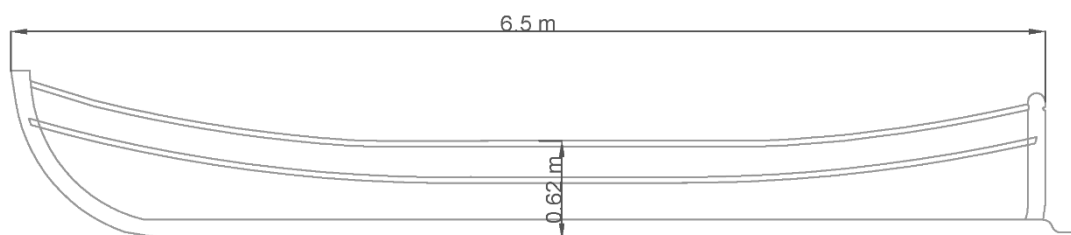
Las embarcaciones en sí mismas pueden llegar a pesar entre 700 kg a 1500 kg dependiendo de las dimensiones de esta. Sumándole el peso del motor y del resto de componentes pesarían alrededor de 600 kg más. En las siguientes imágenes se puede ver algunas imágenes del proceso de fabricación de una embarcación tradicional de la Albufera de 6 metros de eslora (Barcos y maquetas, 2010).



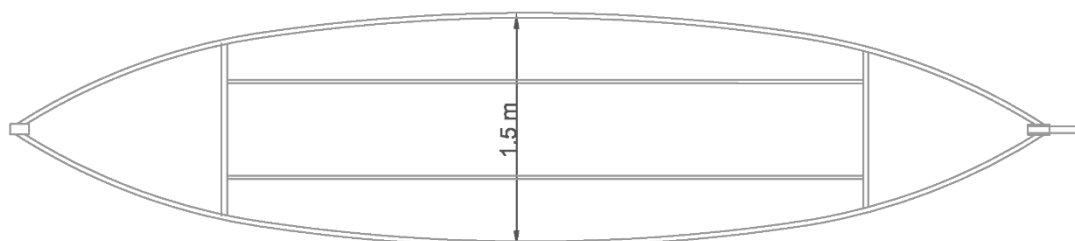


**Imagen 2.** Imágenes del proceso de fabricación de una barca tradicional de la Albufera de Valencia.

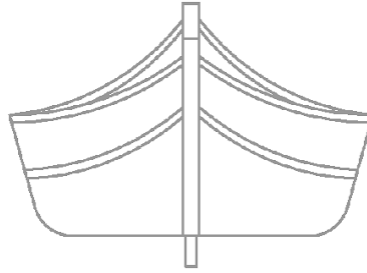
A modo ilustrativo en las siguientes imágenes se muestran las dimensiones principales de la embarcación de la Comunidad de Pescadores de El Palmar de 6,5 metros. En los anexos están los planos de la embarcación con detalle y algunos de los pasos que se siguen durante el proceso de fabricación.



**Imagen 3.** Alzado de la embarcación.



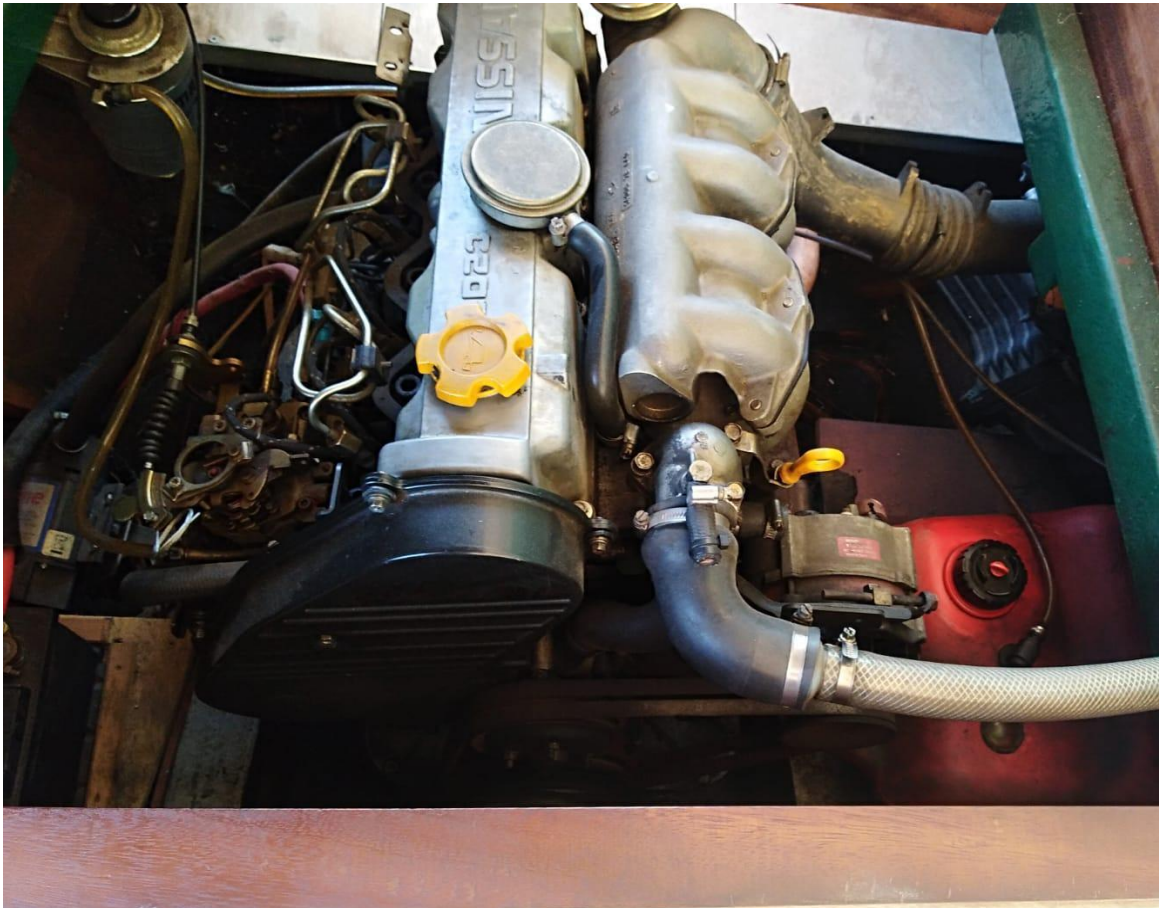
**Imagen 4.** Planta de la embarcación.



**Imagen 5.** Perfil de la embarcación.

Respecto a los motores la gran mayoría de las embarcaciones de la Albufera funcionan con un MCIA (motor de combustión interna alternativo), a excepción de las embarcaciones de vela latina. Habitualmente los motores utilizados se reutilizan de coches y camionetas antiguas por su bajo coste.

Por ejemplo, en la siguiente imagen se muestra el motor Nissan SD23 de una de las embarcaciones de paseo de 12 metros de eslora, utilizado y fabricado entre los años 1980-1986 para las camionetas Datsun 720.



**Imagen 6.** Motor Nissan SD23 de una embarcación.

Dado que los motores son de coches antiguos al ser instalados en una barca se ha comprobado que trabajan lejos de su punto óptimo de funcionamiento (Bejarano-Cáceres et al., 2020), pues está diseñado para dar una potencia bastante mayor a la que necesitan las embarcaciones. Dichos motores pueden tener una potencia

nominal entre 70 kW hasta más de 150 kW, cuando realmente la embarcación puede dar el mismo servicio con un motor eléctrico con una potencia nominal de 5 kW, llegando a los 7 kW de potencia máxima, como se verá más adelante.

Para evitar problemas de cavitación tradicionalmente el eje del motor se conecta a una hélice bipala. Hélices de más palas tienden a generar problemas de cavitación debido a la profundidad existente en la Albufera. La cavitación es un proceso que consiste en la vaporización, generación e implosión de burbujas que tienen lugar en un fluido, en este caso el agua, al producirse una gran variación en la presión local; y que puede producir la degradación y hasta destrucción de la hélice.

### 2.3. Usos de la embarcación

Como se ha comentado anteriormente, la embarcación estará a disposición de la Comunidad de Pescadores de El Palmar, y se prevé que se use para exhibiciones de pesca tradicional y/o paseos por el lago para los visitantes e invitados. En principio se prevé un uso habitual sin llegar a ser diario.

La embarcación piloto será de tipo recreo, de 6,5 metros de eslora, con una capacidad máxima de 12 personas y diseñada para 6 horas de funcionamiento. El peso de la embarcación, el motor y las personas máximas abordo la masa total que deberá moverse es alrededor de 2000 kg, circulando a la velocidad habitual de navegación de las embarcaciones, que suele ser ligeramente inferior a la velocidad máxima de 4 nudos (7,4 km/h).

Por otro lado, la embarcación aparcará en la puerta de salida de la lonja de la comunidad y se cargará durante los momentos en los que no se use la embarcación. Suponiendo que la lonja tiene una potencia contratada como las habituales del sector residencial (3-5 kW), para una capacidad de las baterías de 24 kWh (como se verá más adelante), las baterías se podrían cargar completamente en alrededor de 8 horas.

En la siguiente tabla se resume los usos que se van a dar de la embarcación:

**Tabla 1.** Características embarcación piloto de la comunidad de pescadores.

Elemento	Características
Eslora	6,5 metros
Manga	1,5 metros
Capacidad	Máximo 12 personas
Peso total	2000 kg
Velocidad	7,2 km/h
Usos	Uso habitual sin ser diario
Diseño	6 horas de funcionamiento
Recarga	Menos de 8 horas de recarga



Albufera

### 3. Monitorización del funcionamiento la embarcación eléctrica

El servicio municipal Devesa Albufera del Ayuntamiento de València ha construido la primera embarcación eléctrica de su flota de embarcaciones, las cuales se utilizan para realizar tareas de mantenimiento en el lago, se ha monitorizado para comprobar su correcto funcionamiento.

Se trata de una embarcación tradicional de 9 metros de eslora, 2,2 metros de manga máxima y 1.400 kilos. Se estima que la embarcación tiene la capacidad de transportar a 20 personas adultas o 25 niños<sup>4</sup>.

Tiene un sistema de propulsión basado en un motor eléctrico de 10 kW de potencia máxima y en 8 baterías distribuidas en dos bancadas de 4 a cada lado de la barca debajo de los asientos. Se calcula que la autonomía oscila entre 3 y 4 horas, dependiendo de la carga y de los picos de potencia máxima que se dan en la aceleración.



Imagen 7. eTramuntana: Primera embarcación eléctrica del Ayuntamiento de València<sup>5</sup>.

El motor eléctrico y el resto de los componentes son de la empresa Bellmarine, mientras que la empresa Mínguez se ha encargado de la instalación. En la siguiente tabla se muestran el modelo de los componentes y algunas características:

---

<sup>4</sup> [levante-emv](http://levante-emv)

<sup>5</sup> [lasprovincias.es](http://lasprovincias.es)

**Tabla 2.** Listado de los componentes de la embarcación eléctrica del Ayuntamiento de València.

Componente	Características
Motor y controlador DriveMaster 10W	Motor trifásico asíncrono de imanes permanentes Potencia nominal: 8 kW Potencia máxima: 10 kW Revoluciones: 1500 rpm Tensión de trabajo: 48 V
Baterías 12V 260Ah	8 baterías de AGM 2 bancadas, cada una en un lado de la embarcación Se almacenan debajo de los asientos Cada bancada es de 4 baterías de 12V en serie
Cargadores Mastervolt Combi Ultra 48/3500- 50 (230 V)	Cargador que también puede funcionar como inversor 2 cargadores instalados 1 cargador para cada bancada
Monitor de sistema Axiom NMEA2000	Monitor de sistema que muestra parámetros de interés como: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidad de navegación</li> <li>- Porcentaje de carga de las baterías</li> <li>- Autonomía</li> </ul> <p>Cuenta con una alarma que salta cuando se acerca a 50% DOD</p>
Sistema de refrigeración de ciclo cerrado	Circuito cerrado de refrigeración del motor y del controlador apto para motores con potencias de 5-10 kW
Acelerador Bellcontrol Casual – SS11	Acelerador de acero inoxidable Cuenta con un sensor de efecto Hall sin contacto

A continuación, se presenta una imagen sacada del sistema de la embarcación.



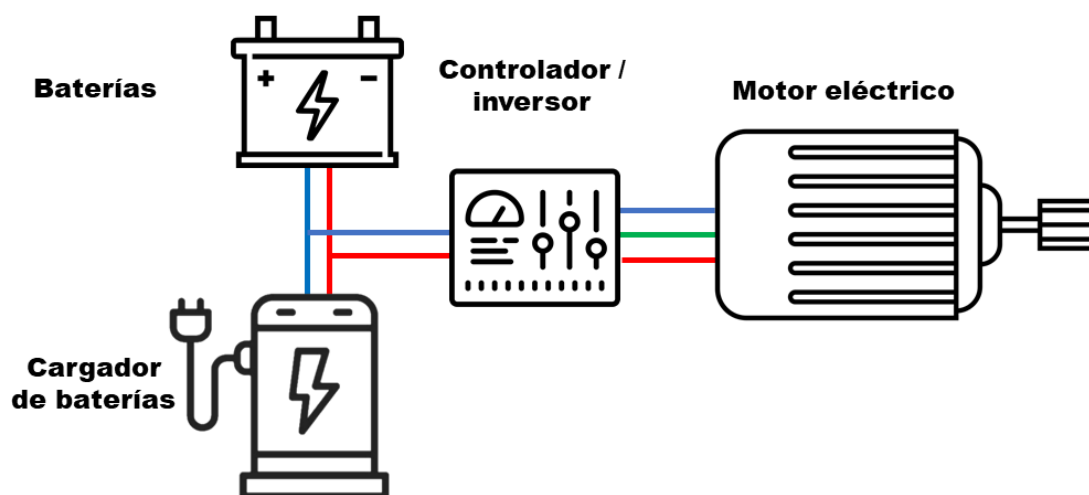
**Imagen 8.** Componentes de la embarcación eléctrica del Ayuntamiento de València.

## 4. Propuesta general de sistema de propulsión para embarcaciones eléctricas

El sistema de propulsión eléctrico que se proponen para las barcas eléctricas está compuesto por 4 bloques. El bloque 1. Sistema eléctrico se compone de cinco partes (dos en el caso de que no se instalen paneles solares). Los bloques se describen a lo largo de la presente sección, así como sus componentes, y son los siguientes:

- Sistema eléctrico
  - Sistema de almacenamiento
  - Sistema de recarga
  - Sistema de generación fotovoltaica
  - Protecciones
  - Conductores
- Sistema mecánico
- Sistema de control
- Sistema de refrigeración

A continuación, se presenta el diagrama general del sistema de propulsión con los componentes principales:



**Imagen 9.** Sistema general de propulsión de la embarcación piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar.

El sistema de propulsión propuesto funcionará de la siguiente forma:

- El cargador se conecta a la red de suministro eléctrico local en AC, y convierte la energía al nivel de carga en DC requerido por las baterías. El controlador, mediante sensores de temperatura, corriente y tensión y el circuito de refrigeración del motor se asegura de no superar en ningún caso los valores mínimos y máximos requeridos por el sistema de almacenamiento. En caso de superarse alguno de los valores máximos soportados por los dispositivos electrónicos, actúan las protecciones (fusibles o interruptores automáticos), desconectando el circuito. En caso

de alcanzarse valores inferiores a los mínimos, como el porcentaje de carga de las baterías, mediante una alarma en el monitor del sistema se indicará del tiempo aproximado del que se dispone.

- El arranque y apagado del motor se controla mediante interruptores situados en el cuadro de control. La información se muestra en la display del monitor del sistema, adicionalmente hay un joystick que sirve para controlar la velocidad del motor eléctrico y por tanto de la barca. En el display del sistema se muestran algunos parámetros de interés del circuito eléctrico y de las baterías para fijar la velocidad de navegación y no descargar las baterías en exceso, prolongando la vida útil de las baterías.
- En caso de que existan paneles fotovoltaicos en la embarcación, estos generan electricidad en DC enviando la energía al motor, en caso de que esté en funcionamiento, o, si el motor no estuviera en funcionamiento, la energía generada se utiliza para cargar las baterías.

## 4.1. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico de la barca se compone de:

- Motor eléctrico
- Sistema de almacenamiento
- Sistema de recarga
- Sistema de generación fotovoltaica
- Protecciones
- Conductores

### 4.1.1. Motor eléctrico

Es el encargado de transmitir potencia a la hélice, transformando energía eléctrica en mecánica. Los motores eléctricos más usados en la industria son los trifásicos de corriente alterna, ya que con el sistema trifásico se genera un campo magnético rotatorio en el entrehierro que permite el movimiento mediante sistemas síncrono o asíncronos. El sentido de rotación puede cambiarse (permitiendo así la marcha atrás de una embarcación). Algunos motores eléctricos, no tienen escobillas en el rotor, y por tanto tienen un bajo mantenimiento y sencillez, en su construcción, como es el caso de los motores asíncronos de jaula de ardilla.

Para propulsar las hélices (sistema mecánico) se plantean las diferentes tecnologías de motores de corrientes alterna trifásicos, los cuales se pueden clasificar entre motor síncronos y asíncronos. La diferencia principal es que, en el primer caso la velocidad de giro del campo magnético giratorio en el entrehierro es igual a la velocidad de giro del rotor. Mientras que en los asíncronos la velocidad de giro del rotor es inferior a la velocidad de giro del campo magnético producido por el estator. A continuación, se explican y desventajas de cada uno de ellos:

**Motores asíncronos:** se caracteriza porque el giro del rotor es menor que la velocidad de giro del campo magnético producido por el estator. Se componen



básicamente de un rotor, que puede ser de jaula de ardilla o bobinado, y de un estator, donde se alojan las bobinas inductoras, en un sistema trifásicas que produce un desfase de  $120^\circ$  entre fases (Serrano Iribarnegaray & Martínez Román, 2017). Las ventajas de este tipo de motores son su capacidad de generar un par motor constante, su fiabilidad, su alta eficiencia, son económicos y vibran poco (muy silenciosos). Sin embargo, su densidad de potencia es baja al igual que su par de arranque.

**Motores síncronos:** se caracteriza porque el estator produce una velocidad de giro que es igual a la velocidad con que gira el rotor. A diferencia de los motores asíncronos, no tiene par de arranque y necesita un método de arranque que permita llegar a la velocidad cercana o igual a la de sincronismo (Variador de frecuencia, arranque como asíncrono o motor auxiliar). Otra característica es que permite regular el factor de potencia. De entre ellos destaca los de rotor bobinado y los de imanes permanentes. En especial, los motores de imanes permanentes son los que más se han extendido entre los vehículos eléctricos por su menor tamaño y elevada eficiencia. Usan imanes permanentes incrustados en el rotor. Con lo que no necesita excitación externa ni escobillas para generar el campo magnético en el rotor y hacerlo girar cuando se expone al campo generado externamente en el estator. Se requiere un controlador para regular la velocidad y el par.

En este caso de aplicación para la embarcación de la Comunitat de Pescadors de El Palmar **se propone la selección de un motor síncrono de imanes permanentes** debido a que estos motores son compactos, tienen alta precisión, buen rendimiento incluso a baja carga, pese a que el coste es más elevado (Sagredo González & Abad San Martín, 2014). Sin embargo, cabe destacar que también se podrían utilizar motores asíncronos de jaula de ardilla para este tipo de aplicaciones.

#### 4.1.2. Sistema de almacenamiento

Es el conjunto de componentes que se conectan entre sí para almacenar la energía que se consumirá durante la navegación. Principalmente está compuesto por las baterías, en las que se almacena la energía empleando procedimientos electroquímicos y que tiene la capacidad de devolver dicha energía posteriormente con eficiencias muy elevadas, ciclo que puede repetirse un determinado número de veces. Habitualmente, el sistema de almacenamiento no está compuesto por una única batería, sino por varias baterías que se conectan en serie/paralelo para obtener la capacidad deseada.

El sistema de propulsión trabajará a 48 V, que es el valor máximo de baja tensión que se considera segura ante riesgos de electrocución y se necesita menos requerimientos en las protecciones<sup>6</sup>, por lo que se buscará que cada bancada/s de baterías trabajen a 48 V. Si es necesario más de una bancada de baterías se conectarán en paralelo entre sí (a la misma tensión de trabajo). Por su parte, cada bancada estará compuesta por un conjunto de baterías conectadas en serie para

---

<sup>6</sup> UNE-EN 61140: Protección contra los choques eléctricos. Aspectos comunes a las instalaciones y a los equipos



alcanzar los 48 V. Por ejemplo, dentro de cada bancada a 48 V podrá estar compuesto de 4 baterías de 12 V conectadas en serie, o 2 baterías de 24 V en serie.

Para el sistema de almacenamiento se han planteado las dos tecnologías más habituales y fiables de la actualidad, las baterías de ácido-plomo y las de iones de litio. Cada una de ellas tienen sus ventajas y desventajas, las cuales las más relevantes se describen a continuación:

**Almacenamiento de Ácido Plomo-ácido:** comparadas con las de iones de litio las baterías de plomo ácido son de bajo coste, pero son pesadas y el tiempo de recarga es lento, además de que el plomo es tóxico. Son una tecnología madura y han sido las más utilizada en vehículos convencionales que funcionan con motores de combustión interna (para encendido y sistema eléctrico). Han ido evolucionando con el tiempo y una de las opciones más fiables de entre ellas son las AGM plomo-ácido (Cueva et al., 2018). Éstas son completamente estancas y no requieren de mantenimiento ni ventilación, además que se pueden cargar y descargar de manera rápida. Dependiendo de la tecnología utilizada, este tipo baterías se diseñan para para una profundidad de descarga máxima de entre 30 y el 80% para no afectar al número de ciclos de vida. Por tanto, para no sobrepasar dichos porcentajes de descarga se deben instalar el doble de capacidad. En caso de utilizar este tipo de sistema se recomienda seguir las instrucciones del fabricante en cuanto a la profundidad de descarga, para no disminuir la vida útil de las baterías. Como norma general no utilizar una profundidad de descarga del más del 70-80% si las baterías son del tipo OPzS y del 60% si son tradicionales abiertas, AGM, o gel.

**Almacenamiento en baterías de Iones de Litio:** Comparadas con las baterías de plomo ácido, son baterías ligeras y tienen una capacidad de recarga rápida. Sin embargo, su mayor desventaja radica en su alto coste y deben estar almacenadas en condiciones óptimas debido a su poca resistencia a altas temperaturas e impactos. Actualmente son la tecnología mejor posicionada para ser utilizada en los vehículos eléctricos. No requieren mantenimiento ni emiten gases, por lo que pueden ir instalados de interiores. Este tipo de baterías se diseñan para no descargarse más de un 80-100% de su capacidad para no afectar al número de ciclos de vida. En caso de utilizar este tipo de sistema se recomienda seguir las instrucciones del fabricante en cuanto a la profundidad de descarga, para no disminuir la vida útil de las baterías. Las profundidades de descarga suelen estar en torno al 90%

A pesar de que la tecnología más adecuada se presume que es la de litio, su elevado coste (entre 3 y 4 veces más que las de plomo-ácido) hace que las de plomo ácido aún se tengan en cuenta hoy en día. Dado que ambas tecnologías son adecuadas, actualmente **se opta por las de plomo ácido AGM** por su menor precio y las restricciones de presupuesto, lo que hará que sea más viable económicamente.

### 4.1.3. Sistema de recarga de las baterías

Son el conjunto de componentes que intervienen en el proceso de carga del sistema de almacenamiento. Principalmente está compuesto por el **cargador** de

las baterías, en este caso es una máquina que se alimenta de la red (a 230 V en corriente alterna) y la convierte a DC, a una tensión superior a la nominal para poder cargar las baterías.

Existen diversos tipos de cargador para vehículos eléctricos o sistemas renovables. En el caso de vehículos eléctricos existen diferentes tipos de conector, de los que depende la velocidad de carga de las baterías. El más habitual es el cargador con conector tipo VDE-AR-E 2623-2-2 (Mennekes) ya que pueden alcanzar potencias del orden de 40 kW como máximo, aunque partiendo de potencias menores del orden de 4 kW, dando un rango amplio de tiempo de carga (Maza Ortega & Gómez Expósito, 2019). En casos como el sector residencial, es decir que se dispone de parte de la tarde y la noche entera (unas doce horas) para cargar las baterías, la potencia de carga no es un factor relevante. Teniendo en cuenta que las potencias contratadas del sector residencial están entre 3-5 kW, unas baterías de 24 kWh se cargarían en alrededor de 8 horas.

Algunos cargadores disponen de algoritmos de carga para evitar problemas de corrosión, exceso de gaseado, sulfatación y estratificación del electrolito, que son los causantes de la mayoría de los fallos de las baterías.

Para el sistema de recarga se plantean dos alternativas, que en conjunto con el resto de la flota de embarcaciones pueden ser complementarias. Es decir, disponer de cargadores de baterías portátiles situados en la embarcación y/o disponer de puntos de recarga situados en los principales embarcaderos de la Albufera. Cada una de las alternativas tienen sus ventajas y desventajas, las cuales se presentan a continuación.

**Cargador de baterías portátil:** tienen la ventaja de los conectores tipo schuko (enchufe normal), o se dispone de adaptadores del conector, que se pueden conectar a cualquier establecimiento en que tengan conexión a la red eléctrica de baja tensión. No obstante, como tienen una baja tensión de alimentación (230 V) y la corriente de carga para la que se diseña es de hasta 16 A, por lo que la potencia de carga es reducida comparada con la de los puntos de carga de los vehículos eléctricos (Maza Ortega & Gómez Expósito, 2019). Y, por tanto, se tarda más en cargar las baterías. La baja potencia de carga puede llegar a ser una desventaja si no se dispone de mucho tiempo para cargar, pero si se dispone de tiempo suficiente no es un factor determinante. Por otro lado, la carga lenta favorece la vida útil de las baterías, aunque las baterías de AGM resisten la carga y descarga rápida.

**Puntos de carga:** tienen la ventaja de que presentan mayores velocidades de carga pues se conectan a la red de baja, media y alta tensión para poder dar mayores potencias de carga. Desde pocos 5 kW hasta más de 100 kW. Se instalan en puntos estratégicos para poder dar servicio al mayor número de vehículos posibles. Uno de los inconvenientes es su elevado coste de instalación en comparación con los cargadores de baterías portátiles. Sin embargo, sirven para más de un vehículo.

Dado que la embarcación piloto se situará en frente de la lonja de la comunidad de pescadores, el cargador/es se conectarán a la lonja para cargar las baterías. Estos tipos de cargadores están diseñados para soportar corrientes de hasta 16 A durante periodos cortos de tiempo, para evitar problemas de sobrecalentamiento, según indicaciones técnicas de los fabricantes (Mastervolt, 2021b). Por lo que si se



usan cargadores portátiles o cables de recarga con este conector no se puede pasar de 10 A, 12 A o 13 A como mucho.

Teniendo en cuenta el uso previsto de la barca piloto de la comunidad de pescadores, se dispone de tiempo suficiente para cargar la embarcación durante parte de la tarde y la noche entera. Por lo que no es necesario disponer de una elevada potencia de carga, de hecho, para unas baterías de 24 kWh (como se verá más adelante) con una potencia normal de carga habitual del sector residencial (3-5 kW) las baterías se podrían cargar en alrededor de 8 horas. Incluso si se requiere menor tiempo de carga se pueden instalar un cargador por cada bancada de baterías.

Además, teniendo en cuenta que la carga lenta es beneficiosa para la vida útil de las baterías, se considera que la mejor opción son los cargadores de baterías portátil. Por otro lado, para el conjunto de embarcaciones de la Albufera lo mejor es plantear una solución mixta de cargadores de baterías portátil y puntos de recarga ya que hay embarcaderos privados en los que no se dispone de conexión a la red eléctrica y a la flexibilidad de tiempo de carga en las dos opciones.

#### 4.1.4. Sistema fotovoltaico

Se refiere al conjunto de componentes que producen energía solar en eléctrica utilizando energía proveniente del sol. Los materiales semiconductores, como el silicio, son capaces de generar corriente eléctrica cuando se encuentran sometidos a radiación solar. Ocurre cuando la energía de la luz solar (los fotones) "libera" electrones, creando un flujo de energía eléctrica (L. Gasquet, 1997).

Principalmente se componen por **paneles solares**, los cuales son los encargados del proceso de transformación de energía solar en eléctrica (DC). Casi en su totalidad, los paneles están hechos de silicio, que pueden clasificarse en: monocristalino, policristalino y amorfo. Los monocristalinos son los que mejor rendimiento tiene (alrededor de 21%). Mientras que los policristalinos tienen un rendimiento ligeramente inferior (alrededor de 19%). Por su parte, los amorfos tienen un rendimiento bastante más bajo (alrededor de 10%), se degradan más rápido, pero son más económicos (Luque & Hegedus, 2011).

Si los paneles están conectados a aparatos que consumen en energía eléctrica alterna (por ejemplo, los electrodomésticos de las casas), se necesita un inversor que transforme la energía eléctrica de corriente continua generada por los paneles a energía eléctrica alterna. Si la energía generada se necesita almacenarla para un mejor aprovechamiento se necesita un cargador DC-DC y un sistema de almacenamiento como el descrito anteriormente. Adicionalmente, a los paneles se conectan componentes de seguridad, como los fusibles o interruptores automáticos, para asegurar que por el motor no circula corrientes superiores a las máximas.

En caso de que el sistema de propulsión disponga de sistema fotovoltaico como fuente de energía complementaria al uso del cargador, tendría el siguiente esquema eléctrico:

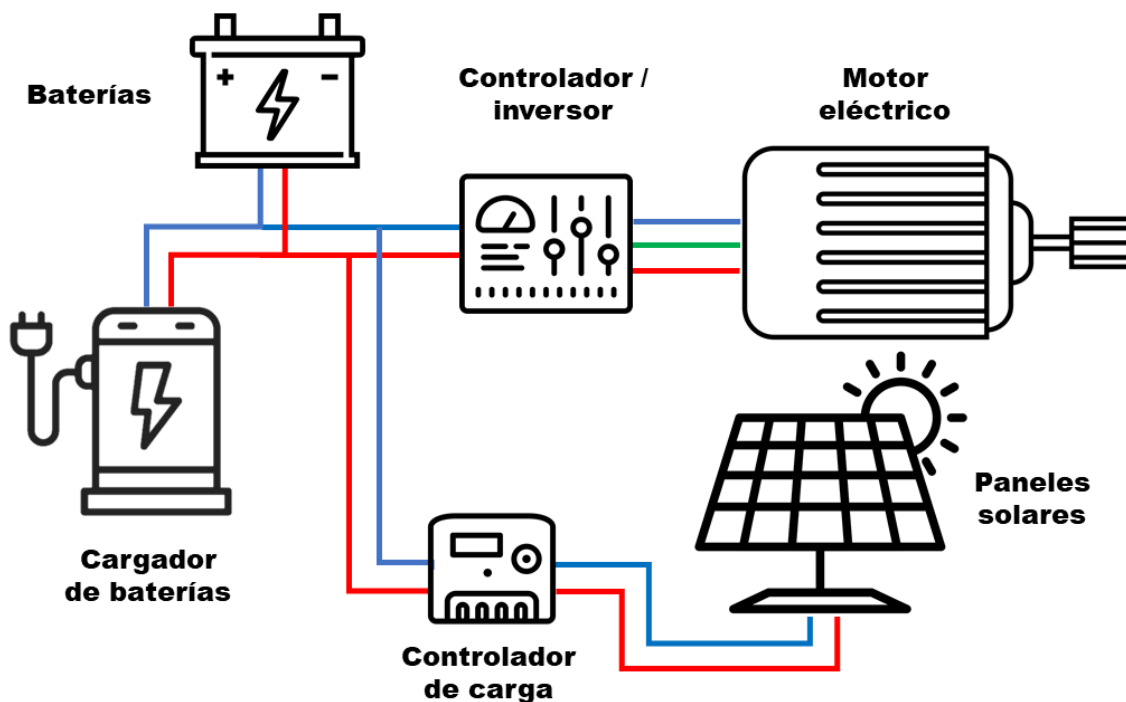


Imagen 10. Sistema general de propulsión con PV de la embarcación piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar.

El sistema se compone de los paneles solares y del regulador de carga.

**Paneles solares:** irían instalados en lugar de los toldos que hacen sombra (en la siguiente imagen se muestra una embarcación tradicional con toldo). De manera que cumplirían dos funciones principales: la de generación de electricidad y la de hacer sombra. Cabe resaltar que habría que fortalecer los soportes del toldo por el peso de los paneles.



Imagen 11. Embarcación tradicional con toldo para hacer sombra<sup>7</sup>.

Dado que se busca que generar la mayor cantidad posible de energía con la superficie disponible, los paneles deben tener la mayor capacidad de generar

<sup>7</sup> <https://www.valenciaturisme.org/parquenatural/parque-natural-de-la-albufera-2/>



posible (mayor potencia pico) y mayor eficiencia en la generación. En estos aspectos, de entre las tecnologías de paneles solares destaca los monocristalinos de silicio que en ambos aspectos son los mejores, aunque tienen un precio ligeramente más elevado.

**Regulador de carga DC-DC:** son necesarios en la mayoría de los sistemas fotovoltaicos que cargan baterías, para entregar la mayor cantidad de energía y proteger las baterías de sobrecargas y descargas excesivas. La función mínima del regulador es recargar la batería a condiciones de tensión e intensidad adecuadas.

El regulador maximiza la transferencia de energía de los paneles solares a la batería a través del seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT).

Dado que es muy importante el funcionamiento correcto del sistema de control del sistema de carga solar y las baterías se elige el controlador de carga sugerido por el fabricante del motor eléctrico seleccionado. Y los paneles solares monocristalinos de silicio por su mayor eficiencia y capacidad de producir energía.

Por otro lado, si en lugar de cargar las baterías se quisiera suministrar directamente a aparatos que consumen alterna normalmente se usa un inversor adicional. En este caso, el cargador que se va a elegir presenta la ventaja que es un cargador/inversor que puede cumplir la función de inversor, por lo que no sería necesario un inversor adicional.

#### 4.1.5. Protecciones

Es el conjunto de dispositivos de protección que se encargan de cortar la corriente cuando se superan los niveles máximos, para asegurar la integridad de los componentes. Por sus características pueden ser de un solo uso, como los fusibles, o de varios, como los interruptores automáticos.

Dependiendo de los componentes a proteger pueden ser de corriente continua o alterna.

**Dispositivos de corriente continua:** se usan en los casos de los componentes que consumen corriente continua. Para el sistema de propulsión descrito, se necesitan dos fusibles como mínimo. Entre la salida del cargador y las baterías, y en el caso de disponer de sistema PV entre el controlador de carga y las baterías.

**Dispositivos de corriente alterna:** se usan en los casos de los componentes que consumen corriente alterna. Para el sistema descrito, se necesita un fusible, pues el único componente que consume corriente alterna trifásico es el motor eléctrico. Por lo que el fusible debe ir entre el controlador y el motor eléctrico.

Dado que en las baterías se requieren revisiones y mantenimiento, lo más adecuado es que se conecte un interruptor en serie para cortar el circuito y facilitar las tareas. Mientras que para el motor eléctrico requiere menos mantenimiento, con disponer de un fusible en caso de que el motor demande corriente excesivamente elevadas, lo cual se produciría en caso de avería, sería suficiente. Ambos dispositivos, un interruptor para las baterías y un fusible para el motor

eléctrico, están incluidos en el precio del motor eléctrico que se elige, como se verá más adelante.

Por otro lado, para el sistema PV se debería disponer de un fusible de corriente continua, entre el positivo que baja de los paneles al regulador, a modo de dispositivo extra de protección en caso de que se generen corrientes excesivamente elevadas o que el controlador de carga no funcione correctamente. Mientras que el regulador de carga solar elegido dispone de protección de apagado por sobretensión y sobrecorriente, por lo que no necesita una protección extra.

El funcionamiento de fusibles básicamente se trata de que disponen de un filamento de material y grosor adecuado para que, siendo conectado en serie con el circuito, se funde por efecto Joule (Viteri et al., 2011). Que consiste en que se alcanzan temperaturas elevadas producidas por el calor producido por los choques de electrones circulando por un material conductor, cuando la corriente por el circuito supera un valor determinado por un cortocircuito o exceso de carga, protegiendo los componentes de la instalación.

En cualquier de los casos, los dispositivos de protección deben tener la capacidad de corte de la corriente máxima para que cumplan su función. Pero no deben tener una corriente de corte demasiado inferior a la máxima para que el circuito eléctrico no se corte continuamente.

#### 4.1.6. Selección de conductores

Es el conjunto de conductores que se encargan de conectar los componentes del sistema descrito. Pueden ser cables de corriente alterna, e internamente estar compuesto por cuatro cables correspondientes a las tres fases y el neutro, o cables de corriente continua, un solo cable.

Deben ser de corriente continua los cables de las conexiones en serie de las baterías de cada bancada, la conexión de las baterías con el cargador y el controlador de carga solar del sistema PV, las conexiones del controlador con la pantalla, acelerador y el interruptor de llave. Mientras que deben ser de corriente trifásica alterna los cables de conexión del controlador y el motor eléctrico, y monofásica alterna la conexión del cargador con la red eléctrica.

Las conexiones del controlador con el motor y con el resto de los componentes, y la conexión del cargador con la red eléctrica vienen incluidas en el precio del motor y del cargador que se elegirá, como se verá más adelante (Bellmarine, 2021). Mientras que las conexiones de las baterías y de los paneles solares entre sí y con el regulador de carga no.

Habitualmente los cables de conexión entre baterías y entre paneles son de cobre. Es importante que estén correctamente aislados y sean resistentes contra ácidos, aceites, altas temperaturas y otros ambientes corrosivos.



Albufera

## 4.2. Sistema de control

Se refiere al sistema que recibe información de los sensores y mediante variables de control, produce unas salidas. Tiene la función de monitorizar y controlar el funcionamiento de los componentes del sistema de propulsión (Li et al., 2020). En el caso de la barca, el sistema de control recibe la información de los sensores de las baterías y cargador e interruptor del motor eléctrico conectados en el mismo bus de información.

En el sistema controla fundamentalmente: la carga y descarga de las baterías y motor eléctrico. Adicionalmente, dispone de un monitor en el que se muestran algunas variables de interés para el que dirige la embarcación lo tenga en cuenta. A parte, también se puede disponer de un sistema de alarma que avise cuando la batería nivel de carga de la batería baja por debajo del mínimo establecido para no reducir la vida útil de las baterías.

**Control de carga de baterías:** habitualmente está integrado en los softwares de los cargadores de baterías. Para asegurarse que durante el proceso de carga no se alcanzan valores máximos técnicos que deterioren los componentes electrónicos y de manera que en todo momento las baterías se encuentren en condiciones óptimas, para prolongar su vida útil. Es decir, proteger contra las sobretemperaturas, sobrecarga, cortocircuito, batería alta/baja y protección de humedad, entre otros.

**Control del motor eléctrico:** habitualmente el controlador está incluido dentro de los accesorios del motor elegido, del mismo fabricante porque así se asegura que funcionará correctamente. Recogen la información de los sensores e interruptores en un mismo bus de información y ejecutar las ordenes necesarias para el correcto funcionamiento de acuerdo con las órdenes del que dirige la embarcación. No obstante, hay controladores universales en el mercado capaces de adaptarse a un cierto tipo de motor y baterías.

Generalmente este tipo de controladores están compuestos por componentes electrónicos de parámetros ajustables para la optimización personalizada de la velocidad, par y frenado. Además de tener sensores que medir la temperatura y velocidad de la embarcación, entre otros.

Para asegurar el correcto funcionamiento se eligen el cargador/inversor y el controlador de las baterías y motor eléctrico que viene de accesorios del motor eléctrico, cuyo control está basado en el ancho de pulso PWM (Bellmarine, 2016).

## 4.3. Sistema mecánico

La hélice traslada el movimiento giratorio del eje al agua. Para las embarcaciones de recreo marinas lo más habitual es que sean de acero inoxidable y tengan entre 3 y 4 palas. No obstante, en las embarcaciones tradicionales de la Albufera de València son de 2 palas para evitar que la vegetación acuática se enrolle en las palas y porque para 3 o más palas se produce el efecto de cavitación, lo cual es perjudicial para la integridad de las hélices. Por su parte, debido al funcionamiento



del motor asíncrono se disipa cierta energía (muy pequeña) en forma de calor, por lo que cada motor asíncrono requiere de un sistema de ventilación de aire o refrigeración con líquido.

Respecto a las hélices de la embarcación piloto se decide usar las que tradicionalmente han llevado este tipo de barcas (bipala de acero inoxidable) pues se han comprobado que funciona correctamente.



**Imagen 12.** Hélice de las embarcaciones tradicionales de la Albufera de València.

#### 4.4. Sistema de refrigeración

Es el conjunto de componentes que intervienen en el proceso de evacuación de calor del motor y controlador y cargadores, evitando temperaturas excesivamente elevadas. Puede utilizar como fluido refrigerante agua, o algún otro líquido refrigerante o aire.

Principalmente los circuitos de refrigeración líquidos simples están compuestos por un intercambiador de calor, por el cual circula líquido refrigerante, que estando en contacto con el motor y controlador, su temperatura aumenta y enfrían el motor y el controlador. Adicionalmente, el circuito de refrigeración debe incluir necesariamente una bomba de circulación que le da la suficiente presión para que el líquido refrigerante circule, además de una válvula de expansión o vaso de expansión.

Puede darse el caso que el motor y el controlador no sean resistentes al agua salada, por lo que si se usa agua para el circuito de refrigeración se debe optar por un circuito cerrado de refrigeración, en lugar de refrigerar usando agua externa.

En caso de usar un circuito de ventilación, principalmente está compuesto por ventiladores. Entra aire del exterior y sale el aire caliente del recinto por los orificios de entrada y salida, que se impulsa por los ventiladores.

Para el sistema de refrigeración se plantean las ventajas y desventajas de refrigeración por aire y refrigeración líquida (Habibi Khalaj & Halgamuge, 2017), las cuales se presentan a continuación:



**Refrigeración por aire:** son sistemas más sencillos pues de normal incorporan solamente un disipador de calor, para aumentar intercambio de calor aumentando la superficie de contacto del aire con los aparatos a refrigerar, y un ventilador. De esta manera se disipa calor por conducción por el disipador de calor y por convección por el aire.

Por otro lado, la transferencia de calor depende de las condiciones del exterior. Por lo que, si se usa la embarcación durante un tiempo prolongado en los días de mucho calor en los que se alcanzan temperaturas de más de 30º C de media puede ser más beneficioso un sistema de refrigeración por líquido. Por otro lado, la refrigeración por aire emite más ruido en comparación con la refrigeración líquida.

**Refrigeración líquida:** son sistemas más complejos pues normalmente incorporan bomba de circulación, vaso o válvula de expansión e intercambiador de calor, entre otros. Una de las principales ventajas es que ayuda a controlar mejor la temperatura en el motor y el controlador, dentro de sus rangos óptimos de temperatura (Andrei Blinov et al., 2011).

Una de sus desventajas son el mayor consumo energético, que al ser más complejos requiere más espacio para todos los componentes y una instalación más meticulosa si se quiere prevenir posibles fugas del líquido refrigerante que puedan dañar los componentes electrónicos y más mantenimiento del sistema.

Con todo ello, aunque ambos tipos de refrigeración son perfectamente aptos, dado que en verano en la temporada alta en la que más uso se hace de las embarcaciones y debido a que en València se alcanzan temperatura elevadas, se opta por el sistema de refrigeración líquida, que viene incluida en los accesorios del motor eléctrico.

Por otro lado, pese a que la Albufera mayoritariamente recibe aportaciones de agua dulce del río Júcar, entre otros, en ocasiones las compuertas situadas en la Gola de Pujol, del Perelló y del Perellonet se abren para controlar el nivel del lago. Por ello, el agua del lago es un poco salina. Respecto a ello, el ciclo de refrigeración necesariamente debe ser cerrado pues el motor y controlador no son resistentes al agua salada.

## 5. Sistema de propulsión eléctrico aplicado a la barca piloto del Palmar

Se va a implementar el sistema propuesto a una embarcación de 6,5 metros de eslora, se dimensionará para 6 horas de funcionamiento y se dará el uso descrito en la Tabla 1. Con estos datos se realizan los cálculos necesarios para dimensionar el motor eléctrico, las baterías y el proceso de carga mediante un balance de energía basado en la metodología del balance de fuerzas (Bejarano-Cáceres et al., 2020). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

**Tabla 3.** Resultados del dimensionamiento del sistema eléctrico.

Concepto	Resultado
Potencia media (kW)	1,49
Potencia máxima (kW)	7,46
Capacidad de baterías (kWh)	12,00

Con esta información se seleccionarán los componentes que se describirán en los siguientes puntos. Por su parte, la distribución de éstos en la embarcación también será similar habiendo una única diferencia. En la siguiente imagen se muestra la distribución habitual del motor y donde se sitúa el oficial de navegación que dirige la embarcación. Para facilitar la comunicación con los pasajeros el motor se situará en la parte trasera de la barca dejando sitio más adelante para el oficial de navegación. Los controles de velocidad se situarán en el lado de proa de la caseta del motor y la dirección de la embarcación se controlará con un timón más largo.



**Imagen 13.** Espacio donde se sitúa el motor y el oficial de navegación.

## 5.1. Sistema de propulsión sin PV

Se plantea la instalación de un motor eléctrico DriveMaster del fabricante Bellmarine (Bellmarine, 2021). A continuación, se describen los componentes que se han elegido para la barca piloto de la comunidad de pescadores:

- **Motor eléctrico:**

Se ha elegido el modelo DriveMaster 7W con refrigeración líquida, el cual se trata un motor de imanes permanentes trifásico de corriente alterna que da el rango de potencia requerido, y que se muestra en la siguiente imagen. Estos tipos de motores se caracterizan por tener una alta densidad de potencia, bajo coste de mantenimiento y potencia nominal en un amplio rango de velocidades.



**Imagen 14.** Motor eléctrico DriveMaster 7W.

El motor tiene las siguientes características principales:

**Tabla 4.** Características principales del motor eléctrico.

Características	DriveMaster 7W
Tensión nominal AC ( $V_{RMS}$ )	60
Corriente nominal (A)	85
Potencia nominal (kW)	5
Potencia máxima (kW)	7
Precio (€)	5.300,00

El controlador es el modelo AC-34 de DriveMaster, viene incluido en el precio del motor eléctrico, el cual se muestra en la siguiente imagen. Controla la transmisión de energía de las baterías al motor y lleva integrado un convertidor DC-DC y un inversor de control vectorial IP65.



Imagen 15. Controlador del motor eléctrico.

A continuación, se muestra un esquema del control del sistema:

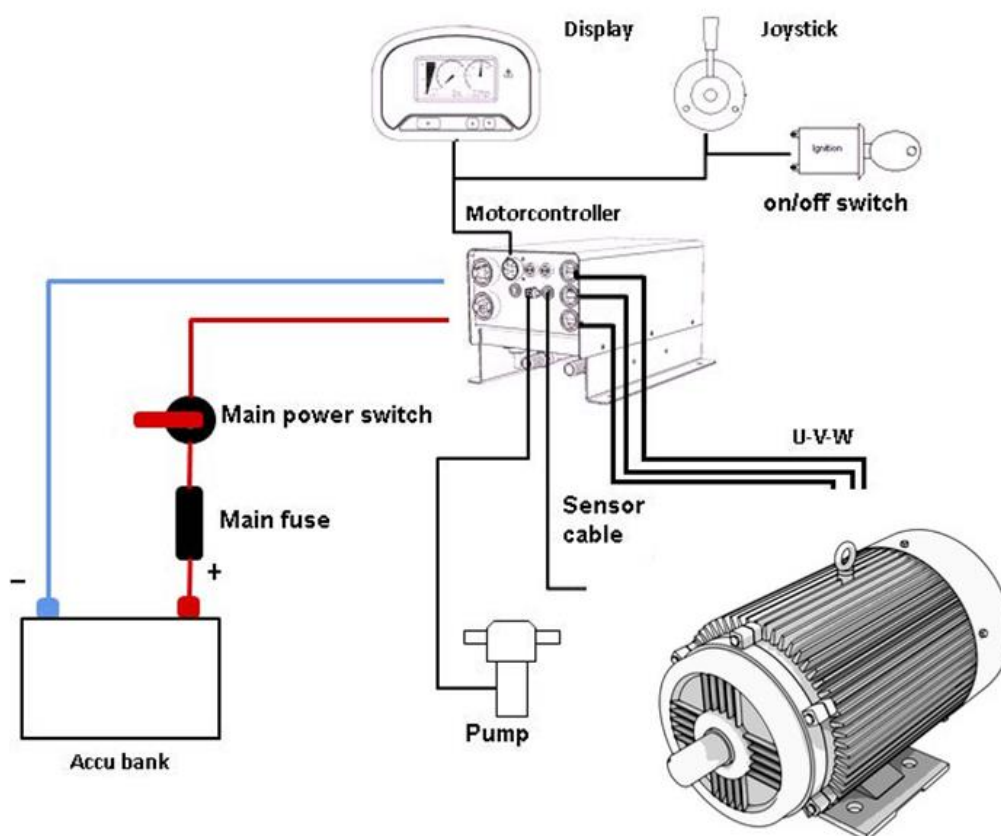


Imagen 16. Esquema del control del sistema. Fuente: (Bellmarine, 2016)

- Cargador de las baterías:

Se ha elegido el modelo Mastervolt Combi Ultra 48/3500-50 (230 V). Se trata de un inversor/cargador de baterías y un sistema de conmutación versátil robusto, ligero y compacto. En la siguiente imagen se muestra el cargador:



**Imagen 17.** Cargador de las baterías Mastervolt Combi Ultra.

Si se quiere cargar las baterías más rápido se pueden instalar dos cargadores, uno para cada bancada de baterías. Dado que se prevé un uso habitual sin llegar a ser a diario, se dispondrá de parte de la tarde y toda la noche para cargar las baterías (alrededor de 12h) y, por tanto, si están completamente descargadas teniendo en cuenta la potencia de carga de los cargadores (alrededor de 2,4 kW) las baterías se cargarían (24 kWh) en alrededor de 10h. Si las baterías se han descargado un 50% (descarga recomendada y habitual para un día de uso), el tiempo de recarga se reduciría a 5h.

En la siguiente tabla se recogen algunas características técnicas del inversor/cargador.

**Tabla 5.** Características técnicas del cargador elegido.

Mastervolt Combi Ultra 48/3500-50 (230 V)		
Especificaciones de inversor	Tensión de salida regulable (V)	180-260
	Tensión nominal de entrada (V)	48
	Potencia nominal (kW)	3,5
	Potencia máxima (kW)	7
Especificaciones de cargador	Tensión de entrada (V)	184-275
	Máxima corriente de entrada (A)	16
	Máxima corriente de carga (A)	50
	Tensión de salida regulable (V)	48
	Potencia máxima (kW)	2,85
	Precio (€)	1.402,00

Cabe resaltar que estos precios son de venta al público, en caso de ser distribuidores sería más barato.

**Baterías:**

Para las baterías se ha optado por baterías AGM serie Nautik 12V 250Ah del fabricante NDS, las cuales se muestran en la siguiente imagen. Su construcción con rejillas reforzadas, placas de aleación de plomo/calcio, separadores de lana de vidrio y la mezcla especial de material activo usado

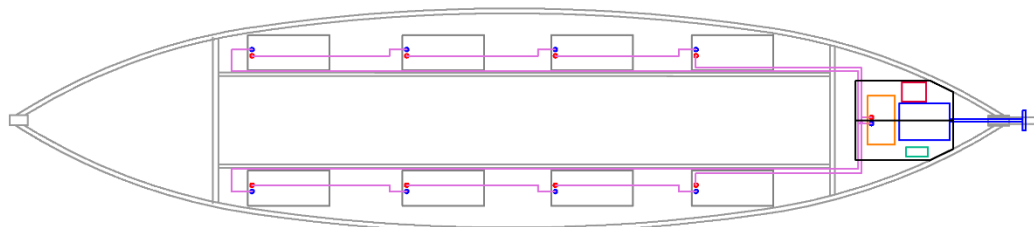
en su fabricación, permite obtener un rendimiento eléctrico óptimo muy alto. Lo que la hace apta tanto como batería de servicio como para funciones de arranque.



**Imagen 18.** Batería de AGM serie Nautik.

Se instalarán 4+4 baterías, es decir, 2 bancadas de 4 baterías cada una para trabajar a 48V cada bancada. En total se dispondrá de una capacidad de alrededor de 24 kWh. Como se ha mencionado, se necesitaría 12 kWh para las 6 horas de funcionamiento, pero como se quiere que no se descarguen más del 50% se instala el doble de capacidad, esto es 24 kWh.

En la siguiente imagen se muestra la distribución de las baterías en la embarcación. Como se puede ver cada bancada de baterías se instalan a cada lado de la embarcación para aprovechar el espacio disponible debajo de los asientos, para repartir el peso equitativamente y favorecer la estabilidad.



**Imagen 19.** Distribución del conjunto de las baterías en la embarcación.

Estas baterías tienen las siguientes características:

**Tabla 6.** Características de las baterías elegidas.

Modelo	Nautik 12V 250Ah	Bancada	Total
Número de baterías	1	4	8
Tensión (V)	12	48	48
Almacenamiento (Ah)	250	250	500
Capacidad (kWh, DoD 100%)	3	12	24
Capacidad (kWh, DoD 50%)	1,5	6	12

Ciclos de vida (DoD 50%)	700	700	700
Precio (€/ud)	685,30	2.741,20	5.482,40

Cabe resaltar que estos precios son de venta al público, en caso de ser distribuidores se podrían obtener a un menor coste.

- **Cableado:**

Como se puede ver en la imagen anterior la distribución de las baterías se necesitan aproximadamente 22 metros en cables para conectar en serie las baterías<sup>8</sup>. La corriente máxima de carga es de 50 A, la sección de cable debe ser de 10 mm<sup>2</sup>. No obstante, si en un futuro se quiere cargar con dos cargadores la corriente de carga sería el doble y se necesitarían conductores con secciones de 25 mm<sup>2</sup>.

Los cables elegidos son de cobre, con protección UV, están disponibles en Coelectrix, por ejemplo, y se venden por metros.

**Tabla 7.** Características del cableado de la embarcación.

Modelo	Precio (€)
1 cable DC, 25 mm <sup>2</sup> , 22 m	74,20
Precio total (€) (IVA incl.)	89,76

- **Sistema de refrigeración:**

Para el sistema de refrigeración se ha optado por el kit sugerido por el fabricante adaptado para la refrigeración del controlador y el motor. Se trata de un circuito de refrigeración cerrado (circuito amarillo). Es decir, se utiliza agua limpia para la refrigeración que circula por un circuito cerrado (flechas amarillas), y esta agua a su vez se enfría con agua del lago (flechas azules) (Bellmarine, 2021).

Como se puede ver en la siguiente imagen el sistema de refrigeración incluye: bomba de circulación, bomba de cebado automático, intercambiador de calor, 2 accesorios de casco, válvula de bola, colador de agua de bronce, manguera de 5 m, vaso de expansión, racores de manguera y abrazaderas de manguera de acero inoxidable.

<sup>8</sup> <https://coelectrix.com/diametro-del-cable-de-bateria>



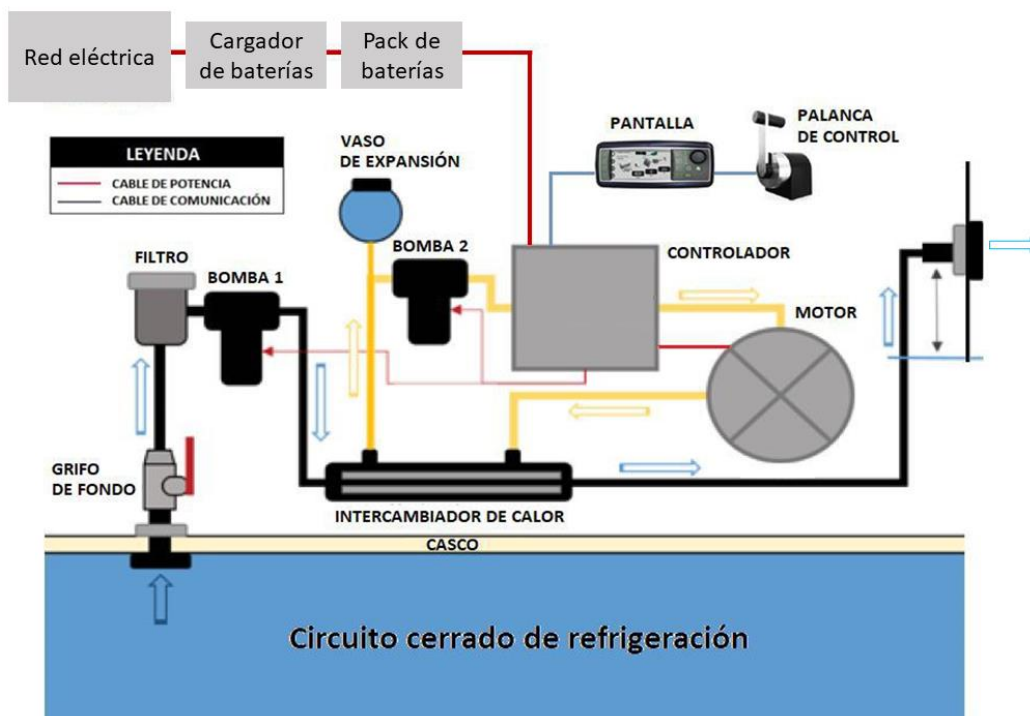


Imagen 20. Sistema de refrigeración del controlador y motor. Fuente: (Bellmarine, 2021)

El esquema eléctrico del sistema de propulsión propuesto se muestra en la siguiente imagen.

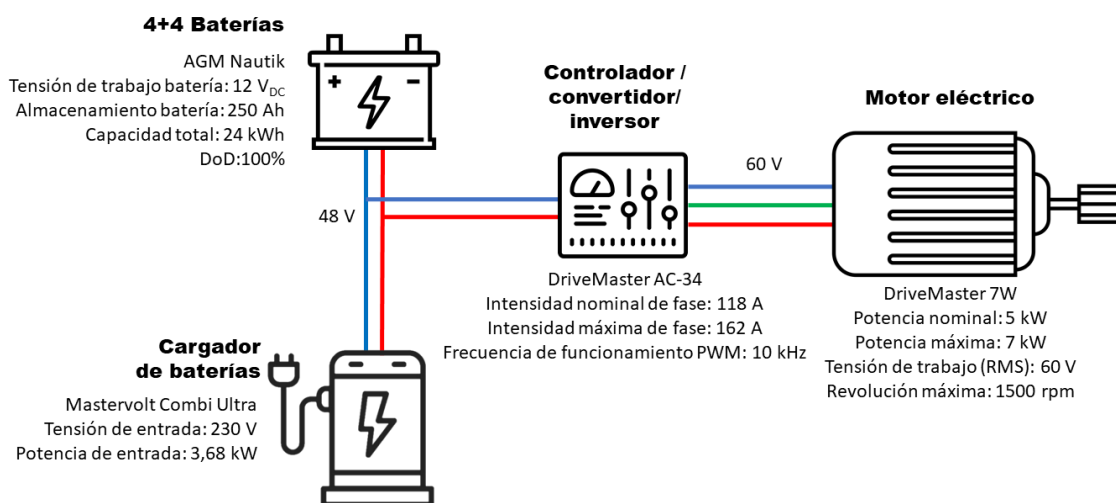


Imagen 21. Sistema de propulsión de la embarcación piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar.

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto de los componentes propuestos. Cabe resaltar que los precios que se muestran son de los fabricantes a todos los públicos, como si se un particular comprara cada componente por separado, los cuales serían inferiores en caso de que los adquiriera una empresa instaladora/distribuidora.

**Tabla 8.** Presupuesto del sistema de propulsión seleccionado sin PV.

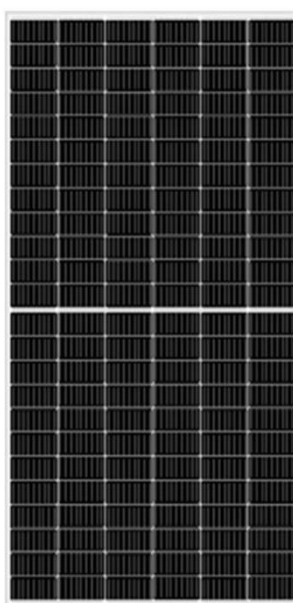
Concepto	Detalles	Cantidad (uds)	Coste (€/uds)	Total (€)
Motor DriveMaster 7W	Incluye: •Motor con soportes de montaje •Cojinete de empuje integrado •Controlador con convertidor DC-DC e inversor de control vectorial IP65 •Interruptor principal y fusible principal •Conexiones de líquido refrigerante de entrada y salida.	1	5.300,00	5.300,00
Intercambiador de calor 7 kW	Incluye: •Bomba •Manguera de 5m •Válvulas de seguridad •Elementos de acople para el casco	1	850,00	850,00
Control motor joystick	-	1	246,80	246,80
Batería AGM serie Nautik 12V 250Ah	-	8	685,30	5482,40
Cargador Mastervolt Combi Ultra 48/3500-50 (230 V)	-	1	3.280,00	3.280,00
Monitor de sistema	Pantalla de 4,3 pulgadas de alto contraste con control táctil capacitivo	1	335,00	335,00
Monitor de baterías Mastershunt 500 para fusibles ANL	-	2	300,00	600,00
Barra distribución 3 pernos y tapa 650 A	-	4	71,00	284,00
Conexiones entre baterías	Cable de 25 mm <sup>2</sup> , 22m	1	74,20	74,20
Instalación	-	1	800,00	800,00
<b>Total (PVP)</b>	<b>Base imponible</b>	<b>IVA</b>		<b>Importe total</b>
17.252,40	17.252,40	0,21	3.623,00	20.875,40

## 5.2. Sistema de propulsión con PV

Los componentes que se proponen para el sistema de propulsión con PV son los mismos descritos anteriormente, solo que se le añaden los paneles solares, las conexiones del sistema PV, el controlador de carga solar y su fusible. A continuación, se describen estos últimos dos componentes:

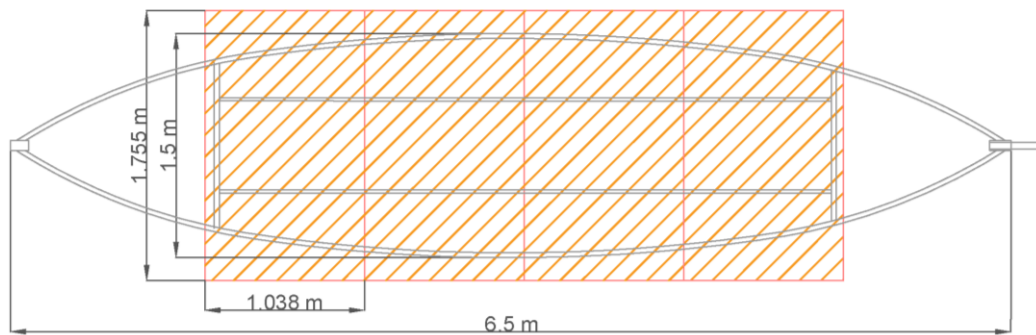
- **Panel solar:**

Se ha elegido el modelo JINERGY JNMM 120-370L (aunque sería viable con cualquier modelo), el cual se trata de un panel monocristalino de silicio de Red Solar. Esta gama de paneles es de las de más alto rendimiento y con unas dimensiones adecuadas para la superficie disponible, de manera que caben 4 paneles y que cumplirán además la función de toldo.



**Imagen 22.** Panel solar JINERGY JNMM 120-370L.

Se dispone de espacio suficiente en el toldo para poner 4 paneles solares y los paneles irían completamente horizontales. La instalación PV tendría finalmente una potencia pico de 1,48 kW. En la siguiente imagen se muestra el espacio disponible y la colocación de los paneles. Como se ha mencionado antes, los paneles cumplirían la función de hacer sombra y generar electricidad.



**Imagen 23.** Colocación de los paneles solares en la embarcación piloto.

Cada panel tiene las siguientes características:

**Tabla 9.** Características de los paneles solares elegidos.

Características	JINERGY JNMM 120-370L
Potencia pico (kW)	0,37
Dimensiones (m)	1755x1038
Eficiencia del Módulo (%)	20,3
Tensión de potencia máxima (V)	34,08
Corriente de potencia máxima (A)	10,86
Precio (€/ud)	144,33
Precios (€) (4 uds)	577,32

- **Regulador de carga solar:**

Se ha elegido el cargador solar AERL COOLMAX SR 60A 48V MPPT SRMVW de 3000W, pues es de la misma familia de los cargadores solares sugeridos para los distribuidores del motor eléctrico y de entre ellos es el modelo que mejor se adapta para las condiciones de la embarcación y el de menor coste comparado con los demás modelos compatibles de la serie SR. Se muestra en la siguiente imagen.



**Imagen 24.** Cargador solar AERL COOLMAX SR.

Se elige el modelo con capacidad de 3000 W de 48 V de SRMVW, que teniendo en cuenta la potencia de los paneles solares elegidos (0,37 kW), sería capaz de albergar hasta 8 paneles en total. Las características principales del cargador solar se muestran a continuación:

**Tabla 10.** Características del controlador elegido.

Características	AERL COOLMAX SR 60A 48V MPPT SRMVW
Voltaje nominal de batería (V)	48
Corriente de salida máxima (A)	60
Potencia fotovoltaica máxima (W)	3000
Precio (€)	928,00

- **Protecciones:**

Se han elegido el fusible ANL de 60A porque el controlador de carga solar es de 60A, con portafusibles adecuada para la náutica y pesca:

**Tabla 11.** Características del fusible elegido.

Modelo	Fusible y portafusible ANL de 60A
Corriente de corte (A)	60
Precio (€)	19,00

- **Cableado:**

Al coste de los cables de las conexiones de las baterías se les debe añadir las conexiones del sistema PV. Para ello se tiene en cuenta que por cada panel circulan una corriente máxima de 10,86 A, una caída de tensión máxima entre el panel y el controlador de carga del 3% y la tensión de trabajo del sistema fotovoltaico es de 48V.

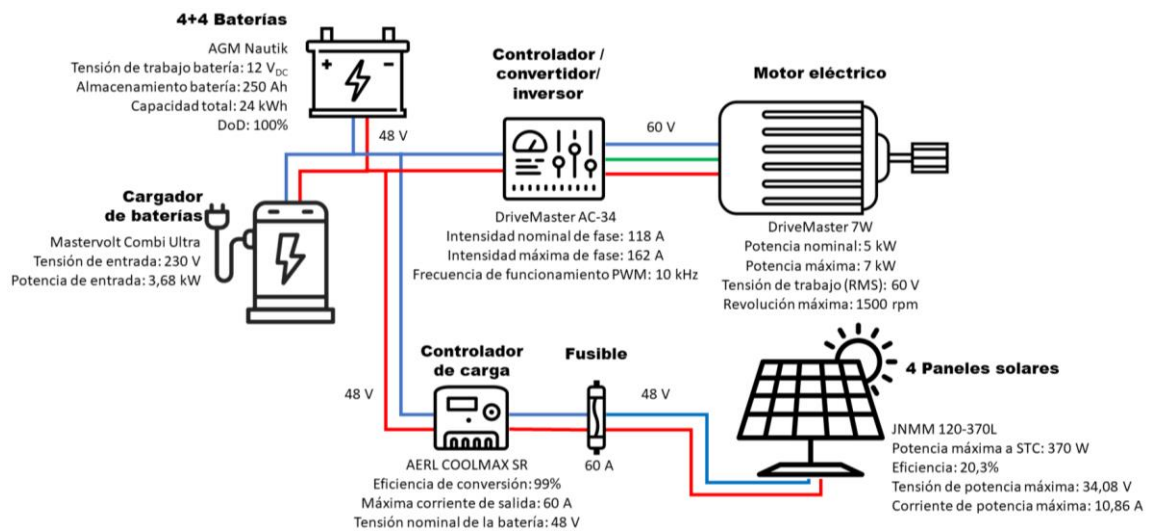
Tanto para la conexión entre panel-panel, panel-controlador de carga solar y controlador de carga solar-baterías se calcula que con un cable de sección

6 mm<sup>2</sup> sería suficiente. Por tanto, se elige comprar 6 metros de cable de cobre, con protección UV disponible en Technosun.

**Tabla 12.** Características del cableado de la embarcación y del sistema PV.

Características	Precio (€)
1 cable DC, 25 mm <sup>2</sup> , 22 m	74,20
1 cable sistema PV, 6 mm <sup>2</sup> , 6 m	9,72
Precio total (€) (PVP)	86,40
Precio total (€) (IVA incl.)	104,54

El esquema eléctrico del sistema de propulsión quedaría de la siguiente manera:



**Imagen 25.** Sistema de propulsión de la embarcación piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar con PV.

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto de los componentes propuestos. Cabe resaltar que los precios que se muestran son de los fabricantes a todos los públicos, como si se un particular comprara cada componente por separado, los cuales serían inferiores en caso de que los adquiriera una empresa instaladora/distribuidora.

**Tabla 13.** Presupuesto del sistema de propulsión seleccionado con PV.

Concepto	Detalles	Cantidad (uds)	Coste (€/uds)	Total (€)
Motor Drivemaster 7W	Incluye: •Motor con soportes de montaje •Cojinete de empuje integrado •Controlador con convertidor DC-DC e inversor de control vectorial IP65 •Interruptor principal y fusible principal •Conexiones de líquido refrigerante de entrada y salida.	1	5.300,00	5.300,00

Intercambiador de calor 7 kW	Incluye: • Bomba • Manguera de 5m • Válvulas de seguridad • Elementos de acople para el casco	1	850,00	850,00
Control motor joystick	-	1	246,80	246,80
Batería AGM serie Nautik 12V 250Ah	-	8	685,30	5482,40
Cargador Mastervolt Combi Ultra 48/3500-50 (230 V)	-	1	3.280,00	3.280,00
Monitor de sistema	Pantalla de 4,3 pulgadas de alto contraste con control táctil capacitivo	1	335,00	335,00
Monitor de baterías Mastershunt 500 para fusibles ANL	-	2	300,00	600,00
Fusible y portafusible ANL 60A	-	1	19,00	19,00
Barra distribución 3 pernos y tapa 650 A	-	4	71,00	284,00
Paneles solares JNMM120-370L	-	4	119,28	477,12
Inversor cargador solar AERL COOLMAX SR	-	1	766,94	766,94
Estructura 4 paneles solares	-	1	109,84	109,84
Conexiones de las baterías	Cable de 25 mm <sup>2</sup> , 22 m	1	74,20	74,20
Conexiones del sistema PV	Cable de 10 mm <sup>2</sup> , 6 m	1	9,72	9,72
Instalación	-	1	1100,00	1100,00
<b>Total (PVP)</b>	<b>Base imponible</b>		<b>IVA</b>	<b>Importe total</b>
18.935,02	18.935,02	0,21	3.976,35	22.911,38

### 5.3. Sistema de propulsión elegido

Habitualmente los trabajadores que se dedican a la pesca y/o a hacer paseos turísticos en la Albufera de València compaginan otros trabajos adicionales, como la agricultura. Teniéndolo en cuenta, a la hora de seleccionar una de las propuestas del sistema eléctrico para la transición energética de las embarcaciones el coste de la inversión inicial juega un papel importante pues los trabajadores que harán uso de ella no tienen un poder adquisitivo elevado.

Teniendo en cuenta que, como se verá en el Punto 6 de análisis económico, ambas alternativas tienen una viabilidad económica parecida y que la inversión inicial para el caso de que las baterías de la embarcación se carguen únicamente por conexión



a la red eléctrica es menor comparado con el otro caso, se opta por un sistema de propulsión sin sistema fotovoltaico.

#### 5.4. Recomendaciones de uso

Del sistema eléctrico, las baterías son los componentes más caros y con menor vida útil, representan el 50% del coste de la inversión inicial, teniendo en cuenta el coste las renovaciones de las baterías. A medida que se van usando su capacidad de almacenamiento se va reduciendo, por lo que es necesario renovarlas. Por ello es muy importante utilizarlas adecuadamente según las recomendaciones de los fabricantes y de esta forma alargar vida útil larga y con ello ahorrar dinero.

Uno de los aspectos más importantes para conservar las baterías son la manera en que se carga, pues un proceso de carga excesivamente rápido puede dañar las propiedades del material del que está hechas las baterías (Keyser et al., 2017). Es decir, dado que el tiempo de carga depende de la potencia de carga, y ésta depende de la tensión de trabajo y de la corriente de carga, es necesario usar un cargador de baterías avanzado para optimizar el ciclo de carga para evitar problemas de sobretensión y sobrecorriente.

Las baterías elegidas trabajan a 12 V nominales, que durante la carga la tensión debe ser ligeramente mayor de 12V (unos 14 V) pero conforme se van desgastando su tensión de trabajo disminuye de 12V, y se les debe cargar a una tensión ligeramente superior. Las baterías elegidas tienen 250 Ah, y para el caso de las AGM, la corriente de carga máxima no debe superar el 30% de la capacidad de la batería (en este caso, 75 A) para maximizar la vida útil (Mastervolt, 2021a). Además, el cargador de baterías avanzado se encarga de evitar problemas con la temperatura, los cuales disponiendo un sensor de temperatura permite ajustar la tensión de carga para mantener la temperatura de la batería el valor óptimo, ampliando su vida útil.

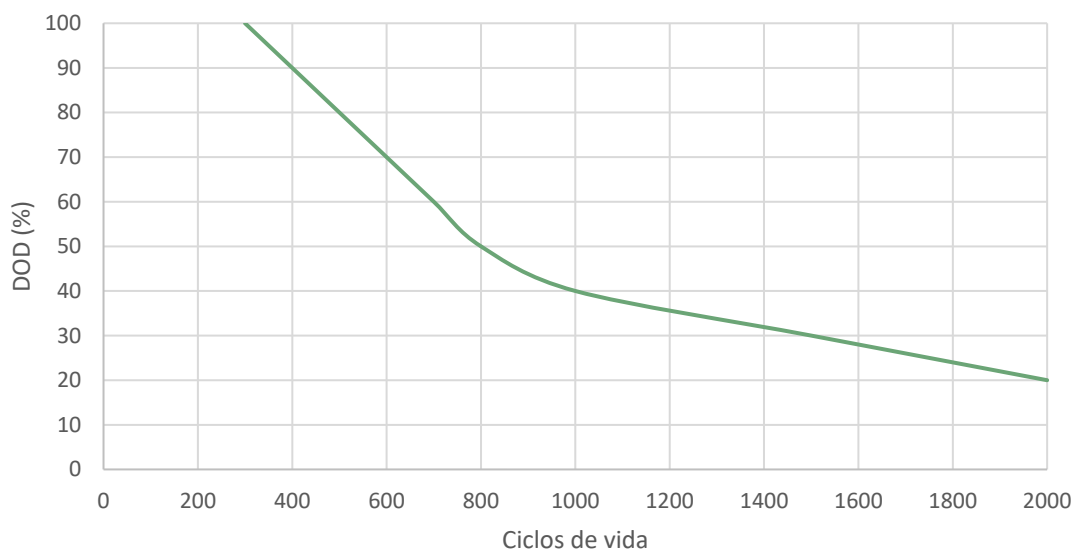
Por otro lado, el cargador de baterías avanzado se encarga de evitar problemas de sobrecarga, es decir, seguir cargando cuando la batería ya está cargada. Pues, en el caso de las baterías de plomo-ácido, la sobrecarga promueve la producción de oxígeno e hidrógeno (altamente explosivo), que con una chispa puede provocar la explosión de la batería (Henkel, 2021). En el caso de las AGM, aunque están libres de mantenimiento y están selladas y los gases se contienen en la batería, en caso de sobrecargas se puede dar el caso de que los gases generen la presión suficiente para abrir las válvulas de liberación de presión y ventilar los gases.

Por otro lado, aunque las baterías de AGM no necesitan mantenimiento una medida para el cuidado de la batería es asegurarse de que los bornes se encuentran en buen estado, ya que, si se aflojan u oxidan, podrían producir fallos eléctricos.

El otro aspecto importante de las baterías es el proceso de descarga de las baterías, pues el porcentaje que se descargue la batería (DoD, por sus siglas en inglés) cada vez que se use influye en el desgaste de esta y del deterioro de las propiedades de almacenamiento de los materiales que lo componen (Drouilhet & Johnson, 1997). A mayor porcentaje de descarga (DoD) provocará más desprendimientos al fondo de la batería de materia activa por estrés mecánico, lo



que puede debilitar su eficiencia de carga y descarga de forma significativa. No es recomendable descargar las baterías a más del 50% de su capacidad. En la siguiente gráfica se muestra la influencia típica del DoD en los ciclos de vida útil de las baterías de AGM (Trojan, 2021).



**Imagen 26.** Influencia del DoD sobre los ciclos de vida útil de las baterías AGM.

Por otra parte, dependiendo de cómo se haga uso de la embarcación (número de personas a bordo, velocidad de navegación, horas navegación, etc.) se exigirá más o menos al motor y este demandará más energía de las baterías.

Por un lado, a mayor cantidad de personas a bordo mayor peso hay en la embarcación y más par al acelerar y potencia para mantener la velocidad de navegación tiene que dar el motor. Por lo que, más rápido se descargarán las baterías. No obstante, a mayor cantidad de personas a bordo las baterías no se descargarán considerablemente más rápido, si no ligeramente. Pues la embarcación pesa más que las personas que pudieran estar a bordo y, en la metodología de cálculo del balance de fuerzas, la potencia del motor depende linealmente del peso total en la embarcación (Bejarano-Cáceres et al., 2020). También hay que tener en cuenta que la embarcación se ha diseñado para la capacidad máxima (12 personas a bordo) por lo que si no suben muchas más personas a bordo las baterías no se descargarán más de lo previsto.

De la misma manera, a mayor velocidad de navegación más potencia tendrá que dar el motor eléctrico y más rápido se descargarán las baterías. La influencia de la velocidad en la potencia del motor es cuadrática por lo que la descarga de las baterías dependerá considerablemente de la velocidad de navegación. La monitorización de vehículos similares ha mostrado que a velocidades mayores que las habituales las baterías se descargan mucho más rápido.

Lo ideal para la descarga de las baterías es que la embarcación mantenga constante la velocidad de navegación. Con todo ello, se recomienda mantener una velocidad constante de navegación de 7 km/h (unos 3,8 nudos), que es precisamente la velocidad habitual de navegación de las embarcaciones de paseo turístico y que es ligeramente inferior a la máxima permitida en el lago (4 nudos).



Albufera

Mantener la velocidad de navegación constante puede resultar difícil cuando hay viento y hay oleaje pues el motor tendrá que entregar más potencia. Es decir, a mayor viento mayor oleaje y más potencia tiene que dar la embarcación y más rápido se descargarán las baterías. Su influencia es considerable pues la potencia del motor depende cuadráticamente de la velocidad relativa del viento sobre la embarcación.

Por último, a mayor descarga de uso más se descargarán las baterías. Dado que la embarcación se diseña para un uso de 6 horas, se recomienda que no se superen las 6 horas de uso para no tener DoDs mayores del 50% y así como mínimo las baterías durarán lo previsto, unos 700 ciclos de carga/descarga, según la ficha técnica de la batería. Sin embargo, como se entiende que no todos los días se utilizará la embarcación en las condiciones de diseño más desfavorables (6 horas y 12 personas), se entiende que la vida útil de las mismas podrá ser superior a los 700 ciclos.

No obstante, hay que tener en cuenta que las baterías se desgastan y pierden capacidad de almacenamiento conforme se usan, por lo que el tiempo de uso también debe disminuir para no tener DODs mayores del 50%. Parámetros como el porcentaje de carga de las baterías y las horas aproximadas de funcionamiento restantes se verán reflejados en el monitor del sistema para que el oficial de navegación lo tenga en cuenta.

Con todo ello, en la siguiente tabla se resumen las recomendaciones de uso de la embarcación:

**Tabla 14.** Recomendaciones de uso de la embarcación propuesta.

<b>RECOMENDACIONES DE USO DE LA EMBARCACIÓN ELÉCTRICA PROPUESTA</b>
1. Usar cargadores de baterías avanzados que controlen todo el proceso de carga.
2. No descargar las baterías más del 50% (para baterías de AGM).
3. Mantener una velocidad de navegación constante inferior a la máxima permitida (4 nudos)
4. No superar las 6 horas de uso para la que la embarcación está diseñada.

## 6. Análisis económico

Esta sección presenta el análisis de viabilidad económica para saber los costes y beneficios desde una perspectiva económica a la hora de llevar a cabo el proyecto. El proceso que habitualmente se sigue consiste en el análisis de los costes y ahorros para el cálculo de una serie de indicadores económicos. Indicadores como el tiempo de retorno (“Payback”), el valor actual neto (VAN), la tasa interna de rentabilidad (TIR) y el flujo de caja, con los que se pretende obtener resultados del proyecto.

Por tanto, en este apartado se van a describir la estructura de costes, el proceso de cálculo de la viabilidad económica y los resultados de los principales indicadores económicos de ambas propuestas del sistema de propulsión.

### 6.1. Estructura de costes

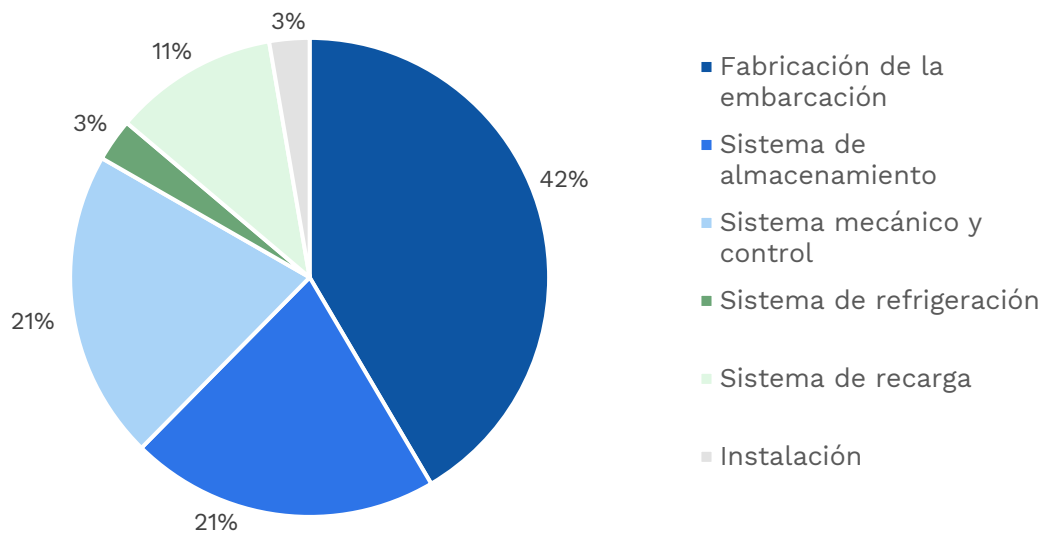
Anteriormente en la Tabla 8 se ha mostrado el presupuesto del sistema de propulsión sin PV propuesto. En la siguiente tabla se desglosan los costes en los diferentes sistemas descritos de la embarcación y el coste de fabricación basados en costes de los equipos vendidos a nivel usuario. Estos costes podrían ser inferiores en caso de que fueran adquiridos por empresas distribuidoras y mayores.

**Tabla 15.** Presupuesto de la embarcación por bloque del sistema de propulsión sin PV propuesto.

Sistema	Detalles	Coste (€)
Fabricación de la embarcación	Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura de madera</li> <li>- Tratamiento de la superficie</li> </ul>	12.250,00
Sistema de almacenamiento	Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baterías</li> <li>- Monitores de baterías</li> <li>- Cableado de baterías</li> </ul>	6.156,60
Sistema mecánico y control	Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Motor eléctrico</li> <li>- Controlador/convertido/inversor</li> <li>- Acelerador</li> <li>- Monitor de sistema</li> <li>- Barra de distribución</li> </ul>	6.165,80
Sistema de refrigeración	Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intercambiador de calor</li> <li>- 2 Bombas de circulación</li> <li>- Vaso de expansión</li> <li>- Manguera y complementos</li> <li>- Colador de agua de bronce</li> <li>- Válvula de bola</li> </ul>	850,00
Sistema de recarga	Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cargador de baterías portátil</li> </ul>	3.280,00
Instalación	Mano de obra	800,00

	<b>Total (PVP)</b>	<b>29.502,40</b>
	<b>Importe total (+ IVA)</b>	<b>35.697,90</b>

A modo ilustrativo en el siguiente diagrama se muestra el porcentaje que representan cada sistema respecto al coste total. Cabe destacar que los costes principales corresponden a la fabricación de la embarcación con un 42% y al sistema mecánico y control y almacenamiento, que en conjunto también representan un 42% del total.



**Imagen 27.** Representación del coste de cada bloque del sistema de propulsión sin PV.

De igual manera, en la Tabla 13 se ha mostrado el presupuesto del sistema de propulsión con PV propuesto. Por lo que, en la siguiente tabla se desglosan los costes en los diferentes sistemas descritos de la embarcación y el coste de la fabricación.

**Tabla 16.** Presupuesto de la embarcación por bloque del sistema de propulsión con PV propuesto.

Sistema	Detalles	Coste (€)
Fabricación de la embarcación	Incluye: - Estructura de madera - Tratamiento de la superficie	12.250,00
Sistema de almacenamiento	Incluye: - Baterías - Monitores de baterías - Cableado de baterías	6.156,60
Sistema mecánico y control	Incluye: - Motor eléctrico - Controlador/convertido/inversor - Acelerador - Monitor de sistema - Barra de distribución	6.184,80
Sistema de refrigeración	Incluye:	850,00

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intercambiador de calor</li> <li>- 2 Bombas de circulación</li> <li>- Vaso de expansión</li> <li>- Manguera y complementos</li> <li>- Colador de agua de bronce</li> <li>- Válvula de bola</li> </ul>	
Sistema de recarga	Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cargador de baterías portátil</li> </ul>	3.280,00
Sistema PV	Incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Paneles solares</li> <li>- Cargador solar</li> <li>- Estructura de los paneles</li> <li>- Fusible y portafusibles</li> <li>- Cableado</li> </ul>	1.363,63
Instalación	Mano de obra	1.100,00
	Total (PVP)	31.187,03
	Importe total (+ IVA)	37.733,88

A modo representativo en el siguiente diagrama se muestra el porcentaje que representan cada sistema respecto al coste total. Los costes principales corresponden al de fabricación de la embarcación con un 39% y al sistema mecánico y control y almacenamiento, que en este caso representan un 40% del total. El sistema PV por su parte representa el 4% de la inversión inicial.

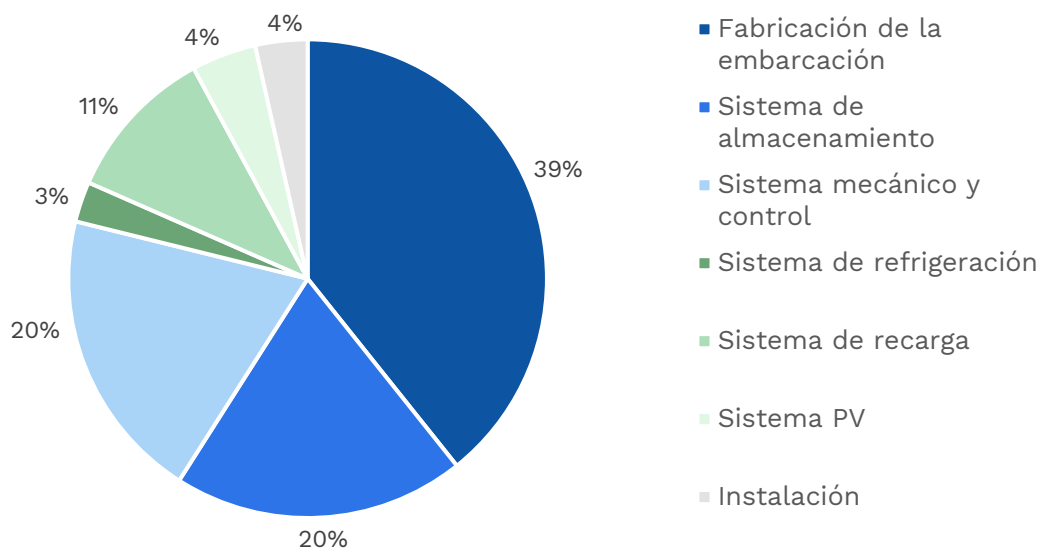


Imagen 28. Representación del coste de cada bloque del sistema de propulsión con PV.

## 6.2. Análisis de los costes de operación

En este apartado se explicarán los costes de operación que repercuten en el ahorro y los resultados del análisis de viabilidad económica. Costes tales como el coste



de la renovación periódica de las baterías, los costes en mantenimiento, los costes en consumo de gasoil y consumo de electricidad, etc. Los cuales se describen a continuación:

### 6.2.1. Renovación de las baterías

La renovación de baterías es el gasto principal durante la vida útil de la embarcación.

En primer lugar, el sistema de almacenamiento se ha diseñado para 6 horas de funcionamiento, de manera que no se superen DODs del 50%. No obstante, como se ha mencionado previamente, se prevé un uso habitual de la embarcación sin que llegue a ser diario. Se estima que la embarcación se use de lunes a viernes, que es cuando la Comunidad de Pescadores está abierta, y 3,5 horas de media cada día, de las 6 horas que es capaz de dar. Con 3,5 horas de funcionamiento las baterías se descargarían un 30% de media. Es decir, al año se estima que se gasten de lunes a viernes, alrededor de 260 días, y con descargas medias del 30%.

Para descargas medias del 30% se estima una vida útil de las baterías de alrededor de 1400-1500 ciclos, como se puede ver en la Imagen 30. Por lo que, se estima que las baterías se deben renovar cada 5 años durante los próximos 20 años de vida útil del sistema de propulsión. Para ello hay que tener en cuenta que el precio de las baterías históricamente ha ido variando mucho. de AGM se ha ido reduciendo mucho en los años anteriores.

En 2010 el precio de las baterías de AGM estaba 2.000 €/kWh, y en 2020 han pasado a costar 200 €/kWh. Ello se debe, entre otras cosas, al impulso de los coches eléctricos, para los cuales se necesitan baterías con una densidad energética elevada. Es decir, baterías con mayor capacidad de almacenamiento y a la vez que más pequeñas y ligeras. Por lo que, debido a la mayor competencia entre los fabricantes y a las economías de escalas se han podido abaratar costes.

Respecto a la evolución prevista de las baterías de AGM BloombergNEF, que es una organización independiente de profesionales de la energía que ofrecen datos y análisis del mercado de la energético, se prevé que en 2030 el precio de las baterías siga bajando hasta 70-80 €/kWh. Sin embargo, para el año 2040 no hay una estimación del precio, por lo que siendo conservadores se considerará que el precio se mantiene en 70 €/kWh.

A modo de resumen, en la siguiente gráfica se muestra la evolución histórica de los precios de las baterías de AGM y las previsiones:

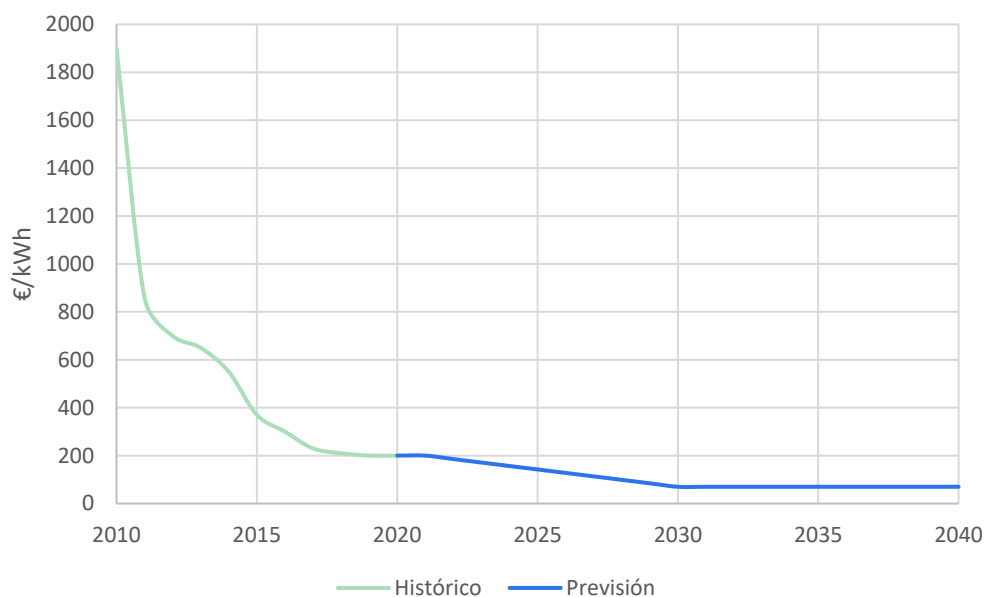


Imagen 29. Evolución de los precios de las baterías AGM. Fuente: BloombergNEF<sup>9</sup>.

De la siguiente gráfica se puede estimar el costo de renovación del conjunto de baterías (24 kWh totales). En la siguiente tabla se muestran dichos costes cada dos años de las baterías de AGM:

Tabla 17. Coste previsto de renovación de baterías.

Año	Coste (€/kWh)	Coste (€)
2026	127,78	3.066,67
2031	70,00	1.680,00
2036	70,00	1.680,00
	<b>Total</b>	<b>6.426,67</b>

### 6.2.2. Mantenimiento

El mantenimiento es el gasto en reparaciones de piezas del motor y sistema de propulsión. Para el gasto en mantenimiento de los motores actuales se ha preguntado a los trabajadores que realizan paseos turísticos, los cuales han manifestado que de media se gastan alrededor de 100 € al año, teniendo en cuenta que en un año se puede gastar más o menos dependiendo de los daños y necesidades de recambio o reparación de las diferentes piezas.

Para el gasto en mantenimiento de los motores eléctricos se tienen en cuenta que los costes de mantenimiento habituales de los vehículos eléctricos son alrededor del 50% del gasto en mantenimiento en comparación con los vehículos de combustión, teniendo en cuenta que se aprovechará para hacer mantenimiento del resto de embarcaciones eléctricas que se irán construyendo (U.S. Department of energy, 2021). Por ello, se considera un coste de mantenimiento de 50 € al año. Lo que supone un ahorro de 50 € anuales en mantenimiento.

<sup>9</sup> <https://about.bnef.com/>



Albufera

Por otro lado, el mantenimiento del sistema PV costaría alrededor de 50€ anuales<sup>10</sup>, teniendo en cuenta que se aprovecharía para hacer el mantenimiento al resto de embarcaciones con sistema PV.

### 6.2.3. Renovación del motor térmico

Gasto asociado a las renovaciones de los motores térmicos actuales. Se consultaron con los propietarios de diferentes embarcaciones que comunicaron que los motores se suelen cambiar cada 10 años y que de media supone un gasto de alrededor de 1.700€. Es decir, cada 10 años se ahorra 1.700€. Por ello, se considera que cada 10 años se deja de gastar 3.400€ (1.700x2) en renovaciones de los motores actuales.

### 6.2.4. Ahorro en el consumo energético

Es el gasto asociado al consumo de diésel y electricidad. Respecto al consumo en gasoil de la embarcación se estima de 3,13 litros por las 3,5 horas de funcionamiento. Teniendo en cuenta la variación histórica del precio del gasoil se considera un precio medio de 1,15 €/litro<sup>11</sup>.

Respecto al consumo de la electricidad, se estima un consumo de 6,8 kWh en las 3,5 horas de funcionamiento previstas. Teniendo en cuenta también la variación histórica del precio del kWh eléctrico en tarifa PVPC, se considera un coste conservador de 0,12 €/kWh<sup>12</sup> en periodo valle, ya que se cargarán por la noche.

Como se ha descrito anteriormente, se estima que se hará uso de la embarcación de lunes a viernes, que son los días en los que la Comunidad de Pescadores de El Palmar está abierto. Lo que corresponde a un uso medio anual de la embarcación de 260 días.

Respecto a los ahorros en emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente se tiene en cuenta el factor de emisión del gasoil es de 2,493 kg CO<sub>2</sub>/l<sup>13</sup>, mientras que el factor de emisión de la energía eléctrica en España es 1,510<sup>-4</sup> t CO<sub>2</sub>/kWh<sup>14</sup>.

Con todo ello, en la siguiente tabla se muestran los ahorros del sistema de propulsión sin PV propuesto. Anualmente se ahorran 721,83 €.

---

<sup>10</sup> <https://www.habitissimo.es/presupuestos/hacer-mantenimiento-placas-solares>

<sup>11</sup> Precio conservador medio del gasóleo histórico. <https://www.cetm.es/evolucion-precios-gasoleo/>

<sup>12</sup> Precio conservador medio de la electricidad en tarifas PVPC en las horas valle. <https://www.esios.ree.es/es/pvpc?date=18-06-2021>

<sup>13</sup> Factor de emisión medio anual del gasóleo. [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoremission\\_tcm30-479095.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoremission_tcm30-479095.pdf)

<sup>14</sup> Factor de emisión medio anual de los últimos 5 años del mix energético español. <https://www.ree.es/es/datos/generacion/no-renovables-detalle-emisiones-CO2>



**Tabla 18.** Ahorro económico y en emisiones para el sistema de propulsión sin PV.

Mes	Nº de días de uso	Ahorro emisiones (tCO <sub>2</sub> )	Ahorro económico (€)
En-	22	0,15	61,08
Feb-	20	0,13	55,53
Mar-	22	0,15	61,08
Ab-	21	0,14	58,30
Ma-	22	0,15	61,08
Jun-	22	0,15	61,08
Jul-	22	0,15	61,08
Ag-	22	0,15	61,08
Sep-	22	0,15	61,08
Oct-	22	0,15	61,08
Nov-	21	0,14	58,30
Dic-	22	0,15	61,08
<b>TOTAL</b>	<b>260</b>	<b>1,73</b>	<b>721,83</b>

Análogamente, en la siguiente tabla se muestran los ahorros del sistema de propulsión propuesto con PV. La generación PV se calcula teniendo en cuenta que los paneles están completamente horizontales. Anualmente se ahorran 828,66 € y se consigue suplir el 50,27% de la energía demandada con energía PV.

**Tabla 19.** Ahorro económico y en emisiones para el sistema de propulsión con PV.

Mes	Nº de días de uso	Ahorro emisiones (tCO <sub>2</sub> )	Ahorro económico (€)
En-	22	0,15	65,86
Feb-	20	0,14	61,21
Mar-	22	0,16	69,78
Ab-	21	0,15	68,73
Ma-	22	0,16	73,42
Jun-	22	0,16	74,75
Jul-	22	0,16	74,66
Ag-	22	0,16	73,12
Sep-	22	0,16	70,73
Oct-	22	0,16	68,00
Nov-	21	0,15	63,10
Dic-	22	0,15	65,32
<b>TOTAL</b>	<b>260,00</b>	<b>1,86</b>	<b>828,66</b>

En las siguientes tablas se muestran un resumen de los gastos, ahorros e inversión inicial para el sistema de propulsión propuesto con y sin PV:

**Tabla 20.** Gastos, ahorros e inversión inicial del sistema de propulsión propuesto sin PV.

Concepto	Periodicidad	Cantidad (€)
Inversión inicial	Únicamente en el año 0	-20.875,40
Ahorro por consumo	Anual	721,83
Ahorro por mantenimiento	Anual	50,00
Ahorro por cambio de motor	En 2 ocasiones, cada 10 años	1.700,00
Gasto en renovación de baterías	En 3 ocasiones, cada 5 años	-3.066,67/-1.680,00/- 1.680,00

**Tabla 21.** Gastos, ahorros e inversión inicial del sistema de propulsión propuesto con PV.

Concepto	Periodicidad	Cantidad (€)
Inversión inicial	Únicamente en el año 0	-22.911,38
Ahorro por consumo	Anual	828,66
Ahorro por mantenimiento	Anual	0,00
Ahorro por cambio de motor	En 2 ocasiones, cada 10 años	1.700,00
Gasto en renovación de baterías	En 3 ocasiones, cada 5 años	-3.066,67/-1.680,00/- 1.680,00

### 6.3. Principales indicadores económicos

Los principales indicadores (Ossandón, 1994) que se van a calcular son el PAYBACK, el VAN, TIR y el flujo de caja para el sistema de propulsión propuesto con y sin PV.

Una forma de evaluar la viabilidad económica es mediante un flujo de caja, que consiste en ver cada año cuanto se está gastando y cuanto se está ahorrando, de manera que se pueda ver a lo largo de los años si se llega a recuperar la inversión. Con el flujo de caja se puede evaluar el PAYBACK, que establece el tiempo en el que se recupera la inversión inicial. Descrito de otra manera, es el tiempo donde los rendimientos acumulados se igualan al valor de la inversión. Cuanto menor es el PAYBACK más interesante es la inversión.

El VAN consiste en calcular los valores actuales de todos los costes de capital y de los ahorros netos (antes de depreciación) que se generarán a lo largo de la vida del proyecto. Que el VAN sea positivo el proyecto quiere decir que se han alcanzado y superado las expectativas y, por tanto, se acepta el proyecto. Que el VAN resulte negativo quiere decir que o bien no se obtienen beneficios o no se han llegado a colmar las expectativas de beneficio del proyecto. Si se están comparando varios proyectos prevalecerá el de mayor VAN.

Respecto a la TIR, es la tasa de descuento que hace nulo el VAN de una inversión, no depende del mercado financiero y se podría interpretar como el rendimiento del dinero que se ha mantenido en el proyecto. No obstante, hay que destacar que para tomar una decisión no se debe mirar solamente a la TIR porque es posible

que, por ejemplo, un proyecto de una TIR del 37 % y unas ganancias de 15.000 € mientras que otro tenga una TIR del 34 % y unas ganancias de 20.000 €.

### 6.3.1. Flujo de caja y PAYBACK

Con los datos de la Tabla 20 en la siguiente tabla se muestra el flujo de caja en los 20 años de vida útil de la embarcación:

Tabla 22. Flujo de caja del sistema de propulsión sin PV propuesto.

Año	Año de inversión	Ahorro (€)	Gasto (€)	Total (€)	Flujo de caja neto acumulado (€)
2021	0	1.700,00	20.875,40	-19.175,40	-19.175,40
2022	1	721,83	0,00	721,83	-18.453,58
2023	2	721,83	0,00	721,83	-17.731,75
2024	3	721,83	0,00	721,83	-17.009,93
2025	4	721,83	0,00	721,83	-16.288,10
2026	5	721,83	3.066,67	-2.344,84	-18.632,95
2027	6	721,83	0,00	721,83	-17.911,12
2028	7	721,83	0,00	721,83	-17.189,30
2029	8	721,83	0,00	721,83	-16.467,47
2030	9	721,83	0,00	721,83	-15.745,65
2031	10	2.421,83	1.680,00	741,83	-15.003,82
2032	11	721,83	0,00	721,83	-14.282,00
2033	12	721,83	0,00	721,83	-13.560,17
2034	13	721,83	0,00	721,83	-12.838,35
2035	14	721,83	0,00	721,83	-12.116,52
2036	15	721,83	1.680,00	-958,17	-13.074,70
2037	16	721,83	0,00	721,83	-12.352,87
2038	17	721,83	0,00	721,83	-11.631,05
2039	18	721,83	0,00	721,83	-10.909,22
2040	19	721,83	0,00	721,83	-10.187,40
2041	20	721,83	0,00	721,83	-9.465,57

A modo representativo, en la siguiente imagen se muestra el flujo de caja del sistema de propulsión sin PV. Como se puede ver no se llega a recuperar la inversión inicial, quedándose al final de la inversión a -9.465,57€.

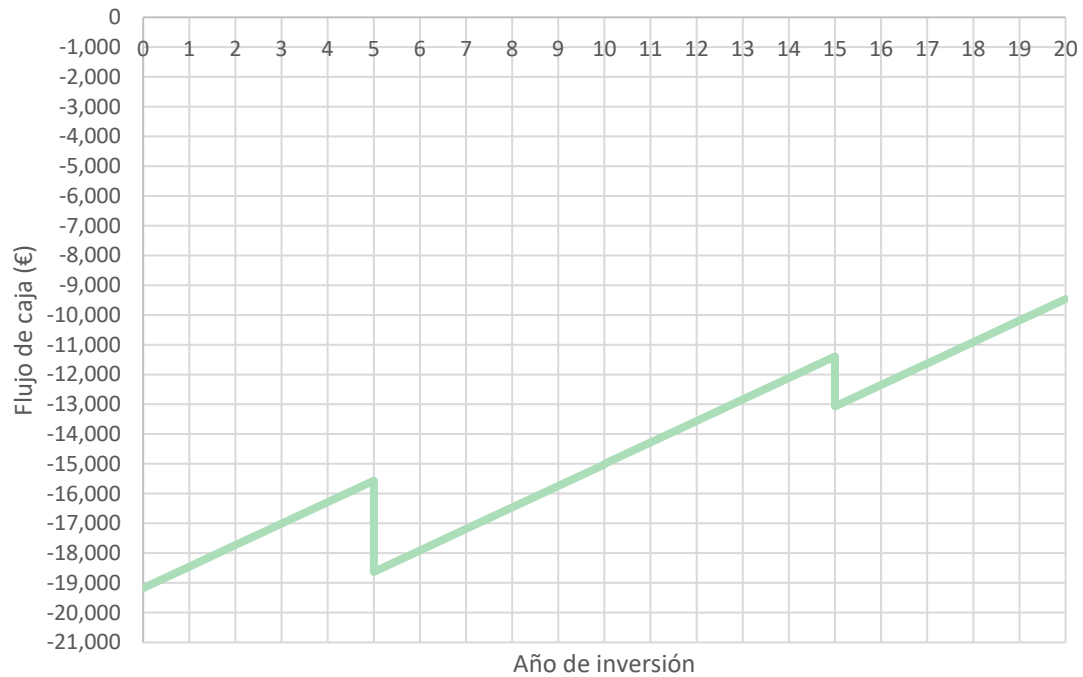


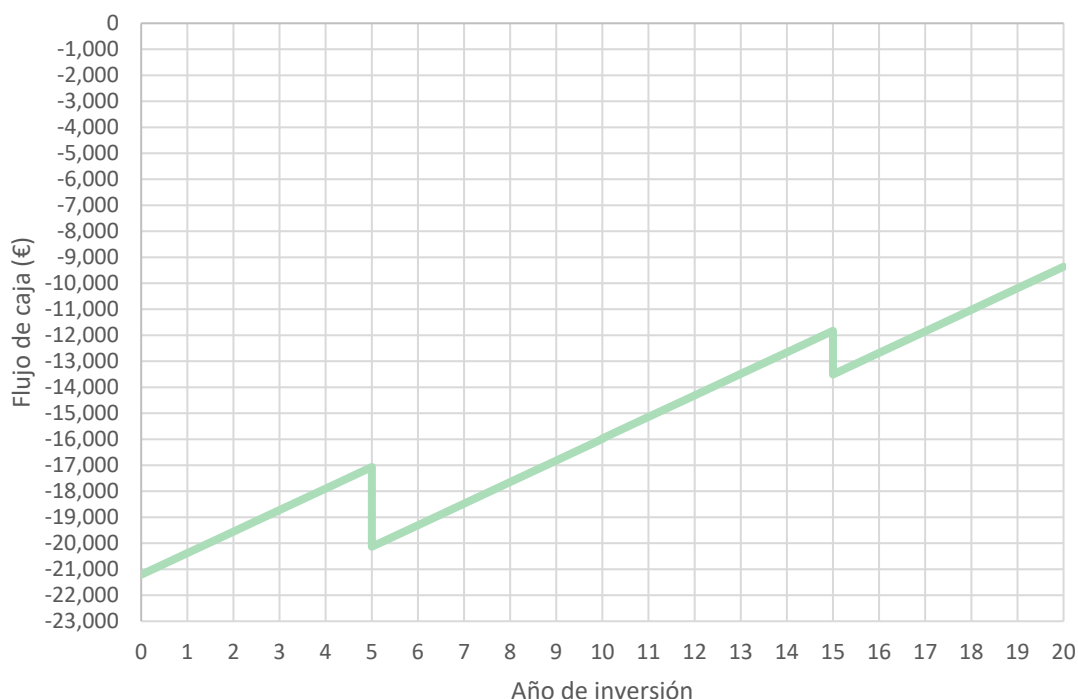
Imagen 30. Evolución de los flujos de caja netos acumulados a lo largo de la inversión sin PV.

De igual manera con los datos de la Tabla 21 en la siguiente tabla se muestra el flujo de caja en los 20 años de vida útil de la embarcación:

Tabla 23. Flujo de caja del sistema de propulsión con PV propuesto.

Año	Año de inversión	Ahorro (€)	Gasto (€)	Total (€)	Flujo de caja neto acumulado (€)
2021	0	1.700,00	22.911,38	-21.211,38	-21.211,38
2022	1	828,66	0,00	828,66	-20.382,72
2023	2	828,66	0,00	828,66	-19.554,06
2024	3	828,66	0,00	828,66	-18.725,39
2025	4	828,66	0,00	828,66	-17.896,73
2026	5	828,66	-3.066,67	-2.238,01	-20.134,73
2027	6	828,66	0,00	828,66	-19.306,07
2028	7	828,66	0,00	828,66	-18.477,41
2029	8	828,66	0,00	828,66	-17.648,74
2030	9	828,66	0,00	828,66	-16.820,08
2031	10	2528,66	-1.680,00	848,66	-15.971,42
2032	11	828,66	0,00	828,66	-15.142,75
2033	12	828,66	0,00	828,66	-14.314,09
2034	13	828,66	0,00	828,66	-13.485,43
2035	14	828,66	0,00	828,66	-12.656,76
2036	15	828,66	-1.680,00	-851,34	-13.508,10
2037	16	828,66	0,00	828,66	-12.679,44
2038	17	828,66	0,00	828,66	-11.850,77
2039	18	828,66	0,00	828,66	-11.022,11
2040	19	828,66	0,00	828,66	-10.193,44
2041	20	828,66	0,00	828,66	-9.364,78

A modo representativo, en la siguiente imagen se muestra el flujo de caja del sistema de propulsión con PV. Como se puede ver no se llega a recuperar la inversión inicial, quedándose al final de la inversión a -9.364,78 € (ligeramente mejor que cuando no hay PV).



**Imagen 31.** Evolución de los flujos de caja netos acumulados a lo largo de la inversión con PV.

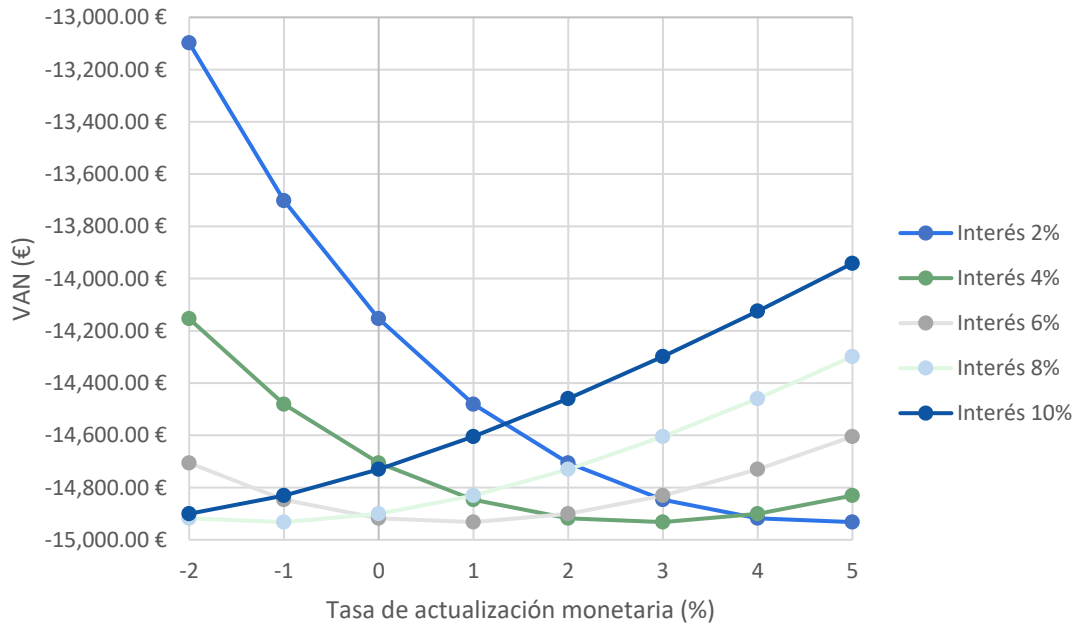
De los resultados anteriores se aprecia que en ningún caso se recupera la inversión inicial, por lo que no hay PAYBACK. La inversión con PV es ligeramente mejor que el sistema sin PV.

### 6.3.2. VAN

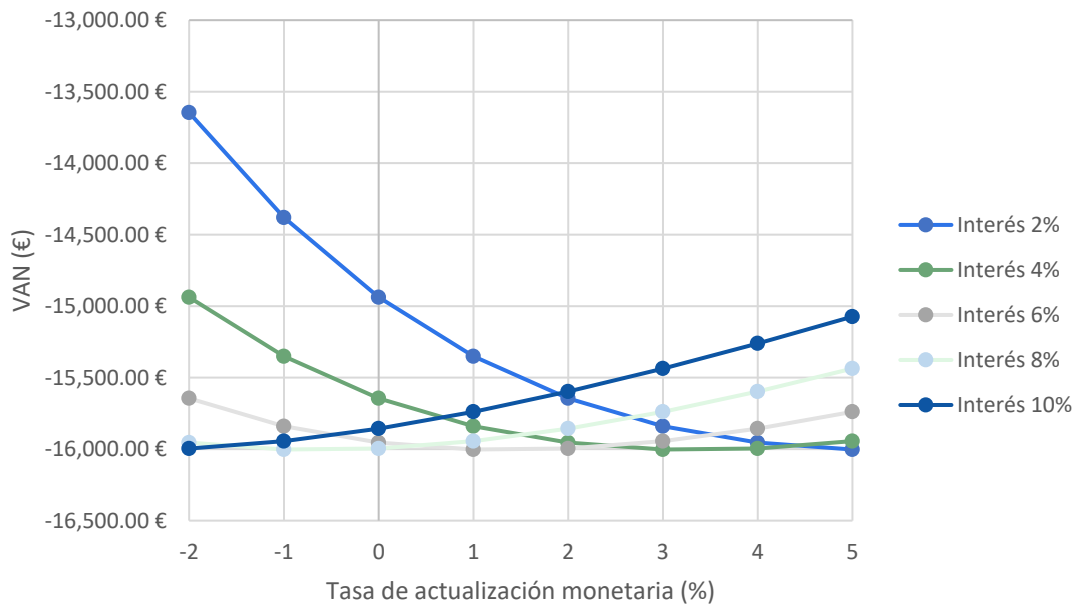
El VAN depende de dos factores: la tasa de interés y la tasa de actualización monetaria. Se calculará el VAN para diferentes tasas de interés en el rango [2, 10] y la tasa de actualización monetaria en el rango [-2, 5] de acuerdo con la inflación histórica de España.

Para la inversión inicial se considera que se pide un préstamo bancario que se solicita en el año 0 y con un plazo de devolución de cinco años con un tipo de interés anual del 10%. Para el gasto referente a la reposición de baterías, no se va a solicitar un préstamo bancario debido a que el coste no es excesivamente elevado en comparación al desembolso inicial.

A continuación, se muestran los resultados representados en una gráfica para ambos casos.



**Imagen 32.** Variación del VAN en función de la tasa de actualización monetaria y el interés bancario (sin PV).



**Imagen 33.** Variación del VAN en función de la tasa de actualización monetaria y el interés bancario (con PV).

A partir de los cálculos realizados y la representación gráfica de estos se puede observar que el VAN siempre es negativo para todos los casos estudiados. Estos resultados son muy poco favorables de cara a tomar la decisión de invertir.

El VAN toma un valor máximo de -13.097,89 € (sin PV) y -13.646,56 € (con PV) en la situación más favorable, que lógicamente sucede con el mínimo interés y con una tasa de actualización monetaria negativa. En el caso de máximo interés y tasa

actualización máximas se obtiene un VAN de -13.941,77 € (sin PV) y -15.073,43 € (con PV).

En cualquier caso, ambos son negativos por lo que la inversión en términos económicos no es rentable y no se debería realizar. No obstante, si se dan ayudas para subvencionar parte de la inversión inicial la inversión pasaría a ser rentable para el trabajador, como se verá más adelante.

### 6.3.3. TIR

Como el VAN ha resultado negativo en todos los casos se prevé que el TIR también salga negativo. Se obtiene -7,20% (sin PV) y -6,76% (con PV), lo que indica que durante toda la vida útil de la instalación no se llega a recuperar la inversión inicial.

### 6.3.4. Comparación de resultados

En la siguiente tabla se muestran un resumen de los resultados.

**Tabla 24.** Resumen de los resultados del sistema de propulsión con y sin PV.

Concepto	Sin PV	Con PV
Flujo de caja fin de vida (€)	-9.465,57	-9.364,78
VAN más favorable (€)	-13.097,89	-13.646,56
TIR (%)	-7,20	-6,76

Como se puede ver, el flujo de caja al final de los 20 años de funcionamiento indica que con sistema PV se acabaría ligeramente menos endeudado. El TIR también indica que ligeramente el sistema con PV se obtiene un mejor rendimiento económico. Por su parte, el VAN indica que con el sistema sin PV se obtienen menos pérdidas.

En estos casos, en los que los indicadores económicos indican las dos opciones, prevalece el que tenga el VAN más positivo, que en este caso es la opción del sistema de propulsión sin PV. Por lo que se elige la opción de sistema de propulsión sin PV, además supone un menor coste de inversión inicial.

Aunque los resultados de ambos son muy similares y no hacen más que indicar que en ambos casos no resulta rentable económicamente, en la viabilidad de los proyectos también se deben tener en cuenta aspectos técnicos, sociales y ambientales y el impacto del proyecto sobre el medio que lo rodea. En este caso, los beneficios de las embarcaciones eléctricas radican en la reducción de la contaminación del ambiente y en su influencia en pedanías y poblaciones, cuyas actividades laborales están relacionados con la Albufera de València.

Finalmente, cabe resaltar que la viabilidad económica cambiaría si se dispusiera de más espacio para instalar paneles solares o si se hiciera un mayor uso de la embarcación, por ejemplo. Por lo que, para cada tipo de embarcación de la Albufera y del uso del mismo se debe realizar un estudio de viabilidad económica.

### 6.3.5. Baterías AGM vs Baterías Litio

A modo representativo también se calcula la viabilidad económica en caso de que las baterías fueran de litio. Para el gasto en baterías se han tenido en cuenta descargas de hasta el 80%, por lo que se dimensionan baterías 15 kWh, con un tiempo estimado de sustitución de las baterías cada 15 años.

Para el gasto en sustitución de las baterías se ha tenido en cuenta la evolución prevista de los precios según BNEF, que para el año 2030 se estima que los precios se reduzcan al 50%. Por lo que, teniendo en cuenta que el precio actual comercial de las baterías de litio, en 2030 el precio estará sobre los 400 €/kWh. Por otro lado, dado que no hay una estimación del precio para el año 2036 se considera que el precio desde 2030 se mantiene constante, por lo que el precio de la sustitución de las baterías en 2036 sería alrededor de 6.000 €.

En la siguiente tabla se muestran los gastos, ahorros e inversión inicial.

**Tabla 25.** Gastos, ahorros e inversión inicial del sistema de propulsión propuesto sin PV.

Concepto	Periodicidad	Cantidad (€)
Inversión inicial	Únicamente en el año 0	-28.761,46
Ahorro por consumo	Anual	721,83
Ahorro por mantenimiento	Anual	50,00
Ahorro por cambio de motor	En 2 ocasiones, cada 10 años	1.700,00
Gasto en renovación de baterías	En 1 ocasión, cada 15 años	-6.000,00

Con todo ello, en la siguiente tabla se muestra un resumen de los resultados obtenidos en caso de que las baterías sean de AGM y litio.

**Tabla 26.** Resumen de los resultados del sistema de propulsión con baterías de AGM y litio.

Concepto	Baterías AGM	Baterías litio
Flujo de caja fin de vida (€)	-9.465,33	-15.924,95
VAN más favorable (€)	-13.097,89	-22.499,50
TIR (%)	-7,20	-9,50

Los indicadores económicos muestran que es más rentable económicamente la opción de las baterías de AGM. No obstante, cabe resaltar que a las baterías de litio le quedarían 10 años de vida útil y se podría aprovechar para otra embarcación, por ejemplo. En cualquier caso, la tecnología que se va a implantar en el proyecto son las baterías de AGM, aunque en un futuro si se prefiere se podría cambiar a las baterías de litio.



## 7. Análisis medioambiental

Uno de los aspectos más importantes es el impacto de las embarcaciones eléctricas en el medio ambiente. Pese a que económicamente debido a las soluciones de momento *ad hoc* y los altos precios de las baterías, los beneficios medioambientales de las embarcaciones eléctricas frente a la de combustión son muchas. Desde la reducción de contaminación acústica al cese de vertidos hidrocarburos inquemados y reducción de emisiones de gases de escape productos de la combustión. Lo que deriva en unas mejores condiciones de navegación para las personas a bordo, la mejora de la calidad del agua y de las condiciones de hábitat de la flora y fauna del lago. Así como la mejora de las condiciones laborales de las personas trabajadoras que utilizan embarcaciones. Todo ello debe de considerarse para impulsar una transición que ayudará a conservar y retornar al ecosistema natural antiguo de la Albufera. Esta sección presenta un Análisis de Ciclo de Vida que compara la embarcación eléctrica piloto proyectada y una embarcación con un motor diésel reutilizado como los actuales. Después se centra en el análisis sobre la reducción de vertidos y la contaminación acústica.

### 7.1. Análisis de ciclo de vida

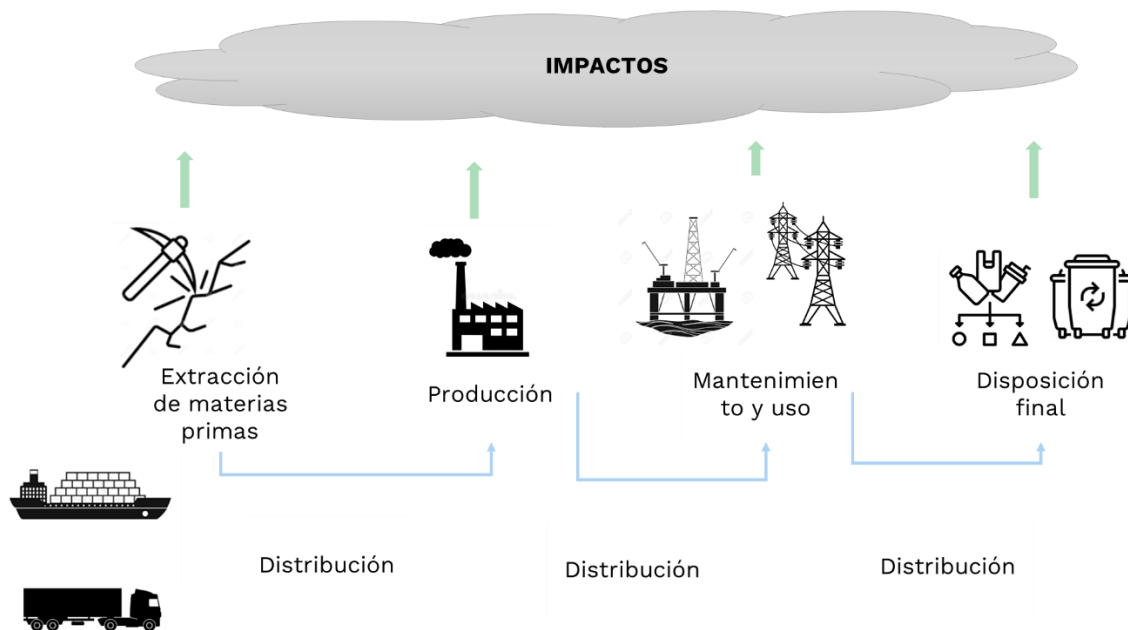
La propulsión eléctrica no genera contaminación durante su uso pues, el único empleo que se realiza es el consumo de energía eléctrica almacenada en las baterías disponibles en la embarcación. Sin embargo, durante la formación de todos los elementos constitutivos del nuevo sistema de propulsión si se producen emisiones, agotamiento de recursos y otros daños ambientales debidos a la propia fabricación y transporte, entre otros. Por tanto, para una correcta evaluación de los impactos ambientales generados en la electrificación de las barcas se ha realizado una comparativa mediante el análisis de ciclo de vida de ambos sistemas de propulsión. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta de gestión ambiental reconocida internacionalmente por la norma ISO 14040 que comprende un estudio y evaluación de impactos ambientales completo de productos, procesos o actividades. Siendo así reconocible y evaluable el impacto de la formación o desarrollo de estos.

El estudio realizado tiene como misión evaluar los impactos ambientales ocasionados en el ciclo de vida de los sistemas de propulsión, desde la extracción de materias primas y su procesado hasta el fin de vida útil de los elementos. Por tanto, este estudio trata en primer término de evaluar y analizar ambos sistemas por separado, remarcando los aspectos más importantes y, en segundo término, la comparación de ambos sistemas con el objetivo de comprender las mejoras derivadas del cambio del sistema tradicional.

Los sistemas estudiados comprenden un estudio “de la cuna a la tumba” (*Cradle-to-Grave*) es decir, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final de los elementos seleccionados en ambos sistemas pasando por la producción de estos elementos, el mantenimiento y uso. Las etapas consideradas en el estudio se pueden observar en la Imagen 34. No se ha considerado el reciclado de estos

elementos, pero sí se ha tenido en cuenta para la formación de nuevo material el porcentaje relativo de material recuperado necesario o usado habitualmente en la industria, como es el caso de las baterías de ácido plomo. Para el uso de los sistemas se emplea, por un lado, diésel y, por otro lado, electricidad. Por tanto, se ha considerado para cada caso un análisis “del pozo a la rueda” (*Well-to-Wheel*) es decir, desde la extracción del petróleo o la generación de electricidad hasta que es consumido por la barca.

Las categorías de impacto que han sido consideradas en el análisis son: extracción de minerales, agotamiento de energía no renovable, acidificación del suelo, ecotoxicidad terrestre, ecotoxicidad acuática, agotamiento de la capa de ozono, radiación ionizante, ocupación del suelo, calentamiento global e impactos en la salud humana como en el sistema respiratorio ocasionados por sustancias orgánicas e inorgánicas y causas de enfermedades cancerígenas y no cancerígenas.



**Imagen 34.** Etapas de ciclo de vida consideradas. (De la Cuna a la Tumba)

Los productos y servicios usados por los trabajadores como comida o productos higiénicos no han sido incluidos en el análisis, así como los posibles impactos generados por desastres naturales o debidos a accidentes.

Para llevar a cabo el estudio, se ha utilizado el software SimaPro y se ha utilizado el método de impactos ambientales IMPACT 2002+. En caso de no haber encontrado la información necesaria en Ecoinvent, se han utilizado también las bases de datos ELCD y Agri-foodprint. El método de impacto IMPACT 2002+ está formado por la combinación de otros cuatro métodos: IMPACT 2002, Eco-Indicador 99, CML y IPCC.

La unidad funcional definida para este análisis y, con capacidad de comparación entre ambos sistemas de propulsión es 1 km recorrido por las barcas que recorren diariamente 5 trayectos de media de 4,13 km de distancia durante 260 días al año, considerando una vida útil total de la instalación de 20 años.

Se considera un tren eléctrico de potencia, que incluye un motor eléctrico, un inversor, un convertidor, un cargador y el sistema de distribución como elementos

principales. Además, se considera el almacenamiento energético con la incorporación de 8 baterías de tecnología AGM.

Se considera un motor interno de combustión con empleo de combustible diésel, un depósito de combustible de 25 L de capacidad y una batería de ácido plomo para el arranque de la embarcación.

En el ACV no se ha considerado la fabricación de la embarcación pues, se asume que se generará un aprovechamiento de las barcas ya construidas y, tampoco se ha considerado la fabricación de las hélices pues pueden ser usadas en ambos sistemas y no es necesario su cambio.

Se ha considerado que, siguiendo con la tecnología actual de la movilidad eléctrica, los elementos escogidos son representativos, pero, cabe destacar que, debido al avance en este tipo de tecnologías seguramente en unos años las baterías puedan ser remplazadas por otras más eficientes, menos costosas y que generen menor impacto medioambiental.

Además, resaltar que, en función de la progresión de la descarbonización del mix energético español, motivada por la transición energética, la mayor presencia de renovables proporcionará una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, generando así unos impactos menores en el uso de la electricidad. Debido a que el proyecto se va a desarrollar durante 20 años, se ha considerado el mix energético de España en el año 2020, con un factor de emisiones de 0.15 tCO<sub>2</sub>/kWh. Esto resulta en una hipótesis conservadora debido a la reducción de la intensidad de carbono del sector eléctrico planificado en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima.

El estudio se ha realizado teniendo en cuenta que los sistemas se van a implantar para la embarcación piloto de la Comunitat de Pescadors de El Palmar. Para ello se ha considerado el transporte y distribución de todos los elementos desde la fábrica donde se producen hasta este embarcadero, considerando en cada caso el transporte marítimo, terrestre o una combinación de ambos.

Los elementos considerados en los sistemas de propulsión se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 27.** Elementos considerados en el ICV.

Elemento	Empresa	peso (kg)
Motor de combustión	Nissan	275
Depósito de combustible	Nissan	3,5
Batería 80 Ah	Nautik	25,5
Motor eléctrico	Bellmarine	53
Inversor-Convertidor	Bellmarine	14
Cargador	Mastervolt	15,3
Batería 250 Ah	Nautik	74

La vida útil de las baterías es de 1400 ciclos que, según las recargas que se llevan a cabo en las embarcaciones equivale a 5 años de uso, la vida útil del motor de combustión es de 10 años y, la vida útil del tanque de combustible y el sistema de



Albufera

propulsión eléctrica es de 20 años. Por lo tanto, se considerarán para el sistema de combustión, 2 cambios de motores y 3 cambios de baterías mientras que, para el sistema eléctrico se considerarán 3 cambios de baterías para las 8 baterías instaladas en el total de la embarcación.

Para el uso se ha considerado un consumo de diésel de 0,625 L por trayecto que, equivale a 16.250 L de combustible consumido en 20 años y para el consumo eléctrico se considera 1,3625 kWh<sub>e</sub> de gasto energético por trayecto, lo que se traduce en 35.425 kWh<sub>e</sub> de consumo durante la vida útil de la instalación.

### 7.1.1. Evaluación del impacto del ciclo de vida

Mediante el uso de SimaPro se han obtenido los aspectos ambientales característicos que son susceptibles a interactuar con el medioambiente y causar daños en este. Los aspectos ambientales obtenidos se pueden observar en el Anexo E. así como las representaciones de los impactos que estos aspectos pueden causar en función de cada sistema y ordenados por categorías de impactos.

La Imagen 35 muestra la comparativa entre el ACV de los sistemas de propulsión eléctrica y mediante un motor de combustión interna. Como puede observarse, a nivel medioambiental al sistema eléctrico le corresponde un impacto de 10 puntos, mientras que al sistema diésel unos impactos de 88 puntos. Esto implica que, durante los 20 años de vida útil analizados, el uso de los motores actuales implica unos impactos ambientales casi 9 veces mayores a aquellos ocurridos debido al sistema eléctrico. La Imagen 36 muestra asimismo el impacto de cada sistema por cada una de las etapas. Como se puede observar, el mayor impacto del sistema de propulsión diésel se produce durante su uso, debido a la quema de combustible. Asimismo, teniendo en cuenta los factores de emisión citados 1.73 toneladas de CO<sub>2</sub> al año por embarcación y 34.6 toneladas de CO<sub>2</sub> de los 20 años de vida útil.

### Impactos por sistema

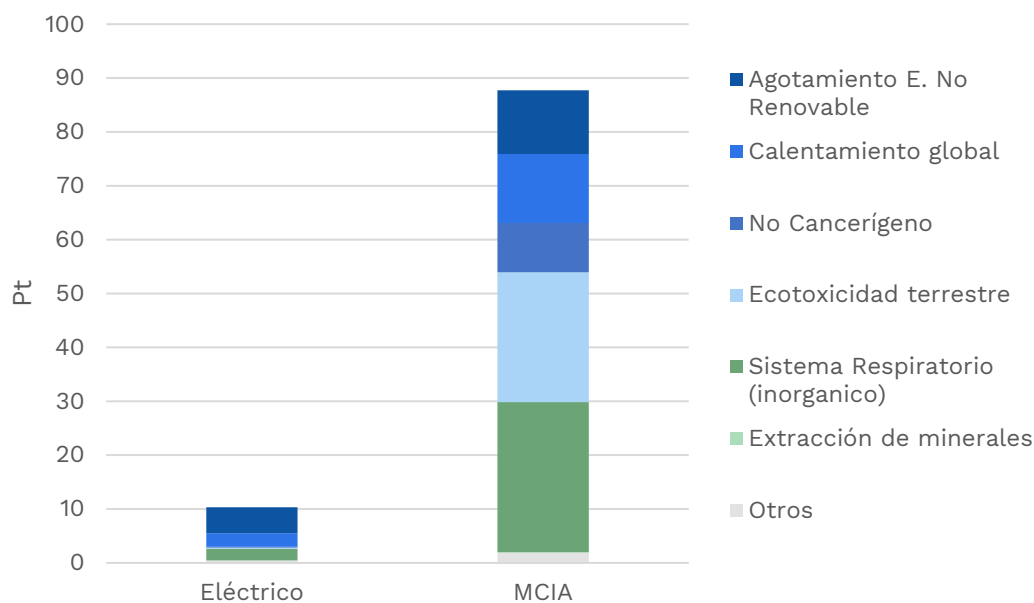


Imagen 35. Comparación del ACV entre sistemas de propulsión.

### Impactos totales por sistema

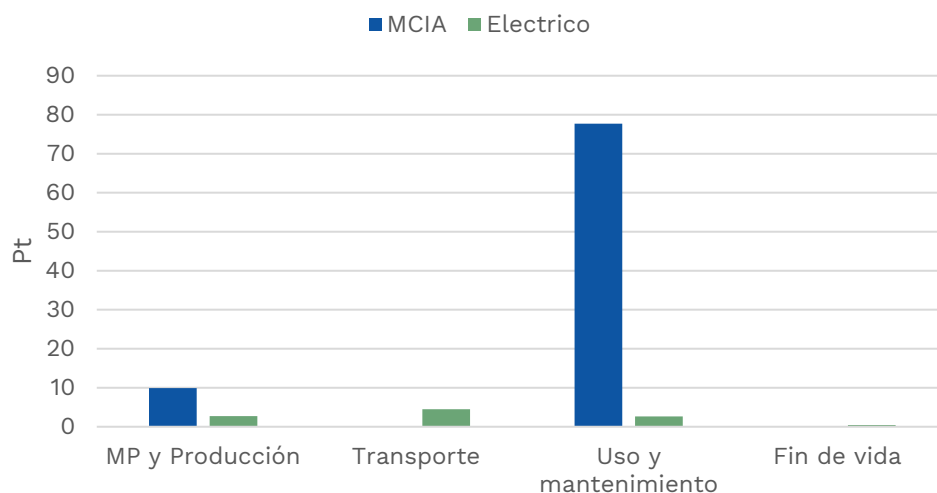
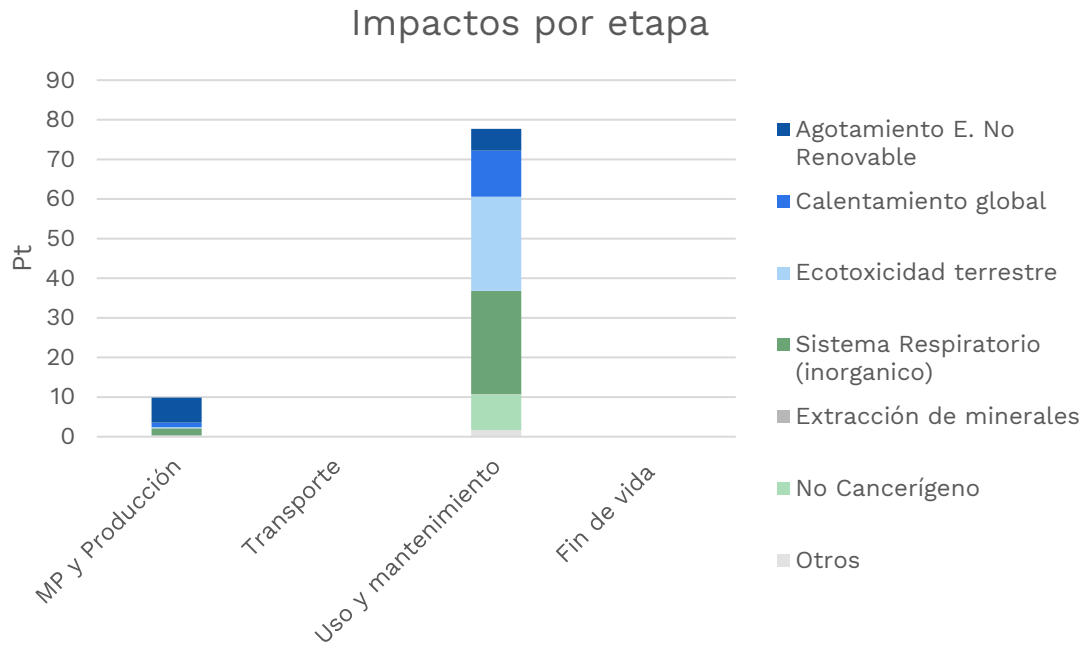


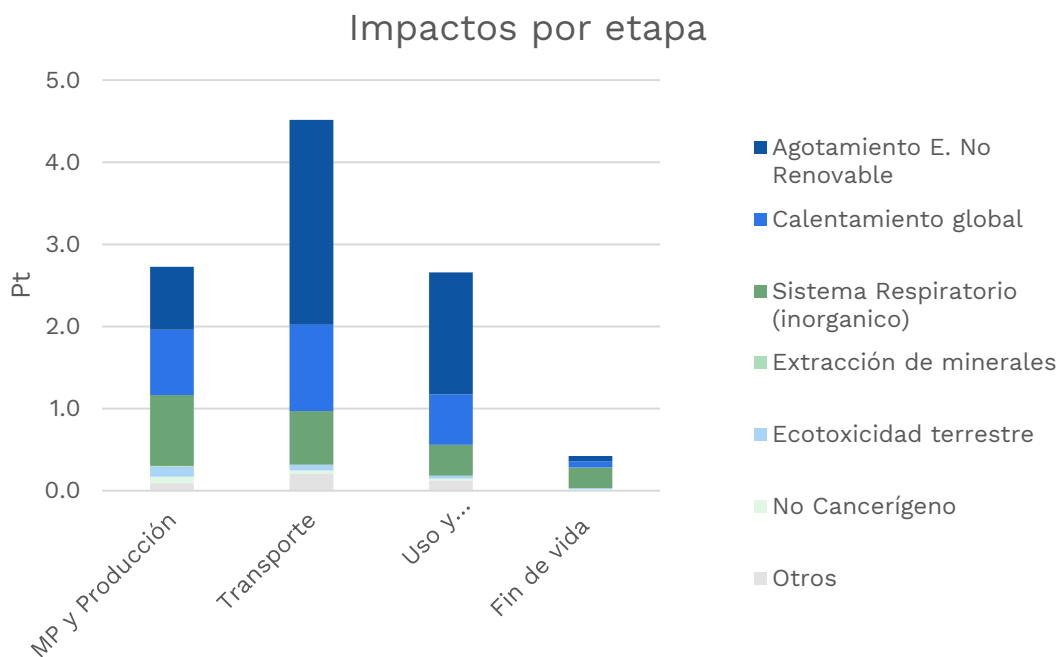
Imagen 36. Comparativa de los impactos de los sistemas de propulsión por etapas.

La Imagen 37 e Imagen 38 muestran la influencia de los impactos ambientales en cada etapa del ciclo de vida. Para mediar los impactos generados, la unidad de medida en el método IMPACT 2002+ es el punto y corresponde a los impactos generados por un europeo medio en un año, siendo así una medida para comparar el impacto ambiental generado por dos sistemas.



**Imagen 37.** Impactos ambientales por etapa del sistema de propulsión térmico.

Como se observa en la Imagen 37, el mayor impacto en el sistema térmico se produce en la etapa de uso, es decir, en la quema de combustible fósil. Llegando a un impacto equivalente a 90 puntos.

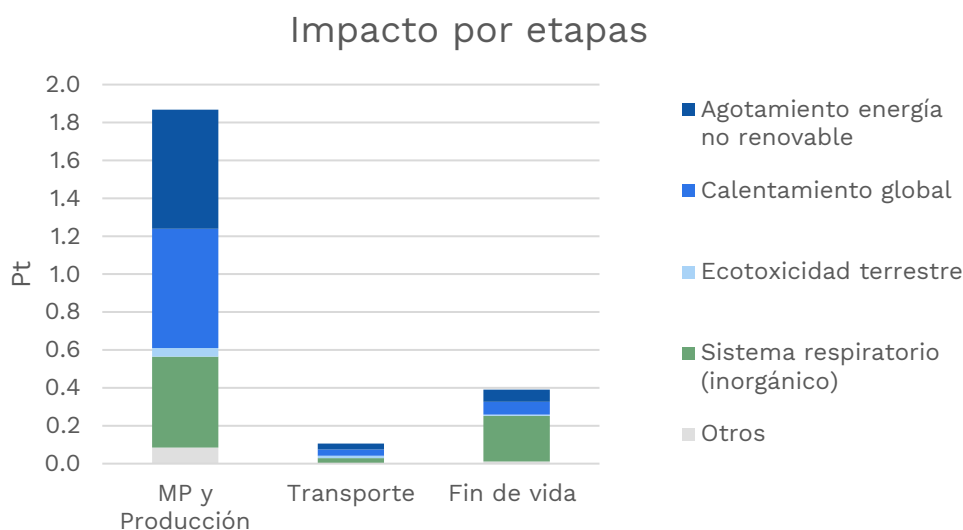


**Imagen 38.** Impactos ambientales por etapa del sistema de propulsión eléctrico.

Se puede destacar de la Imagen 38 que los menores impactos ambientales se producen en las etapas de fin de vida útil de la instalación. En esta etapa se incluyen las emisiones y recursos utilizados para la separación y disposición final de los elementos en vertederos o instalaciones para su reciclado y recuperación.

En este sistema se observa que la producción, el transporte y el mantenimiento y uso son las etapas de ciclo de vida que causan la mayor parte del impacto, cabe resaltar que el mayor impacto de uso y mantenimiento está referido al uso de la electricidad y por tanto todos los impactos asociados con su generación, transporte y distribución. Por tanto, la descarbonización del sistema eléctrico llevará asociada una elevada reducción de los impactos en el uso de la electricidad debido a la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera durante la generación eléctrica.

Otro impacto del sistema de propulsión eléctrico es la batería, tanto las materias primas como su producción, se ha decidido representar independientemente este sistema para observar la contribución real al sistema y poder hacer un análisis más detallado.



**Imagen 39.** Impacto por etapas de la batería eléctrica.

En el ciclo de vida de las baterías no se ha representado el mantenimiento y uso debido a que el uso de electricidad para la recarga de estas se ha considerado en el sistema completo eléctrico y no se considera un mantenimiento específico de las baterías.

Atendiendo al impacto que se genera por la batería, se puede observar que la mayoría de los impactos están relacionados con las etapas de extracción de materias primas y producción y la etapa de disposición final de estas.

Comparando la Imagen 39 con la Imagen 38, se podría asumir que, el impacto generado en el sistema eléctrico de fin de vida corresponde casi totalmente al ocasionado por la batería y, de 3 puntos de impactos de la extracción de materias primas y producción, casi 2.5 de ellos corresponden a los impactos ocasionados por las baterías.

Entre ambos sistemas se puede observar que el sistema eléctrico, aunque, se generan impactos es más etapas durante su vida útil, la magnitud de ellos impactos es mucho menor pues, el límite superior de Pt en el sistema eléctrico se encuentra en un valor por encima de los 4.5 mientras que, en el sistema térmico, el límite superior se encuentra sobre los 90 Pt. Es decir, a lo largo del ciclo de vida del sistema eléctrico se contamina mucho menos que en el térmico.



Se puede concluir con este estudio que a pesar de los impactos producidos por la producción transporte y mantenimiento del sistema de propulsión eléctrico en su conjunto, es sin duda mucho menos contaminante y genera menos impactos ambientales para el medio ambiente que el sistema de propulsión térmico. Por tanto, cambiar el sistema de propulsión actual por uno eléctrico generaría una reducción de los potenciales daños al medioambiente durante los próximos 20 años, al menos. Además, a medida que la tecnología en baterías aumente, se irá aumentando la vida útil de estas y será necesario un menor cambio de baterías, propiciando un impacto menor y un coste económico y ambiental menor.

También, darles una segunda vida a las baterías y usarlas con fines estacionarios para acoplamiento de la red o excedentes de energía renovables reduce en gran medida el impacto total generado por estas en el ciclo de vida. Tampoco se han considerado los elementos totalmente reciclados, pero, cabe resaltar que, con el correcto aprovechamiento y recuperación de ellos residuos de las baterías y los elementos electrónicos del sistema eléctrico, se puede lograr una recuperación bastante elevada de muchos materiales, reduciendo así el impacto del ciclo de vida de las baterías.

## 7.2. Vertidos

A pesar de la ejecución en la década de los años 1990 de un plan de depuración de las aguas residuales vertidas al lago y de la construcción de varios filtros verdes, el lago de la Albufera desde hace años se encuentra en estado crítico por problemas de eutrofización (Onandia Bieco, 2015). Por lo que, el cese de los vertidos de hidrocarburos inquemados productos de la combustión, que en mayor o menor medida siempre se producen (es muy difícil de medir la cantidad que se vierte), ayudaría a mejorar la calidad del agua y conservar y retornar al ecosistema natural antiguo.

Se ha comprobado que los derrames de combustibles pueden llegar a provocar cambios en la calidad del agua (McKenzie, 1986; W., 1985). En donde la mayoría de los contaminantes se acumulan en los sedimentos del fondo, de entre los cuales algunos pueden permanecer en forma tóxica durante largos periodos de tiempo (Kuss, Fred R y Graefe, Alan R y Vaske, 1990). Se ha comprobado además que este hecho tiene efectos sobre las aves, plantas, peces e invertebrados acuáticos (Murphy, KJ and Willby, Nigel J and Eaton, 1995; Tarkpea & Svanberg, 1982), entre otros.

## 7.3. Contaminación acústica

En segundo lugar, el Parque Natural de la Albufera de València está rodeada y es atravesada por autovías para la comunicación entre las poblaciones que la rodean, y en las que en hora punta puede haber problemas de tráfico. Internamente, el parque natural es atravesado por caminos rurales y vías pecuarias que conectan los diferentes puertos con el lago.



Precisamente en el lago y en las zonas más próximas de las vías pecuarias es donde se centra la mayor riqueza en flora y fauna del lago. Estas zonas del parque se verían beneficiadas por la reducción de contaminación acústica de las embarcaciones, cuyas mediciones se hicieron a distancias y estados del motor diferentes (Bejarano Cáceres, 2019). Durante el arranque a 0,5 metros del motor se emiten más de 92 dB(A) y a 8 metros se reduce a 78 dB(A).

Estos valores de emisiones son superiores a los permitidos por la Ordenanza Municipal de Protección Contra la Contaminación Acústicas<sup>15</sup>, que en el sector residencial los valores máximos se sitúan en 55 dB(A) durante el día y 45 dB(A) durante la noche. También son superiores a 75 dB(A), nivel a partir del cual se considera daño existente (Chávez Miranda, 2006). Por ello, los beneficiados de la reducción de contaminación acústica serían las zonas del lago por donde se navega y los trabajadores que día a día están expuestos a niveles de ruido no saludables. Relativo a ello, los trabajadores manifestaron que han perdido capacidad auditiva conforme han pasado los años.

Durante la monitorización que se hizo a la embarcación eléctrica del Ayuntamiento de València se hicieron mediciones del nivel de ruido a las mismas distancias del motor (a 0,5 metros y 8 metros del motor) a máxima potencia y a 2/3 de la potencia máxima. Los resultados de las mediciones se presentan en la siguiente tabla, junto con las medidas de ruidos de los motores de combustión.

**Tabla 28.** Resultados de las mediciones de contaminación acústica.

Distancia del motor	Estado del M. combustión	M. combustión	Estado del M. eléctrico	M. eléctrico
0,5 metros	Aceleración	92,3	Máxima potencia	61.3
8 metros	Aceleración	78,1	Máxima potencia	57.6
0,5 metros	Ralentí	78,5	2/3 Máxima potencia	49.8
8 metros	Ralentí	73,6	2/3 Máxima potencia	44.7

A modo ilustrativo en la siguiente imagen se muestran las emisiones de ruido en ambos casos.

<sup>15</sup> [https://www.valencia.es/documents/20142/373008/O\\_proteccio\\_acustica\\_20110520.pdf/6c42f18c-4584-867a-5529-166b5a54a802](https://www.valencia.es/documents/20142/373008/O_proteccio_acustica_20110520.pdf/6c42f18c-4584-867a-5529-166b5a54a802)

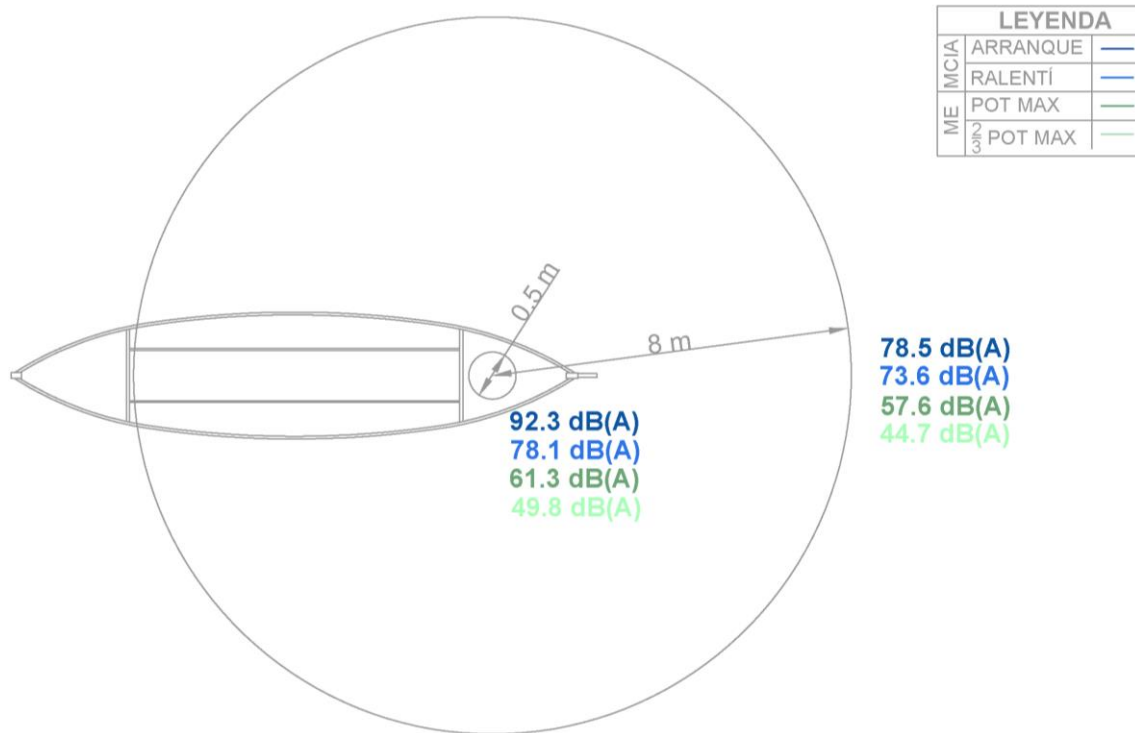


Imagen 40. Comparación de las emisiones de ruido del MCI vs ME.

Como se puede ver el nivel de ruido de los motores eléctricos es muy bajo comparado con los motores de combustión por su misma naturaleza de funcionamiento. El motor de combustión se basa en provocar la explosión del combustible y aprovechar la energía para mover pistones y los motores eléctricos asíncronos en el fenómeno de la inducción magnética giratoria por la circulación de una corriente alterna, que es un fenómeno más silencioso.

Por otro lado, los niveles sonoros medidos a máxima potencia son superiores a los valores mínimos de seguridad de la normativa europea de los coches eléctricos AVAS (Audible Vehicle Alert System), el cual sitúa la barrera de 56 dB(A), lo que equivale a una conversación normal. No obstante, circulando a 2/3 de la potencia máxima y sin nadie hablando el ruido es menor a 56 dB(A) lo que facilita la comunicación entre el oficial de navegación y los pasajeros, que cuando se está conversando el nivel ruido se acerca mucho mas a los 56 dB(A).

En cualquier caso, con los motores eléctricos no se superan ni los niveles máximos permitidos por la ordenanza municipal ni los máximos saludables.

#### 7.4. Emisión de gases contaminantes

En tercer lugar, como se ha dicho anteriormente la Albufera de València está rodeada y es atravesada por autovías, que en hora punta puede haber problemas con el tráfico. Sin duda los vehículos de combustión emiten gases contaminantes productos de la combustión perjudiciales para el ambiente.

Por su parte, las embarcaciones con motor de combustión también emiten gases contaminantes en el lago y en las vías pecuarias por donde circulan, mientras que los motores eléctricos este problema no lo tienen al consumir energía eléctrica. No obstante, las diversas centrales de generación que participan en el mix eléctrico español para generar la energía eléctrica han emitido gases contaminantes.

Por ello para calcular la reducción de contaminación de gases contaminantes se usan los factores de emisión de las fuentes de energía (gasoil y energía eléctrica de España). Con lo que se comprueba que otro de los beneficios es la reducción de emisiones de gases contaminantes. Teniendo en cuenta los ahorros en emisiones calculados en la Tabla 18, se ahorran anualmente 1,73 tCO<sub>2</sub>. Lo que en los 20 años de vida útil se hace un ahorro de 34,6 tCO<sub>2</sub> al dejar de consumir gasoil por energía eléctrica.

Por otro lado, para calcular la reducción de emisiones en su totalidad se debe tener en cuenta los gases contaminantes emitidos durante la fabricación de los componentes que se van a usar durante la vida útil de la embarcación. Por ello, en el siguiente punto se realizará el análisis del ciclo de vida de la embarcación.



## 8. Riesgos, barreras y oportunidades

En este apartado se enumeran y comentan una serie de riesgos, barreras y oportunidades que se han identificado alrededor del proyecto de transición de las embarcaciones eléctricas en el ámbito ambiental, laboral y social que le rodea.

Pese a ser una tecnología que se lleva usando mucho tiempo en la industria y se ha comprobado su correcto funcionamiento a altos rendimientos y con precios cada vez menores, las embarcaciones eléctricas todavía se están introduciendo en la movilidad urbana, y siguen siendo un elemento innovador en la movilidad acuática. Por ello, estos procesos pueden tener problemas de aceptación debido a su desconocimiento y a su elevado coste de inversión inicial. Sin embargo, debido a su reducido impacto en el ambiente también presentan oportunidades que se pueden aprovechar para fortalecer e impulsar las actividades laborales relacionadas con la Albufera de València.

### 8.1. Riesgos

Los riesgos principales a los que se enfrentan las embarcaciones eléctricas son la aceptación social debido a que la sociedad y, sobre todo, las personas que trabajan en el sector todavía no han comprobado su correcto funcionamiento en la navegación y a que todavía no se dispone de estaciones de recarga accesibles para los trabajadores que no tienen embarcadero privado o para aquellos que disponen de embarcadero privado, pero no de conexión a la red eléctrica.

El primero de los riesgos se soluciona siguiendo las recomendaciones de uso descritos en la Tabla 12 para un correcto funcionamiento de la embarcación y con la experiencia de uso satisfactoria de los oficiales que navegarán en la embarcación eléctrica de la Comunidad de Pescadores. Adicionalmente a modo de seguridad el control del sistema muestra en el monitor el porcentaje de carga, el tiempo estimado disponible y cuenta con una alarma que avisa cuando está llegando al 50% de descarga para que el que dirige la embarcación lo tenga en cuenta.

En caso de no seguir las indicaciones, como por ejemplo hacer usos intensivos con DODs superiores a la media, se correrían riesgos de degradación de las baterías. Lo que afectaría a la capacidad de almacenamiento de las baterías, es decir, a la autonomía de la embarcación y al periodo de renovación de las baterías, pues se deberían renovar en menos tiempo.

El segundo de los riesgos se debe resolver por parte de las administraciones públicas impulsando ayudas para la instalación de estaciones de recarga y la transición energética de las embarcaciones en la Albufera. Lo que precisamente es una de las oportunidades del proyecto, la captación de fondos europeos para llevar a cabo esta transición.

Finalmente, existe una problemática asociada los riesgos de robo del material eléctrico y electrónico de gran valor de las embarcaciones. Cabe resaltar que las baterías, uno de los elementos de mayor coste, tienen un peso elevado, con lo que su robo presentaría dificultades a su realización. Asimismo, las personas



preguntadas en El Palmar han mencionado que esto no suele ser una problemática. Estos riesgos son menores en lugares con mayor número de embarcaciones como los embarcaderos municipales o las zonas más urbanas.

## 8.2. Barreras

Una de las barreras principales a las que se enfrenta el proyecto es el alto coste de inversión inicial pues los trabajadores que se dedican a la pesca y/o paseos turísticos, y que compaginan estos trabajos con otros como la agricultura, tienen capacidad de inversión reducida. Otra de las barreras es la no viabilidad económica, pues no se llega a recuperar el dinero invertido, siendo por tanto unos proyectos deficitarios a nivel económico.

Ambas barreras se pueden solventar con una serie de ayudas económicas para la subvención total o parcial de la inversión inicial y la posibilidad de créditos a intereses bajos en plazos para su cómoda devolución. Con ello, en vista de los resultados económicos obtenidos, se debería subvencionar como mínimo un 72% de la inversión inicial, esto es 15.000,00 €, para que el proyecto sea viable económicamente y el dinero invertido se recupere en al menos 10 años.

Asimismo, se espera que la evolución tecnológica de las baterías reduzca su precio en los próximos años. Además, no tener que realizar soluciones *ad hoc* y una mayor estandarización y conocimiento de las empresas que trabajan en el sector, tiene el potencial de reducir los costes de inversión inicial.

## 8.3. Oportunidades

Las principales oportunidades del proyecto son la reducción de los costes de operación, la captación de fondos europeos de recuperación, la mejora y aumento del servicio de paseos y la posibilidad de obtención de sellos de calidad en la pesca.

Los costes de operación, es decir los gastos en combustible y mantenimiento, se ven reducidos al usar energía eléctrica y debido a que los motores eléctricos requieren menos mantenimiento. Para lo cual se estima que se ahorra 721,83€, como se muestra en la Tabla 18. Sin embargo, aunque se reducen los costes en operación, la elevada inversión inicial representa una barrera que hace que el proyecto no sea viable económicamente. Estos costes podrían ser todavía menores si se adoptaran pequeñas instalaciones de autoconsumo en la zona, existiendo tanto la superficie como la posibilidad de captar ayudas de los fondos europeos para ello.

Respecto a esto, si se tiene en cuenta los beneficios de las embarcaciones eléctricas en el ecosistema natural de la Albufera, una oportunidad para la financiación de futuros proyectos relacionados son los fondos europeos de recuperación. En este ámbito, en España los fondos europeos de recuperación<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> [https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe\\_es](https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_es)



están gestionados por el MITECO<sup>17</sup>, en los que el proyecto puede encajar en varios de sus componentes de recuperación. Como la actuación “Plan de choque de movilidad sostenible, segura y conectada en entornos urbanos y metropolitanos”, “Estrategia de transición justa” y “Preservación del espacio litoral y recursos hídricos”. Pero sobre todo con la acción “Conservación y restauración de ecosistemas y su biodiversidad”.

Respecto al trabajo de paseos mediante embarcaciones eléctricas se espera que estas sean más demandadas debido a su interés y mayor confort en el paseo. Algo que podría aumentar el número de horas trabajadas o incluso el precio al cual se ofrecen los servicios.

Finalmente, otra de las oportunidades son la obtención de sellos de calidad y medio ambiente en la pesca, como el sello azul de MSC<sup>18</sup> o similar, ya que la embarcación eléctrica contribuye en la conservación y recuperación del ecosistema natural de la Albufera. Ello podría hacer más atractivo el turismo en el parque natural y la hostelería de pedanías como El Palmar.

---

<sup>17</sup> <https://www.miteco.gob.es/ca/prensa/ultimas-noticias/el-plan-de-recuperaci%C3%B3n-destinar%C3%A1m%C3%A1s-del-40-de-la-inversi%C3%B3n-a-la-transici%C3%B3n-ecol%C3%B3gica/tcm:34-525919>

<sup>18</sup> <https://www.msc.org/es>



Albufera



## 9. Conclusiones

Este documento presenta el diseño y los análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de una embarcación piloto diseñada para la Comunitat de Pescadors de El Palmar. Asimismo, sirve como ejemplo para el diseño de cualquier embarcación eléctrica en la Albufera. En él se ha presentado un análisis de la situación, los usos existentes de embarcaciones y un análisis legal de las embarcaciones en la actualidad para diseñar un piloto de embarcación eléctrica.

Pese a que la Albufera de Valencia es Parque Natural desde hace más de 30 años y que se han ido tomando medidas para la mejora de la calidad del agua, todavía presenta problemas de eutrofización y diferentes impactos ambientales. Entre otros, las embarcaciones contribuyen a generar contaminación acústica y lanzar vertidos de hidrocarburos al agua. Asimismo, la quema de diésel por parte de los motores tiene asociados emisiones de gases de efecto invernadero.

A nivel técnico, se ha planteado una solución que cuenta con un sistema eléctrico, un sistema de control, un sistema mecánico y un sistema de refrigeración. El sistema eléctrico incluye las baterías y la posible instalación de placas fotovoltaicas para recargar las baterías. Esta solución es viable y ha sido probada en otros emplazamientos.

A nivel económico, cabe resaltar que estas embarcaciones no son todavía rentables económicamente pues no se llega a recuperar la inversión inicial. El coste de las baterías, el motor eléctrico nuevo y la electrónica de potencia hacen poco viable la embarcación en comparación con la reutilización de motores de combustión interna de antiguos vehículos. Cabe destacar que la inversión en baterías es una de las partes de mayor coste. Sin embargo, se espera que esta tecnología baje su precio debido a la curva de aprendizaje de la misma. Por otro lado, la electricidad es un vector energético mucho más eficiente y con un precio menor que el pago de diésel para las embarcaciones, y la operación y mantenimiento de sistemas de propulsión eléctrico tienen menores problemas y con ello menores costes a lo largo de la vida útil.

A nivel medioambiental, el Análisis de Ciclo de Vida realizado muestra como los impactos de una embarcación a combustión es más de diez veces mayor que la de una embarcación eléctrica. Asimismo, las embarcaciones eléctricas también tienen un impacto positivo en la ayuda en la conservación y recuperación del ecosistema natural de la Albufera de València debido a la reducción en vertidos de hidrocarburos y reducción de la contaminación acústica. Esta última es especialmente relevante debido a mejoras en el impacto de aves y de las condiciones de uso de las personas que emplean las embarcaciones.

La transición energética a embarcaciones eléctricas en la Albufera es un proyecto que cuenta actualmente con importantes beneficios a nivel medioambiental, técnico y son el inicio de un aprendizaje para reducir los costes futuros y sentar las bases futuras. La próxima prohibición del diésel, su encarecimiento y una mayor protección del parque natural hacen de este proyecto una iniciativa para sentar las bases de la popularización de estas embarcaciones. Algo que se enfrenta a una serie de riesgos asociado a la falta de confianza en la tecnología y las necesidades de generar cambios parciales de hábitos para el buen uso de las embarcaciones.



Finalmente, este proyecto de transición eléctrica de las embarcaciones de la Comunidad de Pescadores de El Palmar se enmarca en los objetivos de los nuevos fondos europeos puede abrir oportunidades de financiación relacionados con la transición energética, la conservación del medio ambiente y la potenciación de sectores económicos primarios y turísticos.

## Referencias

- Andrei Blinov, Dmitri Vinnikov, & Tõnu Lehtla. (2011). *Cooling Methods for High-Power Electronic Systems*. [https://www.researchgate.net/profile/Dmitri-Vinnikov/publication/258547432\\_Cooling\\_Methods\\_for\\_High-Power\\_Electronic\\_Systems/links/5c6d6419a6fdcc404ec03d67/Cooling-Methods-for-High-Power-Electronic-Systems.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dmitri-Vinnikov/publication/258547432_Cooling_Methods_for_High-Power_Electronic_Systems/links/5c6d6419a6fdcc404ec03d67/Cooling-Methods-for-High-Power-Electronic-Systems.pdf)
- Bejarano Cáceres, D. S. (2019). *Proyecto de planificación de la electrificación de la flota de barcas de la Albufera*.
- Bejarano-Cáceres, D. S., Ribó-Pérez, D., & Alcázar-Ortega, M. (2020). Electrification of the boat fleet of the Albufera Natural Park of Valencia: methodology, economic and environmental assessments. *Renewable Energy and Power Quality Journal*. <https://doi.org/10.24084/repqj18.254>
- Bellmarine. (2016). *BELLMARINE OUTBOARDMASTER PRO MANUAL DEL USUARIO*. <https://www.manualslib.com/manual/1616276/Bellmarine-Outboardmaster-Pro.html>
- Bellmarine. (2021). *ELECTRIC PROPULSION SYSTEMS*. [https://www.bellmarine.tech/wp-content/uploads/2021/09/BELLMARINE\\_GB\\_July-2021\\_HQ.pdf](https://www.bellmarine.tech/wp-content/uploads/2021/09/BELLMARINE_GB_July-2021_HQ.pdf)
- Chávez Miranda, J. R. (2006). Ruido laboral. *Ciencia y Trabajo*, 8. [www.cienciaytrabajo.cl](http://www.cienciaytrabajo.cl)
- Cueva, E., Lucero, J., Guzmán, A., Rocha, J., Espinoza, L., Cueva, E., Lucero, J., Guzmán, A., Rocha, J., & Espinoza, L. (2018). Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices. *Enfoque UTE*, 9(1), 166–176. <https://doi.org/10.29019/ENFOQUEUTE.V9N1.202>
- Drouilhet, S., & Johnson, B. L. (1997). A battery life prediction method for hybrid power applications. *35th Aerospace Sciences Meeting and Exhibit*. <https://doi.org/10.2514/6.1997-948>
- García-Álvarez Coque, J. M., & Gloria Bigné. (2020). *El regadío histórico de la Huerta de València (España) como Sistema Importante del Patrimonio Agrícola*. 26, 281. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/1992/199264891017/199264891017.pdf>
- Habibi Khalaj, A., & Halgamuge, S. K. (2017). A Review on efficient thermal management of air- and liquid-cooled data centers: From chip to the cooling system. *Applied Energy*, 205, 1165–1188. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2017.08.037>
- Henkel. (2021). *Características de una batería AGM y consejos para su cuidado*. <https://blog.reparacion-vehiculos.es/caracteristicas-de-una-bateria-agm-y-consejos-para-su-cuidado>
- Keyser, M., Pesaran, A., Li, Q., Santhanagopalan, S., Smith, K., Wood, E., Ahmed, S., Bloom, I., Dufek, E., Shirk, M., Meintz, A., Kreuzer, C., Michelbacher, C., Burnham, A., Stephens, T., Francfort, J., Carlson, B., Zhang, J., Vijayagopal, R., ... Markel, A. (2017). Enabling fast charging – Battery thermal considerations. *Journal of Power Sources*, 367, 228–236. <https://doi.org/10.1016/J.JPOWSOUR.2017.07.009>
- Kuss, Fred R y Graefe, Alan R y Vaske, J. J. (1990). *Visitor Impact Management*. 1, 187--217.



Albufera

- L. Gasquet, H. (1997). *Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica. Manual Teórico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos*.  
<http://www.epsea.org/esp/energiaelectrica.html>
- Li, H., Wu, W., Huang, M., Shu-hung Chung, H., Liserre, M., & Blaabjerg, F. (2020). Design of PWM-SMC Controller Using Linearized Model for Grid-Connected Inverter With LCL Filter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 35(12), 12773–12786.  
<https://doi.org/10.1109/TPEL.2020.2990496>
- Luque, A., & Hegedus, S. (2011). *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering* .
- Mastervolt. (2021a). *Carga de las baterías*. <https://www.mastervolt.es/carga-de-las-bateras/>
- Mastervolt. (2021b). *Mass Combi Ultra 48/3500-50 (230 V)*.  
<https://www.mastervolt.es/productos/mass-combi-ultra/mass-combi-ultra-48-3500-50-230-v/pdf/>
- Maza Ortega, J. M., & Gómez Expósito, A. (2019). *Sistemas de recarga de vehículos eléctricos: revisión tecnológica e impacto en el sistema eléctrico*.
- McKenzie, L. and. (1986). Survey of Existing and Potential Recreation Uses of the Water Board's Catchments and Storages. *Metropolitan Water, Sewerage a*.
- Murphy, KJ and Willby, Nigel J and Eaton, J. W. (1995). Ecological impacts and management of boat traffic on navigable inland waterways. *The Ecological Basis for River Management*, 42(John Wiley: Chichester), 427--432.
- Onandia Bienco, G. (2015). *Ciclo del carbono y modelización biogeoquímica de un lago somero hipertrófico: la Albufera de Valencia*.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=101151&info=resumen&idioma=SPA>
- Ossandón, S. (1994). *Evaluación de Proyectos*.
- Ramón Fernández, F. (2020). *La Comunidad de Pescadores de El Palmar y la gestión del redolí o derecho de pesca en la Albufera de Valencia*.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7208884>
- Sagredo González, J., & Abad San Martín, V. (2014). *MOTORES SÍNCRONOS DE IMANES PERMANENTES PARA VEHÍCULOS HÍBRIDOS. EL TOYOTA PRIUS*. Dyna.  
<https://recyt.fecyt.es/index.php/DY/article/view/43040>
- Serrano Iribarnegaray, L., & Martínez Román, J. A. (2017). *MÁQUINAS ELÉCTRICAS*.  
<https://riunet.upv.es/handle/10251/77750>
- Tarkpea, M., & Svanberg, O. (1982). The acute toxicity of motor fuels to brackish water organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 13(4), 125–127. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(82\)90369-1](https://doi.org/10.1016/0025-326X(82)90369-1)
- Trojan. (2021). *Información de línea de productos*.  
[https://www.trojanbattery.com/pdf/TRJN\\_PLC\\_AGM\\_SP-MX.pdf](https://www.trojanbattery.com/pdf/TRJN_PLC_AGM_SP-MX.pdf)
- U.S. Department of energy. (2021). *Electric Vehicle Basics*.  
[https://afdc.energy.gov/files/u/publication/electric\\_vehicles.pdf](https://afdc.energy.gov/files/u/publication/electric_vehicles.pdf)
- Viteri, G., Lopez, A., & Gallo, Ing. J. (2011). *Aplicación de fusibles e interruptores termo magnéticos*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/16920>



W., F. (1985). Effects of power boating upon a water storage. *Report on the 11th Seminar for Swimming Pool, Water Supply and Sewerage System Operators, Department of Local Government, Brisbane, 1-4.*



Albufera

## Anexos

### o Organización del Anexo

- **Anexo A:** Anexo 1 de la Ordenanza Reguladora del Registro de Embarcaciones del Lago de L'Albufera.
- **Anexo B:** Modelos de cálculo económica empleados
- **Anexo C:** Fichas técnicas de los componentes principales elegidos.
- **Anexo D:** Plano 1. Pasos a seguir en la construcción de la embarcación piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar y Plano 2. Distribución del sistema eléctrico de la embarcación eléctrica piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar.

### o Formato y presentación

En los Anexos A y B se presenta un extracto de dicha ordenanza y de las fichas técnicas de los componentes. Mientras que en el resto de los anexos se presentan los planos en formato A3 (420 x 270 mm).



Albufera

- **Anexo A: Anexo 1 de la Ordenanza Reguladora del Registro de Embarcaciones del Lago de L'Albufera.**



## ANEXO I

**Nombre de la embarcación**.....  
**Matrícula**.....  
**Año de construcción**.....  
**Lugar de atraque**.....  
**Color**.....

**Dimensiones embarcación:**

ESLORA TOTAL

MANGA MÁXIMA EN CUBIERTA

PUNTAL

**Sistema de propulsión:**

MOTOR

C.V.

Tipo de combustible:

Gasoil

VELA

REMOS O PERCHA

Otros  
Indíquese

**Finalidad a que se destina**

ACTIVIDAD LUCRATIVA DE EXCURSIONES TURÍSTICAS

PESCA

RECREO

OTROS USOS

**Tipo de embarcación:**

Embarcación de pasaje

Embarcación de Gran recreo

Embarcación de recreo o pesca

Capacidad máxima .....

(dividir entre 1'5 el producto de la eslora total por la manga máxima en cubierta, redondeado al número entero más próximo)

**Titular de la embarcación:**

Apellidos.....

Nombre.....

D.N.I.....

El abajo firmante declara bajo su responsabilidad que los datos aquí consignados son ciertos,

Fdo:



## o Anexo B: Modelos de cálculo empleados

El estudio de la viabilidad económica pasa por el cálculo de indicadores económicos que muestran aspectos importantes a tener en cuenta para evaluar si quiere llevar a cabo un proyecto.

**Flujo de caja:** el flujo de caja consiste en calcular los ahorros y costes durante cada año de la vida del sistema, que se considera de 20 años.

Así pues, los datos de las tablas de gastos, ahorros e inversión inicial de cada caso se calcula el flujo de caja para cada año de la siguiente manera:

$$F(t) = a(t) - c(t) + F(t - 1)$$

Siendo:

- $a(t)$ : es el ahorro económico en combustible
- $c(t)$ : es la suma de costes a lo largo de un año.
- $F(t - 1)$ : es el flujo de caja del anterior año. Se añade para ver si al final de ese año se consigue o no recuperar la inversión.

**VAN:** el VAN consiste en hallar los valores actuales de todos los costes de capital y de los ahorros netos (antes de depreciación<sup>19</sup>) que se generarán a lo largo de la vida del proyecto. Se calcula de la siguiente manera:

$$VAN = \sum_{i=1}^n a_{Ni}(ad) \cdot FD_i(Td) - \sum_{i=1}^N C_i \cdot FD_i(Td) - C_c$$

Donde:

- $a_{Ni}(ad)$ : son los ahorros netos antes de la depreciación. En este caso se consideran también los ahorros relativos a dejar de usar los motores térmicos. Entonces los ahorros netos serán los relativos al consumo de gasoil y los ahorros en el mantenimiento.
- $FD_i(Td)$ : es el factor de descuento (deflactor) para cada año, a lo largo de la vida útil de la instalación de 20 años ( $i$ ). Su objetivo es reducir el valor de los ahorros que, en términos corrientes se vayan alcanzado en los años posteriores a la puesta en marcha del proyecto. Se calcula de la siguiente manera:

$$FD_i(Td) = \frac{1}{\left(1 + \frac{Td}{100}\right)^i}$$

---

<sup>19</sup> La depreciación es la pérdida de valor que el producto (la barca) y todos sus componentes (motor, baterías, etc.) sufren con el pasar del tiempo. No obstante, para el cálculo del VAN no se tiene en cuenta pues se calcula para antes de la depreciación.

Donde  $Td$  es la suma del IPC<sup>20</sup> y la tasa de interés ( $I$ ), que sirve de indicador para establecer la tasa de descuento. El valor del IPC (tasa de actualización monetaria) [-2,5] y de la tasa de interés se irá modificando [2%, 10%] para evaluar la viabilidad.

- $C_i$ : es lo que tiene que devolver suponiendo que para financiar la inversión se ha pedido un préstamo a  $N$  años con un interés del 10% ( $I$ ). Se supone una financiación del 100 % de la inversión inicial ( $C_{pres}$ ) a 5 ( $N$ ) años. En este caso, en el que se deben cambiar las baterías cada 2 años, para simplificar los cálculos a la inversión inicial se le añade el gasto de la compra del conjunto de las baterías que se harán a lo largo de la vida útil de la embarcación. Dicho esto, si la inversión inicial será  $C_{prest}$ , lo que se debe devolver cada año se calcula de la siguiente manera:

$$C_i = C_{prest} \frac{I (1 + I)^N}{(1 + I)^N - 1}$$

- $C_c$ : es el capital inicial que no se ha financiado. En este caso se ha financiado toda la inversión inicial, por lo que es 0.

**TIR:** para el cálculo del TIR simplemente se hace que la ecuación del VAN sea igual a 0 variando el valor de la tasa de descuento ( $Td$ ).

---

<sup>20</sup> Índice de precios al consumo (IPC): es un índice económico en el que se valoran los precios de un conjunto de precios de los bienes y servicios básicos que consume la población residente en viviendas familiares. También se le conoce como “la cesta de la compra”. Si es positivo indica un incremento en los precios, y si es negativo una caída de los precios.

○ Anexo C: Fichas técnicas

Ficha técnica y datos de interés del motor eléctrico DriveMaster 7W y el controlador



# DriveMaster

## Liquid Cooled

**Including:**

- Motor with mounting brackets and silent blocks
- Motor with integrated thrust bearing
- Vector control inverter IP65
- NMEA2000 compatible (Apply Transfluid)
- Main switch and main fuse
- DC-DC converter 12 Vdc
- 5m cable for display, lever, key
- Quick install / easy connect / plug and play
- Inlet and outlet liquid connections



PRODUCT CODE	DESCRIPTION	MOTOR SIZE	Medium & Heavy Duty		BATTERY Vdc	MOTOR rpm
			NOMINAL kw	INTERMITTENT kw		
BV101608W	DriveMaster 3W	180-4	2.5	3	48	1500
BV100854W	DriveMaster 7W	180-8	5	7	48	1500
BV100808W	DriveMaster 10W	180-12	8	10	48	1500
BV100810W	DriveMaster 15W	220-20	10	15	48	1500
BV101610W	DriveMaster 20W EVO	220-20 (+)	15	20	48	1500
BV100812W	DriveMaster 20W	220-20	15	20	96	1500
BV101288W	DriveMaster 30W	220-35	25	30	144	1500
BV101642W	DriveMaster 45W	300-50	35	45	144	1500
BV101580W	DriveMaster 55W	300-75	45	55	144	1500

(+) Special



\* Complete the scope of supply by adding control throttle, display, cooling kit, coupling, shaft with propeller

## Specifications Mass Combi Ultra 48/3500-50 (230 V)

### Specifications sine wave inverter

Nominal DC voltage	48 V (38-62 V)
Output voltage	180-260 V, adjustable
Output frequency	50/60 Hz ( $\pm 0.005\%$ ), configurable
Output waveform	true sine
Continuous power at 40 °C / 104 °F, cos phi 1	3500 W
Max. peak load	7000 W
Max. efficiency	$\geq 93\%$
Max. ripple on DC (battery at full load)	< 5 %
No-load power consumption on DC (ON/Inverter OFF/OFF)	26 W / 4 W / 0 W
Energy saving mode consumption	7 W
Parallel configuration	yes, up to 10 units (for larger systems, an external transfer system is required)
3-Phase configuration	yes, up to 3x3
Synchronise with mains/generator	yes



### Specifications battery charger

Input voltage range	184-275 V
Max. input current	16 A
Max. charge current at 40 °C / 104 °F	50 A at 57 V, adjustable
Secondary charger output voltage	12/24 V selectable
Secondary charger output current	10 A
Battery temperature sensor	yes, included
Battery voltage sense	through MasterShunt, otherwise automatic compensation

### Specifications transfer system

AC input (generator)	50 A (switched)
AC input	30 A (switched)
AC output 1	67 A
AC output 2	50 A (switched)
AC input fuse	no
Transfer speed	seamless (< 1 ms)
Transfer voltage range	184-275 V, adjustable
Transfer frequency range	35-68 Hz, adjustable

### General specifications

Galvanic isolation	yes
Display/read-out	LED display
Dimensions, hxxwxd	472 x 318 x 178 mm 18.6 x 12.5 x 7.0 inch
Weight	15.3 kg 33.7 lb
Compliance	CE, E-mark, ABYC, RMRS

### Technical specifications

Charge characteristic	ILiOliO, automatic / 3-step+ for Gel/AGM/MLI/ flooded/spiral/traction
Recommended battery capacity	- 100-300 Ah (based on gel batteries, may differ for other types)
Ground relay	yes, configurable
Temperature range (ambient temp.)	-25 °C to 60 °C, derating > 40 °C -13 to 140 °F
Cooling	vario fan
Protection degree	IP23 (vertical mounting)
Safety class	IEC protection class I
Humidity protection	conformal coating, max. 95 % relative humidity, non condensing
Protections	over temperature, overload, short circuit, high/low battery voltage
Power Assist	yes
MasterBus compatible	yes

## Ficha técnica de las baterías

En la siguiente tabla se muestran algunos datos de las características de las baterías seleccionadas, distribuida por la empresa Azimutmarine<sup>21</sup> del fabricante NDS<sup>22</sup>.

**Tabla 28.** Ficha técnica de las baterías Nautik 12V 250 Ah.

Modelo	Nautik 12V 250Ah
Tipo	AGM
Tensión (V)	12
Almacenamiento (Ah)	250
Peso (kg)	74
Ciclos de vida (para DoD 50%)	700-800
Ciclos de vida (para DoD 30%)	1300-1400
Precio (€/ud)	685,30

Para más datos técnicos de las baterías ir a <https://www.ndsenergy.es/>

### ○ Anexo D: Planos de la embarcación eléctrica piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar

A continuación, se presentan dos planos de la embarcación eléctrica piloto de la Comunidad de Pescadores de El Palmar.

En el Plano 1 se pueden ver los pasos que se siguen en la fabricación de las embarcaciones tradicionales de la Albufera de València y el acabado final.

En el Plano 2 se puede ver la distribución que tendrá el sistema eléctrico propuesto en la embarcación.

<sup>21</sup> <https://www.azimutmarine.es/electricidad/baterias/baterias/bateria-agm-serie-nautik-12v-250a.html>

<sup>22</sup> <https://www.ndsenergy.es/prodotto/nautik-las-baterias-maritimas-agm/#download>



Albufera

