



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Análisis de viabilidad técnica,
económica y medioambiental de la
electrificación de las actividades
productivas de la Albufera de Valencia:
planificación, evaluación y propuesta
de cambios regulatorios**

AUTOR: DANIEL SAMUEL BEJARANO CÁCERES

TUTOR: MANUEL ALCÁZAR ORTEGA

COTUTOR: DAVID GABRIEL RIBÓ PÉREZ

Curso Académico: 2021-22

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar la ocasión para agradecer a mis tutores David y Manolo, por su disponibilidad, apoyo y correcciones durante la realización de mi TFM. Son los mejores. Agradecer a la Cátedra de Transición Energética Urbana de la UPV por financiar mi TFM. A mis amigos, compañeros, profesores del máster y colegas del IIE que han hecho que estos años sean especiales y en los cuales he aprendido y disfrutado mucho. A todas las personas que de alguna u otra manera me han apoyado. Agradecer a mi familia por todo su amor y apoyo, pues son pilares en mi vida. En especial a mi madre, que siendo viuda de joven nos sacó a mi hermana y a mi adelante. De su ejemplo de vida he aprendido a esforzarme, ser constante, seguir a Jesús y disfrutar. Agradecer a Dios por todos estos años y por darme la oportunidad de estudiar y trabajar en lo que me gusta; y por el tiempo que he podido disfrutar de mi padrastro, a quien le dedico el presente trabajo.

RESUMEN

En los últimos años los efectos del calentamiento global en la naturaleza son cada vez más notorios. Los parques naturales y áreas protegidas como la Albufera de Valencia, hogar de una gran diversidad de flora y fauna, no son la excepción. Pues afecta tanto a las condiciones de hábitat de la flora y fauna como a la función natural que cumple los humedales. Los cuales actúan como sumideros de gases de efecto invernadero a través de la asimilación fotosintética del dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera, entre otros.

Debido a ello, y a la contaminación de los usos productivos dentro de la Albufera y alrededores debido al crecimiento urbano e industrial durante años, han contribuido al estado prolongado de eutrofización del agua que sufre el parque natural. Por ello, y debido a la importancia ecológica de la Albufera, en el presente documento se lleva a cabo una planificación de la electrificación de los usos productivos para la conserva y recuperación del ecosistema natural. Pues la electricidad es un vector de energía más eficiente que la basada en combustibles.

En el presente documento se analiza la situación actual de los dos principales usos productivos de la Albufera, el regadío de los campos de arroz y la navegación debido a la pesca y al turismo, y se desarrolla y aplica una metodología para la planificación de electrificación de los mismos. Para ello se recogen datos, se identifican casos tipo para favorecer la escalabilidad de los resultados y se dimensionan los usos productivos electrificados a nivel técnico-económico y ambiental. Posteriormente, se calcula la viabilidad económica y ambiental teniendo en cuenta los beneficios e inconvenientes de la electrificación. Finalmente, se analizan los resultados y se plantean una serie de modificaciones en la normativa y líneas de subvención para su impulso.

Palabras Clave: movilidad eléctrica; Albufera; eficiencia; medio ambiente; transición energética

RESUM

En els últims anys els efectes del calfament global en la naturalesa són cada vegada més notoris. Els parcs naturals i àrees protegides com l'Albufera de València, llar d'una gran diversitat de flora i fauna, no són l'excepció. Perquè afecta tant les condicions d'hàbitat de la flora i fauna com a la funció natural que compleix els aiguamolls. Els quals actuen com a embornals de gasos d'efecte d'hivernacle a través de l'assimilació fotosintètica del diòxid de carboni (CO₂) de l'atmosfera, entre altres.

A causa d'això, i a la contaminació dels usos productius dins de l'Albufera i voltants a causa del creixement urbà i industrial durant anys, han contribuït a l'estat prolongat d'eutrofització de l'aigua que pateix el parc natural. Per això, i a causa de la importància ecològica de l'Albufera, en el present document es duu a terme una planificació de l'electrificació dels usos productius per a la conserva i recuperació de l'ecosistema natural. Perquè l'electricitat correspon un vector d'energia mes eficient que la basada en combustibles.

En el present document s'analitza la situació actual dels dos principals usos productius de l'Albufera, el regadiu dels camps d'arròs i la navegació a causa de la pesca i al turisme, i es desenvolupa i aplica una metodologia per a la planificació d'electrificació d'aquests. Per a això es recullen dades, s'identifiquen casos tipus per a afavorir l'escalabilitat dels resultats i es dimensionen els usos productius electrificats a nivell tecnoeconòmic i ambiental. Posteriorment, es calcula la viabilitat econòmica i ambiental tenint en compte els beneficis i inconvenients de l'electrificació. Finalment, s'analitzen els resultats i es plantegen una sèrie de modificacions en la normativa i línies de subvenció per al seu impuls.

Paraules clau: mobilitat elèctrica; Albufera; eficiència; medi ambient; transició energètica

ABSTRACT

In recent years, the effects of global warming on nature have become increasingly noticeable. Natural parks and protected areas such as the Albufera de Valencia, home to a great diversity of flora and fauna, are no exception. It affects both the habitat conditions of flora and fauna and the natural function of wetlands. Wetlands act as greenhouse gas sinks through the photosynthetic assimilation of carbon dioxide (CO₂) from the atmosphere, among other things.

Due to this, and the pollution from productive uses in and around the Albufera due to urban and industrial growth over the years, they have contributed to the prolonged state of water eutrophication suffered by the natural park. For this reason, and due to the ecological importance of the Albufera, this document plans the electrification of productive uses for the conservation and recovery of the natural ecosystem. Electricity is a more efficient energy vector than fuel-based energy.

This document analyses the current situation of the two main productive uses of the Albufera, the irrigation of the rice fields and navigation due to fishing and tourism and develops and applies a methodology for planning the electrification of these uses. To this end, data is collected, typical cases are identified to favour the scalability of the results and the productive uses electrified are dimensioned at a technical-economic and environmental level. Subsequently, the economic and environmental viability is calculated, taking into account the benefits and drawbacks of electrification. Finally, the results are analysed and a series of modifications to regulations and subsidy lines are proposed to promote them.

Keywords: electrical mobility; Albufera; efficiency; environment; energy transition

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFM

- **MEMORIA**
- **PRESUPUESTO**
- **PLANOS**

ÍNDICE

ÍNDICE MEMORIA

LISTADO DE IMÁGENES	1
LISTADO DE TABLAS	3
NOMENCLATURA	5
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. ESTADO ACTUAL DE LA ALBUFERA DE VALENCIA	8
1.2. ANTECEDENTES	10
1.3. MOTIVACIÓN DEL TFM	12
1.4. OBJETIVO DEL TFM	13
1.5. ESTRUCTURA DEL TFM	14
CAPÍTULO 2. USOS PRODUCTIVOS EN EL PARQUE NATURAL DE LA ALBUFERA DE VALENCIA.....	15
2.1. USOS PRODUCTIVOS EN LA ALBUFERA DE VALENCIA	15
2.2. EVOLUCIÓN DE LAS ACTUACIONES SOBRE LOS USOS PRODUCTIVOS DE LA ALBUFERA PARA REDUCIR SU IMPACTO AMBIENTAL	16
2.3. BENEFICIOS DE LA ELECTRIFICACIÓN RENOVABLE	19
2.4. ACTUACIONES SOBRE LOS USOS PRODUCTIVOS PARA IMPULSO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA.....	20
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PARA LA ELECTRIFICACIÓN DE LOS USOS	21
3.1. METODOLOGÍA PARA LA ELECTRIFICACIÓN DE USOS.....	21
3.2. NAVEGACIÓN EN EL LAGO	22
3.2.1. <i>Adquisición de datos</i>	23
3.2.2. <i>Identificación de casos tipo</i>	24
3.2.3. <i>Dimensionado de los casos tipo</i>	24
3.2.3.1. Planteamiento del balance de fuerzas	24
3.2.3.2. Correcciones en el proceso de cálculo	26
3.2.3.3. Resolución del balance de fuerzas	26
3.2.4. <i>Costes y ahorros de los tipos de embarcaciones</i>	27
3.2.5. <i>Cálculo de indicadores de la viabilidad económica de los tipos de embarcaciones de la Albufera de Valencia</i>	28
3.2.5.1. Principales indicadores económicos	28
3.2.5.2. Flujo de caja y PAYBACK	29
3.2.5.3. VAN (Valor Actual Neto).....	29
3.2.5.4. TIR (Tasa Interna de Retorno)	30
3.2.6. <i>Dimensionamiento y estimación del coste del proceso de carga</i>	30
3.2.6.1. Modalidades del proceso de carga.....	30
3.2.6.2. Criterios de localización de los puntos de recarga y parámetros asumidos	31
3.2.6.3. Localización, cantidad y costes de los puntos de recarga	31
3.2.6.4. Ubicación de los puntos de recarga	32
3.2.7. <i>Escalabilidad de los costes y ahorros de la electrificación de las embarcaciones</i>	32

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

3.2.8.	<i>Beneficios de la electrificación de la navegación</i>	32
3.3.	REGADÍO DE LOS CAMPOS DE ARROZ	32
3.3.1.	<i>Adquisición de datos</i>	33
3.3.2.	<i>Identificación de casos tipo</i>	34
3.3.3.	<i>Dimensionado del sistema PV de los casos tipo</i>	34
3.3.3.1.	Generación	34
3.3.3.2.	Distancia entre filas de paneles.....	36
3.3.3.3.	Dimensionado del inversor	37
3.3.4.	<i>Costes y ahorros aproximado de los diferentes tipos de campos de arroz</i>	38
3.3.5.	<i>Cálculo de indicadores de la viabilidad económica</i>	39
3.3.6.	<i>Escalabilidad de los costes y ahorros de la instalación de sistemas solares fotovoltaicos de apoyo en la Albufera de Valencia</i>	39
3.3.7.	<i>Beneficios de la energía fotovoltaica en el regadío</i>	39
CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN DE LA ELECTRIFICACIÓN DE LAS EMBARCACIONES DE LA ALBUFERA		40
4.1.	ADQUISICIÓN DE DATOS	40
4.2.	IDENTIFICACIÓN DE CASOS TIPO.....	42
4.3.	DIMENSIONADO DE LOS CASOS TIPO.....	43
4.4.	COSTES Y AHORROS DE LOS TIPOS DE EMBARCACIONES	44
4.4.1.	<i>Coste de los tipos de embarcaciones</i>	44
4.4.2.	<i>Ahorro de los tipos de embarcaciones</i>	46
4.5.	CÁLCULO DE INDICADORES DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LOS TIPOS DE EMBARCACIONES DE LA ALBUFERA DE VALENCIA	47
4.5.1.	<i>Flujo de caja y PAYBACK</i>	47
4.5.2.	<i>VAN (Valor Actual Neto)</i>	49
4.5.3.	<i>TIR (Tasa Interna de Retorno)</i>	49
4.5.4.	<i>Resumen de resultados</i>	50
4.6.	DIMENSIONAMIENTO Y ESTIMACIÓN DEL COSTE DEL PROCESO DE CARGA	50
4.6.1.	<i>Modalidades del proceso de carga</i>	50
4.6.2.	<i>Criterios de localización de los puntos de recarga y parámetros asumidos</i>	54
4.6.3.	<i>Localización, cantidad y costes de los puntos de recarga</i>	55
4.6.4.	<i>Ubicación de los puntos de recarga</i>	58
4.6.4.1.	Puerto de El Palmar	58
4.6.4.2.	Puerto de El Saler y embarcadero de la Gola de Pujol	58
4.6.4.3.	Puerto de Catarroja	59
4.6.4.4.	Puerto de Silla	60
4.6.4.5.	Portet de El Perelló.....	61
4.6.4.6.	Portet de El Perellonet	61
4.6.4.7.	Tancat de la Pipa	62
4.6.4.8.	Tancat de Passiego	62
4.6.4.9.	Tancat de Milia.....	63
4.6.4.10.	Portet de Sollana	63
4.6.4.11.	Portet de Alfafar.....	64
4.7.	ESCALABILIDAD DE LOS COSTES Y AHORROS DE LA ELECTRIFICACIÓN DE LAS EMBARCACIONES DE LA ALBUFERA DE VALENCIA	64
4.8.	BENEFICIOS DE LA ELECTRIFICACIÓN DE LA NAVEGACIÓN.....	65
4.8.1.	<i>Reducción de contaminación acústica</i>	65
4.8.2.	<i>Cese de vertidos</i>	67
4.8.3.	<i>Reducción de emisiones de CO₂</i>	67
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DE LA ELECTRIFICACIÓN SOLAR DE USOS AGRÍCOLAS: REGADÍO EN TANCATS		69
5.1.	ADQUISICIÓN DE DATOS	69
5.1.1.	<i>Casos iniciales</i>	69

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

5.1.2.	<i>Mapeo de los motores</i>	70
5.2.	DIMENSIONADO DEL SISTEMA PV DE LOS CASOS INICIALES.....	72
5.2.1.	<i>Motor dels Peixcadors</i>	72
5.2.2.	<i>Motor de Sargues</i>	75
5.2.3.	<i>Motor de la Sardina</i>	78
5.2.4.	<i>Tancat de la Pipa</i>	81
5.3.	IDENTIFICACIÓN DE CASOS TIPO.....	84
5.4.	ESCALABILIDAD DE LOS COSTES Y AHORROS.....	84
5.5.	BENEFICIOS DEL USO DE SISTEMAS PVS EN EL REGADÍO.....	85
5.5.1.	<i>Reducción de emisiones de gases contaminantes y contribución en la consecución de los objetivos de sostenibilidad</i>	85
5.5.2.	<i>Viabilidad económica y el fortalecimiento del sector agrario</i>	85
5.5.3.	<i>Potenciación y mejora de salud de las zonas verdes y de agua de la ciudad de Valencia</i> 86	
CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		88
6.1.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ELECTRIFICACIÓN DE LAS BARCAS.....	88
6.1.1.	<i>Oportunidades de la electrificación de las barcas</i>	88
6.1.2.	<i>Inconvenientes de la electrificación de las barcas</i>	89
6.1.2.1.	Riesgos.....	89
6.1.2.2.	Barreras.....	89
6.1.3.	<i>Infraestructura de recarga</i>	90
6.1.4.	<i>Evaluación del coste total de la electrificación</i>	90
6.1.5.	<i>Propuestas para impulsar la electrificación</i>	91
6.1.5.1.	Líneas de subvenciones.....	91
6.1.5.2.	Cambios regulatorios.....	91
6.2.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ELECTRIFICACIÓN DEL REGADÍO.....	93
6.2.1.	<i>Oportunidades del uso de sistemas PVs en el regadío de cultivos</i>	93
6.2.2.	<i>Inconvenientes del uso de sistemas Pvs en el regadío de cultivos</i>	94
6.2.2.1.	Riesgos.....	94
6.2.2.2.	Barreras.....	94
6.2.3.	<i>Evaluación de los resultados del uso de sistemas PVs para el regadío de cultivos</i>	94
6.2.4.	<i>Propuestas para impulsar la instalación de sistemas PV en los motores de la Albufera</i> ..	94
6.2.4.1.	Líneas de subvenciones.....	94
6.2.4.2.	Cambios regulatorios.....	96
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....		98
ANEXOS.....		100
8.1.	ORGANIZACIÓN DEL ANEXO.....	100
8.2.	FICHAS TÉCNICAS.....	100
8.2.1.	<i>Motor y controlador del sistema de propulsión eléctrico</i>	101
8.2.2.	<i>Cargadores de las baterías de las barcas</i>	102
8.2.3.	<i>Baterías de las barcas eléctricas</i>	103
8.2.4.	<i>Módulos fotovoltaicos del sistema PV de regadío</i>	104
8.2.5.	<i>Inversor solar del sistema PV de regadío</i>	105
BIBLIOGRAFIA.....		106
ÍNDICE PRESUPUESTO		
1.1.	CALENDARIO Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	1
1.1.1.	<i>Coste de los recursos humanos</i>	1
1.1.2.	<i>Coste de software y de amortización de hardware</i>	2
1.1.3.	<i>Costes generales</i>	2

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

1.2.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	3
------	------------------------------	---

ÍNDICE PLANOS

1.1.	ORGANIZACIÓN DE LOS PLANOS	1
1.2.	FORMATO Y PRESENTACIÓN	1
	<i>Plano 1: Mapeo de la cantidad de embarcaciones registradas y la instalación de los puntos de recarga eléctricos planificados.</i>	<i>2</i>
	<i>Plano 2: Mapeo de la cantidad de motores de regadío y motores de humedales artificiales de la Albufera de Valencia (1 de 3).....</i>	<i>3</i>
	<i>Plano 3: Mapeo de la cantidad de motores de regadío y motores de humedales artificiales de la Albufera de Valencia (2 de 3).....</i>	<i>4</i>
	<i>Plano 4: Mapeo de la cantidad de motores de regadío y motores de humedales artificiales de la Albufera de Valencia (3 de 3).....</i>	<i>5</i>
	<i>Plano 5: Distribución del sistema eléctrico de una embarcación eléctrica de 6,5 metros.</i>	<i>6</i>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

MEMORIA

Listado de imágenes

Imagen 1. Atardecer en el lago de la Albufera de Valencia. Fuente: GVA (Marta García)	8
Imagen 2. Garzas en la Albufera de Valencia. Fuente: GVA	9
Imagen 3. Campo de arroz inundado en el mes de mayo. Fuente: GVA	16
Imagen 4. EDAR Valencia-Pinedo. Fuente:GVA	17
Imagen 5. Arrozal en el mes de mayo. Fuente: GVA	18
Imagen 6. Diagrama de la metodología de electrificación de los usos productivos.	21
Imagen 7. Diagrama de bloques de la metodología de electrificación de la navegación en la Albufera de Valencia.	23
Imagen 8. Metodología de electrificación del regadío en la Albufera de Valencia.	33
Imagen 9. Generación horaria de 6 paneles completamente horizontales en la ciudad de Valencia.	35
Imagen 10. Generación mensual de 6 paneles completamente horizontales en la ciudad de Valencia.	36
Imagen 11. Distancia mínima entre paneles fotovoltaicos para evitar sombras.	36
Imagen 12. Mapeo del número de embarcaciones registradas en la Albufera de Valencia.	41
Imagen 13. Influencia del DoD sobre los ciclos de vida útil de las baterías de AGM.	44
Imagen 14. Evolución de los precios de las baterías AGM. Fuente: BloombergNEF	45
Imagen 15. Flujo de caja de los diferentes tipos de barcas con PV.	48
Imagen 16. Flujo de caja de los diferentes tipos de barcas sin PV.	48
Imagen 17. Localización y cantidad de puntos de recarga de la Albufera de Valencia.	57
Imagen 18. Puntos de recarga en el embarcadero municipal de El Palmar. Elaboración propia.	58
Imagen 19. Puntos de recarga en el embarcadero municipal de El Saler. Elaboración propia. .	59
Imagen 20. Puntos de recarga en el embarcadero de la Gola de Pujol. Elaboración propia.	59
Imagen 21. Puntos de recarga en el puerto de Catarroja. Elaboración propia.	60
Imagen 22. Puntos de recarga en el puerto de Silla. Elaboración propia.	60
Imagen 23. Puntos de recarga en el portet del Perelló. Elaboración propia.	61
Imagen 24. Punto de recarga en el portet del Perellonet. Elaboración propia.	61
Imagen 25. Punto de recarga en el Tancat de la Pipa. Elaboración propia.	62
Imagen 26. Punto de recarga en el Tancat de Passiego. Elaboración propia.	62
Imagen 27. Punto de recarga en el Tancat de Milia. Elaboración propia.	63
Imagen 28. Puntos de recarga en el portet de Sollana. Elaboración propia.	63
Imagen 29. Puntos de recarga en el embarcadero de Tremolar, Alfafar. Elaboración propia. ..	64
Imagen 30. Coste de electrificación de la totalidad de embarcaciones de la Albufera de Valencia.	65
Imagen 31. Comparación de las emisiones de ruido del MCIA vs ME. Elaboración propia.	66
Imagen 34. Localización de los casos iniciales de cultivos de arroz de Catarroja.....	69
Imagen 35. Consumos energéticos de los casos iniciales.	70
Imagen 36. Zonas del tejado del recinto del Motor dels Peixcadors.....	72
Imagen 37. Generación de las diferentes alternativas de distribución del sistema PV del M. Peixcadors.	73
Imagen 38. Zonas del tejado del recinto del Motor de Sargues.	75
Imagen 39. Generación de las diferentes alternativas de distribución del sistema PV del M. Sargues.	76
Imagen 40. Zonas del tejado del recinto del Motor de la Sardina.....	78

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Imagen 41. Generación de las diferentes alternativas de distribución del sistema PV del M. Sardina.....	79
Imagen 42. Zonas del tejado del recinto disponible para el sistema PV en el Tancat de la Pipa.	81
Imagen 43. Generación de las diferentes alternativas de distribución del sistema PV del T. Pipa.	82
Imagen 44. Edad media de los titulares de explotaciones agrarias en España. Elaborado por: valenciaplaza	86
Imagen 45. Estructura de bombeo de la Tancadeta.	87
Imagen 46. Líneas de subvenciones para los tipos de barcas.	91
Imagen 47. Prohibiciones de navegación de embarcaciones con motores de combustión.....	92
Imagen 48. Subvención de sistemas PVs para suplir parcial o totalmente la demanda de energía de los motores.....	95
Imagen 49. Líneas de subvención de los sistemas PV en los motores de la Albufera.	96
Imagen 50. Sistema PV de la Tancadeta.	96
Imagen 51. Prohibiciones relativas a los motores de la Albufera.....	97

Listado de tablas

Tabla 1. Beneficios ambientales de las embarcaciones eléctricas.....	19
Tabla 2. Beneficios del uso de sistemas PVs como fuente de alimentación auxiliar de los motores de regadío.	20
Tabla 3. Clasificación de los datos a registrar de las embarcaciones de la Albufera.	24
Tabla 4. Costes y ahorros durante la vida útil de las embarcaciones electrificadas.....	27
Tabla 5. Clasificación de los datos a registrar de los cultivos de arroz de la Albufera.....	33
Tabla 6. Costes y ahorros durante la vida útil de los sistemas solares fotovoltaicos de apoyo.	38
Tabla 7. Registro del número de embarcaciones en los principales puertos de la Albufera.....	40
Tabla 8. Usos medios considerados de los tipos de embarcaciones de la Albufera de Valencia.	42
Tabla 9. Resultados del dimensionado de los tipos de embarcaciones.	43
Tabla 10. Modelo de motor óptimo y capacidad de baterías necesaria para cada tipo de embarcación.....	43
Tabla 11. Dimensionado de los diferentes tipos de embarcaciones para facilitar su escalabilidad.	43
Tabla 12. Coste de electrificación de cada tipo de barca.	44
Tabla 13. Coste de renovación de baterías de las barcas de PESCA, PESCA/RECREO y RECREO.	46
Tabla 14. Coste de renovación de baterías de las barcas de GRAN RECREO y PASAJE.	46
Tabla 15. Ahorro económico y en emisiones de los tipos de barca con y sin PV.	46
Tabla 16. Resumen de los VAN obtenidos de cada tipo de embarcación con PV.	49
Tabla 17. Resumen de los VAN obtenidos de cada tipo de embarcación sin PV.....	49
Tabla 18. Resumen de los VAN obtenidos de cada tipo de barca con y sin PV.	50
Tabla 19. Resumen de resultados de la electrificación de las barcas de la Albufera de Valencia.	50
Tabla 20. Energía necesaria y tiempo de carga de las baterías planificadas para el uso medio previsto.....	51
Tabla 21. Energía necesaria y tiempo de carga de las baterías en caso de que tengan que cargarse del 0% al 100%.	51
Tabla 22. Resultados del dimensionado de las baterías de litio para carga rápida de cada tipo de barca.....	53
Tabla 23. Presupuesto aproximado del cambio del sistema de almacenamiento y cargador para recarga rápida.	53
Tabla 24. Resumen de los criterios para la localización de los puntos de recarga.	54
Tabla 25. Resumen de las asunciones para la localización de los puntos de recarga.	¡Error!
Marcador no definido.	
Tabla 26. Número de embarcaciones registradas de cada tipo en los diferentes puertos de la Albufera.....	55
Tabla 27. Necesidades energéticas y número de puntos de recarga necesarios en los 8 principales puertos de la Albufera de Valencia.....	55
Tabla 28. Número de puntos de recarga lenta y rápida y el coste de instalación llave en mano.	56
Tabla 29. Coste de la electrificación cada tipo de embarcación.....	64
Tabla 30. Coste total de aproximado de la electrificación de la Albufera de Valencia.	65
Tabla 31. Niveles máximos de contaminación acústica.....	65

Tabla 32. Resultado de las mediciones de contaminación acústica.	66
Tabla 33. Resumen de resultados de ahorros de emisiones de cada tipo de barca sin PV.	68
Tabla 34. Registro de los motores de regadío de campos de arroz en la Albufera de Valencia. 70	
Tabla 35. Características de las diferentes alternativas de la distribución del sistema PV del M. Peixcadors.	73
Tabla 36. Comparación de coste de las alternativas del sistema PV del M. Peixcadors.....	74
Tabla 37. Ahorro estimado de la Alternativa B del M.Peixcadors.	74
Tabla 38. Comparación económica de las alternativas del sistema PV del M. Peixcadors.	74
Tabla 39. Características de las diferentes alternativas de la distribución del sistema PV del M. Sargues.	76
Tabla 40. Comparación de coste de las alternativas del sistema PV del M. Sargues.	77
Tabla 41. Ahorro estimado de la Alternativa A del M.Sargues.	77
Tabla 42. Comparación económica de las alternativas del sistema PV del M. Sargues.	77
Tabla 43. Características de las diferentes alternativas de la distribución del sistema PV del M. Sardina.....	79
Tabla 44. Comparación de coste de las alternativas del sistema PV del M. Sardina.....	80
Tabla 45. Ahorro estimado de la Alternativa A del M.Sardina.	80
Tabla 46. Comparación económica de las alternativas del sistema PV del M. Sardina.	80
Tabla 47. Características de las diferentes alternativas de la distribución del sistema PV del T. de la Pipa.	82
Tabla 48. Comparación de coste de las alternativas del sistema PV del T. Pipa.	82
Tabla 49. Ahorro estimado de la Alternativa A del T. Pipa.	83
Tabla 50. Comparación económica de las alternativas del sistema PV del T. Pipa.	83
Tabla 51. Características de los casos tipo de los motores de la Albufera de Valencia.....	84
Tabla 52. Resultados después de la escalabilidad de los resultados de los motores de la Albufera.	85
Tabla 53. Subvenciones para recuperar la inversión en 10 años para cada tipo de barca sin PV.	89
Tabla 54. Costes de recursos humanos.....	2
Tabla 55. Costes del equipamiento.....	2
Tabla 56. Costes generales.....	2
Tabla 57. Detalle del presupuesto contractual.....	3

Nomenclatura

La nomenclatura relacionada con el dimensionado de las barcas eléctricas:

$F_{motor}(t)$ (N)	Fuerza motriz realizada por el sistema de propulsión (motor) para que la embarcación se mueva.
$F_{D\ agua}(t)$ (N)	Fuerza de arrastre del agua es la resistencia que opone el fluido (agua) al avance de la embarcación.
ρ (kg/m ³)	Densidad del fluido en contacto con la barca, agua dulce y aire.
$V(t)$ (m/s)	Velocidad de navegación de la embarcación.
A (m ²)	Superficie de contacto del barco con el fluido. El área en contacto del barco con el agua es el área mojada del barco, y el área del barco en contacto que el barco tiene con el viento, considerando que el viento viene de cara (peor caso), es el área transversal del barco que no está sumergida.
$C_{D\ agua}(t)$	Coefficiente de arrastre total de resistencia al avance del barco al estar en contacto con el agua.
$C_f(t)$	Coefficiente de fricción de arrastre del agua sobre la superficie mojada del barco.
$Re_L(t)$	Número de Reynolds, es adimensional y se usa para identificar el régimen del flujo (laminar o turbulento).
L (m)	Eslora de la embarcación.
ν (m ² /s)	Viscosidad cinemática del agua.
$F_{T\ agua}(t)$ (N)	Fuerza total de arrastre del agua.
$F_{D\ viento}(t)$ (N)	Fuerza de arrastre del viento es la resistencia que opone el fluido (aire) al avance de la embarcación.
V_{viento} (m/s)	Velocidad del viento, cuyo valor se adquiere de la estación meteorológica del Tancat de la Pipa. Se considera un valor constante durante los viajes en barca y que viene de cara.
$C_{D\ viento}$	Coefficiente de arrastre aerodinámico de la embarcación.
$F(t)$ (N)	Fuerza de inercia de la embarcación. Es la fuerza que tiene el barco para seguir avanzando si se apaga el motor.
m (kg)	Masa total de la embarcación, cuyo valor depende de la masa de la embarcación y de las personas a bordo.
$a(t)$ (m/s ²)	Aceleración de la embarcación. Es la diferencia de la velocidad del segundo actual $V(t)$ y del segundo anterior $V(t - 1)$.
$V'(t)$ (m/s)	Velocidad de la embarcación corregida del "ruido" en la adquisición de datos.
$P_{\acute{u}til}(t)$ (W)	Potencia motriz útil (del motor) necesaria para mover la embarcación.
$P(t)$ (W)	Potencia del motor eléctrico necesaria para mover la embarcación.
η_{ME} (%)	Rendimiento energético del motor eléctrico.
η_{POT} (%)	Rendimiento energético de la electrónica de potencia del sistema de control eléctrico.
η_{BAT} (%)	Rendimiento energético de las baterías. Es decir, la capacidad de las baterías de devolver la energía almacenada.
η_{PROP} (%)	Rendimiento del sistema de propulsión (ejes, hélices, etc.).
P_{MAX_motor} (kW)	Potencia máxima calculada de la curva de $P(t)$ a lo largo del viaje.
P_{MED_motor} (kW)	Potencia media calculada de la curva de $P(t)$ a lo largo del viaje.
C_{BAT} (kWh)	Capacidad de almacenamiento (baterías) necesaria área encerrada de la curva de $P(t)$ a lo largo del viaje.
N_{PR}	Número de puntos de recarga eléctricos a instalar en la Albufera.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

$\%_{emb_elec}$	Porcentaje estimado del total de embarcaciones electrificadas en un tiempo determinado.
$N_{emb,i}$	Número de embarcaciones del tipo i , los cuales pueden ser del tipo RECREO, GRAN RECREO, PESCA, PESCA/RECREO y PASAJE.
$E_{emb,i}(\text{kWh})$	Energía eléctrica consumida media diaria de las embarcaciones tipo i .
$P_{rec}(\text{kW})$	Potencia de recarga de los cargadores. Es la potencia de recarga habitual (máxima) de los cargadores en las embarcaciones, el cual depende de la corriente nominal de los cables dirigidos a las baterías y la tensión de recarga (ligeramente superior a la tensión nominal de las baterías).

La nomenclatura relacionada con el cálculo de viabilidad económica es la siguiente:

$F(t)(\text{€})$	Flujo de caja del año t . Es diferencia entre el ahorro económico y gastos, y teniendo en cuenta el flujo de caja del año anterior.
$a(t)(\text{€})$	Ahorro económico en costes de operación (combustible, electricidad, etc.) y mantenimiento a lo largo del año t .
$c(t)(\text{€})$	Suma de los costes (combustible, electricidad, coste de renovación de baterías, devolución anual del préstamo, etc.) a lo largo del año t .
PAYBACK (años)	Tiempo t en el que se recupera la inversión inicial, cuando el flujo de caja es cero. A menor PAYBACK más atractiva es la inversión.
$VAN(\text{€})$	Valor actual neto de los costes de capital y de ahorros netos (antes de la depreciación) que se generan a lo largo de la vida del proyecto. Cuanto más positivo sea más rentable es la inversión.
$a_{Ni}(ad)(\text{€})$	Ahorros netos antes de la depreciación del año i , aquellos relativos al consumo de combustible (barcas), electricidad (motores) y ahorros en mantenimiento.
$FD_i(Td)$	Factor de descuento del año i se usa para reducir el valor de los ahorros que en términos corrientes que se hayan alcanzado después de su puesta en marcha.
Td	Tasa de descuento es la suma del IPC (Índice de Precios de Consumo) y la tasa de interés (I). El IPC mide el nivel de precios de los bienes y servicios de consumo adquiridos por los hogares residentes en España. La tasa de interés es el porcentaje del dinero prestado que el beneficiario del préstamo debe pagar al que se lo ha prestado.
$C_i(\text{€})$	Dinero a devolver del préstamo en el año i .
$C_{pres}(\text{€})$	Dinero prestado inicialmente al beneficiario del préstamo.
$C_c(\text{€})$	Capital inicial aportado que no ha sido prestado.
TIR (%)	Tasa de descuento (Td) para el cual se obtiene un VAN igual a cero. Representa el rendimiento del dinero que se ha mantenido en el proyecto.

La nomenclatura relacionada con el cálculo de generación y dimensionado del sistema PV:

$T_{hora}(\text{°C})$	Temperatura del módulo fotovoltaico en una hora y mes determinado.
$T_{amb_hora}(\text{°C})$	Temperatura ambiental de una hora y un mes determinado.
$NOCT(\text{°C})$	Temperatura de operación nominal del módulo fotovoltaico.
$T^{STC}(\text{°C})$	Temperatura en condiciones estándar del módulo fotovoltaico.
$S_{hora}(\text{W/m}^2)$	Irradiancia solar incidente sobre el módulo fotovoltaico, el cual varía dependiendo de su orientación e inclinación.
$S^{STC}(\text{W/m}^2)$	Irradiancia de condiciones de test estándar del módulo fotovoltaico.
$I_{mpp}^{STC}(\text{A})$	Corriente de operación del módulo fotovoltaico en una hora y mes determinado.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

$I_{mpp}(A)$	Corriente de operación del módulo fotovoltaico en una hora y mes determinado.
$\mu_A(A/^{\circ}C)$	Coefficiente de temperatura de circuito abierto, el cual refleja la influencia de la temperatura del módulo sobre su capacidad para generar electricidad.
$\mu_V(V/^{\circ}C)$	Coefficiente de tensión de vacío, refleja que la tensión del módulo disminuye al aumentar la temperatura.
$V_{mpp}^{STC}(V)$	Tensión de operación óptima del módulo fotovoltaico en condiciones estándar.
$V_{mpp}(V)$	Tensión de operación del módulo fotovoltaico en una hora y mes determinado.
$P_{mod_hora}(W)$	Potencia de operación del módulo fotovoltaico en una hora y mes determinado
$\eta_{global}(\%)$	Eficiencia global del sistema PV.
$\eta_{sombbras}(\%)$	Coefficiente de pérdidas de generación por sombras.
$E_{tot_hora}(Wh)$	Energía generada por el sistema PV en una hora y mes determinado.
$E_{tot_dia}(Wh)$	Energía generada por el sistema PV en un día medio de un determinado mes.
$E_{tot_mes}(kWh)$	Energía generada por el sistema PV en un mes determinado.
$h_o(^{\circ})$	Altura solar, es el ángulo que forman los rayos solares con la superficie horizontal.
$\beta(^{\circ})$	Inclinación del módulo fotovoltaico.
$d(m)$	Distancia mínima entre módulos fotovoltaicos para que en el peor día del año no se hagan sombra.
$T_{max}(^{\circ}C)$	Temperatura máxima que alcanza el módulo fotovoltaico en situaciones extremas.
$T_{min}(^{\circ}C)$	Temperatura mínima que alcanza el módulo fotovoltaico en situaciones extremas.
$T_{amb_max}(^{\circ}C)$	Temperatura ambiente máxima ($^{\circ}C$).
$T_{amb_min}(^{\circ}C)$	Temperatura ambiente mínima ($^{\circ}C$).
$S^{max}(W/m^2)$	Irradiancia solar máxima que recibe el módulo fotovoltaico dada una inclinación y orientación.
$V_{oc}(T_{min})(V)$	Máxima tensión admisible por el inversor solar.
$V_{oc}^{STC}(V)$	Tensión de cortocircuito del módulo fotovoltaico.
$V_{max}(T_{min})(V)$	Máxima tensión admisible en el inversor en el punto de máxima potencia.
$V_{min}(T_{max})(V)$	Tensión mínima de funcionamiento óptimo del inversor solar.
$I_{SC}^{max}(T_{max})(A)$	Máxima intensidad admisible por el inversor solar.
$I_{SC}^{max}(A)$	Intensidad máxima en cortocircuito del módulo fotovoltaico.
$E_{mes}(kWh/mes)$	Energía generada mensual por el sistema PV.
$E_{dem_mes}(kWh/mes)$	Energía demandada mensual por el motor.
$A_{energía}(kWh/mes)$	Ahorro energético mensual.
$A_{económico}(€/mes)$	Ahorro económico mensual.
$A_{emisiones}(tCO_2/mes)$	Ahorro de emisiones de CO ₂ eq mensual.
$C_{elec}(€/kWh)$	Coste de la electricidad en tarifa PVPC.
$K_{emis_elec}(tCO_2/kWh)$	Coefficiente de emisiones eléctrico del mix energético español.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe el ecosistema actual de la Albufera de Valencia y los antecedentes de transición energética en Parques Naturales similares. A partir de ello, se describe la motivación y el objetivo del TFM, el cual es el desarrollo de una metodología para la electrificación de los usos de energía relativo al regadío y navegación.

1.1. Estado actual de la Albufera de Valencia

Con una superficie de 2.800 hectáreas, la Albufera alberga el lago más grande de España y una de las zonas de humedales más importantes de la Península Ibérica. Sorprende descubrir que la Albufera tiene una profundidad media de un metro. Aunque su agua era originalmente salada, actualmente es un lago de agua dulce, abastecido por los ríos Júcar y Túría.



Imagen 1. Atardecer en el lago de la Albufera de Valencia. Fuente: GVA (Marta García)

Está rodeado por extensiones de cañaverales y vegetación que se encuentran típicamente en hábitats de agua dulce, formando islas en algunos casos, que se conocen localmente como "matas" o matorrales. Esta laguna originalmente tenía una superficie de alrededor de 30.000 hectáreas, que fue disminuyendo de manera gradual, principalmente para su uso como arrozal. En invierno, cuando estos campos están cubiertos de agua, la Albufera recupera un tamaño similar a su superficie original. El lago está conectado al mar a través de esta franja de costa por tres ensenadas, conocidas como *goles*. Las ensenadas El Pujol, El Perellonet y El Perelló regulan

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

los niveles del agua del lago a través de esclusas que permiten inundar los arrozales cuando están cerradas.

A pesar de su origen y conexión con el mar, el agua de La Albufera es dulce. En 1990, la Reserva Natural de La Albufera se incorporó a la lista Ramsar de humedales para aves de relevancia internacional. Poco después, se incluyó en la red Natura 2000, que agrupa las zonas más importantes desde el punto de vista medioambiental de Europa. Como parte de esta red, La Albufera fue designada como Zona de Especial Protección para las Aves y como propuesta de Lugar de Interés Comunitario. La Albufera es un parque natural metropolitano, una zona rural con curiosidades que le confieren una identidad peculiar y son el emblema o la representación de su cultura.

La laguna de la Albufera está rodeada por 18 km² de marjales dedicados principalmente a cultivos de arroz y huertas, casas de campo dispersas y resorts costeros, conformando un paisaje de increíble belleza, aunque sometido a la presión humana. El conjunto de pequeños manantiales de agua subterránea o *ullals* había sido protegido por el decreto 96/1995 que dio luz verde al "Plan de gestión de recursos naturales" de la cuenca hidrográfica de La Albufera.

Buena parte de la proyección internacional de La Albufera y su entorno se debe a la diversidad y abundancia de su avifauna. De las cuales 370 especies utilizan el área en algún momento de su ciclo vital y, de estas, 90 nidifican regularmente. De éstas, 40 especies están catalogadas como raras o amenazadas incluidas en el Anexo I de la Directiva Europea de Aves, cifra que sube hasta 80 si se consideran las incluidas en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas y en Peligro de Extinción.



Imagen 2. Garzas en la Albufera de Valencia. Fuente: GVA

1.2. Antecedentes

En España la transición energética en parques naturales y zonas rurales se ha ido llevando a cabo. Uno de los más significativos es el uso de embarcaciones eléctricas impulsadas por energía renovables en parques naturales con núcleos húmedos. Los cuales se ha aplicado en los parques naturales del lago de Sanabria (Zamora) y el embalse de El Tranco (Jaén) desde hace años, promoviendo el turismo sostenible y realizando labores de educación ambiental (Antão-Geraldes et al., 2019). Dicha opción se ha contemplado y ya se han dado los primeros pasos para la transición eléctrica de la flota de barcas de la Albufera de Valencia (Bejarano-Cáceres et al., 2020). Por otro lado, también se ha estado promoviendo la generación de energía fotovoltaica para el riego de los campos en el sector de la agricultura y las zonas rurales (Vázquez Meco, 2020).

Por su parte, en el resto de Europa también se han ido desarrollando las embarcaciones eléctricas pues son, cuanto menos, más respetuosa con el medioambiente. En 1997 apareció un barco de pasajeros con energía solar en el lago Lemán, entre Francia y Suiza, y en Reino Unido en 2006 otro en el lago *Serpentine Hyde Park*, Londres. De manera similar, en China han pasado años desde que en 2010 se lanzara el primer barco turístico impulsado por energía solar en el río Huangpu (Zhang & Shi, 2020). En Australia, desde el 2016, hay un pequeño ferry propulsado por energía solar, al que en los últimos años se han lanzado más ferris del mismo modelo (Symington & Desjardins, 2017). Así como en Belem, Brasil, hay un barco solar circulando por el Amazonas dedicado a fines sociales y educativos (Aghaei et al., 2020).

En el sudeste asiático, el elevado número de barcas empleadas para pesca, transporte o turismo, y el aumento de estos, han despertado la preocupación de las fugas de combustible y la contaminación acústica que daña la vida marina, afecta a la pesca y empeora la calidad de los lugares turísticos. De ello surge la idea de la electrificación de un millón de barcas en el sudeste asiático, con el propósito de construir un ecosistema de negocio sostenible y reducir la dependencia de la región a los combustibles fósiles, reducir la contaminación y mejorar la salud de las comunidades locales. El proyecto se basa en la elaboración de kits de montaje de los motores eléctricos y trabajar en conjunto con empresas de tecnología solar de la zona para poder instalar placas solares en los pueblos pesqueros y zonas turísticas (Ranci, 2020).

En el archipiélago de Raja Ampat, un área protegida marina de Indonesia, se está electrificando sus barcas de turismo de buceo para que sea más ecológico. Actualmente en esta zona existen dos tipologías de barcos equipados con motores eléctricos, los cuales son el *Puck Tiga*, de 22 m de longitud y con una autonomía de 2h y 20 km, con una capacidad de 12 personas y el *Puck Ampat*, de 8 m de longitud y una autonomía de 1h y 10 km de recorrido con una capacidad de 6 personas (Lodge, 2018). Por su parte, en Bali, algunos de los tradicionales barcos ferris llamados *jukungs*, en conjunto con otras embarcaciones, se han electrificado y cuentan además con paneles solares como fuente de generación de energía complementaria (Sharma & Kothari, 2018).

En 2020, en Bangkok se han empezado a usar barcos eléctricos para el transporte de pasajeros para cubrir una ruta de 5 km. Existe una flota de 7 barcos eléctricos que pueden transportar hasta 30 pasajeros. Tienen una autonomía de 4 horas de carga y realizar de 10 a 15 km cada hora. Están equipados con un techo solar para ayudar al funcionamiento del motor y llevan un sistema de rastreo y cámaras de vigilancia integradas¹. De igual manera, en el cauce del río Chao

¹ <https://www.bangkokpost.com/thailand/general/2026495/electric-boat-service-starts-on-bangkok-canal>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Phayra, en una ruta que une Bangkok con Nonthaburi, este año se han comenzado a proporcionar a las personas un sistema de transporte fluvial respetuoso con el ambiente, diversificando de esta manera la industria del transporte². El barco transporta hasta 1200 personas por día y los lleva a 12 puertos a lo largo del río.

En India, los viajeros que van desde la ciudad de Vaikom a Thavanakkaddacu, separadas por un lago de 40 km de largo, utilizan un ferri. En este lago el 2017 se implantó el primer ferry solar (*The Aditya*) del país. Después de 2 años se realizó un estudio de los cambios y mejoras que ha incorporado este ferry. Con la realización de 22 viajes diarios, con 75 personas a bordo por viaje, se observa un consumo de 3.3 kWh por viaje. Después del uso durante un día aún está cargado el 58% y el coste por día para la carga de las baterías que no consiguen cargarse con energía solar es de 2.6 US \$. Se estima que en dos años se ha minimizado el consumo de diésel en 58.000 litros y se ha ahorrado 65.000 \$ anuales (Thandasherry, 2018).

En Vietnam se ha abierto recientemente el mayor parque temático de 1.000 ha y se ha optado por la inclusión de una flota de barcos eléctricos para el transporte de 6 pasajeros. En los cuales se ha modificado el interior de los tradicionales barcos de madera vietnamitas, es decir, se han cambiado el motor de combustión y depósito por un motor eléctrico y baterías y la electrónica correspondiente, por lo que se han hecho más silenciosas. De esta manera, se han reducido los costes de operación y de mantenimiento y se ha contribuido a la protección de los ecosistemas marinos³.

En la mayoría de los casos anteriores descritos predomina el hecho de que son embarcaciones pequeñas y que se usan para trayectos cortos, que son los casos de las embarcaciones de paseo turístico de La Albufera. En todos los casos descritos también predomina un gran apoyo por parte de la población, que se incrementa si se trata de espacios naturales protegidos. Un ejemplo de ello son los visitantes del parque natural del lago Trasimeno, Italia, los cuales fueron testeados respecto a ello y de media manifestaron estar dispuestos a pagar un sobreprecio por tener barcos eléctricos (Bigerna et al., 2019). Dicho estudio además determinó que, a parte de los sobreprecios, es necesario una política de subvenciones para la transición energética de las barcas, así como se determinó para el caso de La Albufera de Valencia (Domenech-Canosa et al., 2020).

Por su parte, se ha ido impulsado la energía solar como fuente de alimentación de los motores de regadío en la agricultura (Dhonde et al., 2022; Parvathi Sangeetha et al., 2022). Los sistemas PVs en la agricultura se destaca la rentabilidad económica que, dependiendo de la instalación, el tiempo de retorno de la inversión está en alrededor de 3 a 7 años, y que se puede programar el consumo para que se adapte a la curva de generación mediante los inversores inteligentes actuales. La rentabilidad económica cambia mucho dependiendo de si se quiere disponer de sistema de almacenamiento (baterías), pues las baterías representan un elevado coste.

Con todo lo anterior, se llega a la conclusión de que es necesario que en la Albufera de Valencia se lleve a cabo la transición energética de sus usos productivos para seguir disponiendo de ellos y conservar el ecosistema natural. Por ello, en este documento se propone dar respuesta a cómo se debe facilitar la transición con una perspectiva de equidad y asumiendo el rol tractor que las administraciones públicas han de tener. Y de esta manera, además, ayudar a alcanzar los

² <https://www.bangkokpost.com/business/2113015/ea-officially-launches-electric-boat-service>

³ <https://www.transfluid.eu/en/first-fleet-of-boats-with-bellmarine-electric-engine-in-vietnam/>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

objetivos de la Hoja de Ruta hacia 2050 para la transición energética hacia una economía baja en carbono competitiva y *Missions València 2030*⁴.

1.3. Motivación del TFM

El calentamiento global está afectando al planeta entero, a unos más que a otros dependiendo de la zona en la que se encuentren. Cambiando la climatología y provocando catástrofes naturales de mayor magnitud en algunos casos. Los ecosistemas como los parques naturales y áreas protegidas, en los cuáles llegan a habitar una gran diversidad de flora y fauna, no son la excepción. Pues afecta a las condiciones de hábitat de la flora y fauna, entre otros, y a la función natural que cumplen los mismos. Funciones tales como la de los humedales que actúan como sumideros de gases de efecto invernadero a través de la asimilación fotosintética del dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera (Brix et al., 2001), entre otros. Un ejemplo representativo de ello del efecto del calentamiento global es la zona del litoral mediterráneo y es una de las más afectadas del mundo (Olcina Cantos, 2019).

Por otro lado, la degradación del ecosistema de los parques naturales también afecta a los usos productivos de los mismos pues para las poblaciones locales supone una gran fuente de ingresos para los diferentes sectores comerciales. Dichos sectores, y sobre todo el turismo en áreas protegidas, son fenómenos complejos que traen tanto efectos positivos como negativos sobre el medio ambiente y los núcleos poblacionales locales (Prieto Serrano & Requena-I-Mora, 2020). Por eso se debe fomentar actividades que no afecten al ecosistema, para su conservación y mejora realizando una planificación de la transición energética de los usos productivos apostando por tecnologías respetuosas con el medioambiente. Transición tal como el fomento de la producción de energías renovables, la electrificación y sustitución de maquinaria y/o servicios que ayudan a descarbonizar la economía.

Desafortunadamente, como se ha descrito anteriormente, el proceso de urbanización e industrialización del área metropolitana ha supuesto una serie de impactos medioambientales negativos, como el crecimiento de viviendas y actividades recreativas, la expansión de la movilidad contaminante y las infraestructuras asociadas, la industrialización en sus proximidades y la intensificación de la agricultura, así como la falta de aportaciones que hacen que las renovaciones de agua del lago no sean suficientes. Impactos negativos medioambientales tales como la degradación del ecosistema natural, problemas de eutrofización del agua, contaminación acústica debido a la movilidad dentro y alrededor del lago, entre otros. Por otro lado, también han supuesto problemas sociales en el sector primario de la Albufera debido a los cambios de las actividades económicas dentro de la misma, que ha puesto a los trabajadores tradicionales (agricultores, pescadores, etc.) en una situación complicada económicamente, así como con el remplazo generacional, entre otros.

Teniendo en cuenta que el estado actual de la Albufera de Valencia es crítico (Martín et al., 2020), se hace necesaria la planificación de transición energética de los usos productivos para la conserva del ecosistema natural y el sustento de la actividad económica de pedanías como El Palmar, cuya actividad se centra gran parte en el turismo y la hostelería derivados de la Albufera. Algunas de las soluciones que se plantea para la transición energética en el Parque Natural de la Albufera es la electrificación de los usos productivos y fomento del uso de energías renovables. La electrificación es una de las herramientas más importantes para ello (J.-M. Clairand et al., 2018), pues implica cambiar maquinaria y/o servicios basados en el carbono por

⁴ <https://www.missionsvalencia.eu/wp-content/uploads/2020/06/marco-estrategico-mvlc2030.pdf>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

otras basadas en energía eléctrica (un vector de energía más eficiente) y la infraestructura que conlleva (J. M. Clairand et al., 2020).

La electrificación de las embarcaciones de La Albufera lo comencé a estudiar en mi TFG (Bejarano Cáceres, 2019; Bejarano-Cáceres et al., 2020), y durante la realización del máster he continuado con la investigación en este campo, la cual se presenta en este documento. Por su parte, el proyecto sigue avanzando y ya se ha construido la primera embarcación eléctrica del Ayuntamiento de Valencia, usada para realizar tareas de mantenimiento, y está en proceso de construcción otra embarcación para la Comunidad de Pescadores de El Palmar.

En términos físicos la electrificación de las embarcaciones de la Albufera se traduciría en la reducción de contaminación acústica, reducción de la contaminación de gases contaminantes y cese de vertidos de inquemados productos de la combustión, entre otros, con lo que se conseguiría disminuir ruidos, mejora de la calidad del agua y aire de la Albufera, así como la mejora de las condiciones de hábitat de la fauna, flora y los trabajadores y visitantes del parque natural. Con el fomento del uso de las energías renovables en el parque natural también es una de las herramientas más importantes, que ya se ha estado realizando en los campos de arroz de la Albufera, a partir de la cual se conseguiría reducir las emisiones de gases contaminantes y en algunos casos producir ahorros económicos para los mismos trabajadores (Ribó-Pérez et al., 2019).

1.4. Objetivo del TFM

El objetivo principal del presente trabajo es el análisis y propuesta de electrificación de los usos productivos en la Albufera de Valencia para impulsar la transición energética y favorecer la recuperación del ecosistema natural y el sector laboral dependiente del parque natural, como los agricultores, pescadores, la hostelería y el turismo.

El presente documento comprende el estudio del estado actual del sector de la pesca y agricultura en la Albufera de Valencia, así como la identificación de las oportunidades y actuaciones que favorezcan la sostenibilidad de estos sectores a la vez que se impulsa la transición energética para la conserva y mejora del estado actual del ecosistema natural del parque natural. Concretamente se centra en la electrificación del regadío y navegación dentro de la laguna.

El regadío en la Albufera se basa en que el nivel del agua está a una cota superior que los campos de arroz, por lo que para regar únicamente se tiene que abrir las acequias. Para la evacuación del agua se usan bombas de drenaje, que vuelven a elevar el agua al nivel del lago. Por ende, uno de los objetivos es el cálculo y análisis de la aplicación de sistemas PV para abastecer parcial o totalmente la energía demandada por dichos motores de toda la Albufera.

La navegación en la laguna se debe a la pesca tradicional, al turismo, usos recreativos y tareas de mantenimiento por parte del ayuntamiento. Varios municipios tienen acceso al lago por medio de canales, y se conocen las embarcaciones registradas en cada uno de ellos. Por ende, un objetivo es el cálculo y análisis de las necesidades energéticas de los diferentes tipos de embarcaciones, su dimensionamiento y la planificación de la instalación de estaciones de recarga eléctricos en los diferentes términos municipales de la Albufera.

Con ello, en los siguientes capítulos se recoge los datos de las estaciones de bombeo y embarcaciones registradas en la Albufera, se analiza la demanda de energía de una serie de casos a partir de los cuales se determinan casos tipos para la escalabilidad de la electrificación.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Posteriormente se analizan los resultados, se plantea y se aplica una metodología para llevar a cabo la electrificación en la Albufera en ambos usos productivos.

1.5. Estructura del TFM

El TFM se divide en cuatro documentos: Memoria, Presupuesto y Planos. En la memoria se encuentra el estudio, cálculo y análisis de la electrificación de los usos productivos planteados, así como las fichas técnicas del equipamiento y la bibliografía. En el Presupuesto se describe el coste del presente estudio. En los Planos se encuentra el mapeo de las barcas y motores en la Albufera, y un plano de una embarcación electrificada.

Dentro de la Memoria, en el capítulo 2 se realiza un estudio del estado de la agricultura y de la navegación en la Albufera de Valencia, la evolución de las actuaciones sobre los usos productivos para reducir su impacto y se describen los beneficios de electrificación renovable. En el capítulo 3 se elabora una metodología para el desarrollo de la electrificación de los usos productivos en el Parque Natural. Concretamente, una metodología para la electrificación renovable de la navegación en el lago y del regadío de los campos de arroz.

En el capítulo 4 y 5 se aplica la metodología planteada para la electrificación de las embarcaciones y regadío en la Albufera de Valencia. En el capítulo 6 se discuten los resultados obtenidos del desarrollo de la metodología y se plantea una serie de acciones para favorecer la electrificación de los usos estudiados. Finalmente, en el capítulo 7 se recogen una serie de conclusiones de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 2. USOS PRODUCTIVOS EN EL PARQUE

NATURAL DE LA ALBUFERA DE VALENCIA

En este capítulo se describen los usos productivos en la Albufera de Valencia, las actuaciones que se han llevado a cabo a lo largo de los años para mitigar su impacto sobre el ecosistema natural y se exponen las propuestas y beneficios de la electrificación de la navegación y uso de la energía solar en el regadío.

2.1. Usos productivos en la Albufera de Valencia

En la zona de la Albufera, a 10 km al sur del centro de València, coexisten varios intereses: la agricultura, la pesca, la caza y la planificación urbanística, entre otros. Además de ellos, los planes industriales de los pueblos vecinos, la presión del turismo, los intereses recreativos o conservacionistas, comportan problemas aún sin resolver.

Antes del siglo XVIII, la laguna estaba conectada con el mar por medio de una sola gola de 200 m de ancho, permitiendo que el agua fluyera en ambas direcciones dependiendo de las condiciones climáticas. Este sistema hacía posible el uso de la pesca y también produjo un importante cultivo de sal. El canal se abría o cerraba dependiendo de los ciclos reproductivos de los peces. Por entonces, la producción de arroz todavía era escasa (Rosselló, 1995). Más tarde (siglos XIX y XX) las conexiones entre la Albufera y el mar comenzaron a aumentar. Se abrieron nuevas "golas". Además, el número de corrientes que desembocaban en la Albufera se multiplicó por diez en poco más de un siglo. La colonización agrícola aumentó durante el siglo XVIII y llevó a la expansión de los cultivos de arroz. Esto supuso un aumento espectacular en la entrada de agua, la reducción de las dimensiones de la laguna y la apertura de nuevas salidas al mar. Una de las principales preocupaciones de quienes se encargaban de la gestión de la laguna era el control del nivel de agua necesario en los cultivos de arroz.

Las marismas y los arrozales de la Reserva Natural de la Albufera son los hábitats más grandes de este espacio protegido. El paisaje de la Albufera, que cambia constantemente durante todo el año, es en gran parte el resultado de las fases de cultivo del arroz. La mayor parte de los arrozales son tierras que han sido extraídas de la laguna en un proceso de dragado que alcanzó su punto álgido durante el siglo XIX.



Imagen 3. Campo de arroz inundado en el mes de mayo. Fuente: GVA

Los intereses pesqueros son más antiguos que los intereses agrícolas en la Albufera, y en su día fueron la principal fuente económica de la zona. En la actualidad, la pesca y la exportación de mújol (*Ilisa*) mantienen la actividad pesquera, dada la escasez de recursos pesqueros, debido al deterioro y la pérdida de la calidad del agua. Solo el mújol se pesca a volúmenes significativos (125 toneladas frente a un volumen máximo de 500 toneladas en 2002). La captura de anguila europea era considerable a mediados del siglo XX y alcanzó un pico de 120 toneladas en 1956. Sometida a la sobreexplotación, la captura de anguila se redujo a 7 toneladas en 2017.

Sí a todo esto añadimos la pervivencia en el paraje de prácticas culturales ancestrales, como la que representa la pesca en el Lago, probablemente de tradición milenaria y cuyo origen documentado se remonta al siglo XIII (Momb Blanch y Gonzálbez, 2003), nos encontraremos, sin duda, ante uno de los legados más importantes de nuestro patrimonio colectivo, cuya singularidad, dicho sea de paso, se incrementa día a día a medida que el paisaje rural retrocede, ante el incesante crecimiento urbano e industrial, hasta los mismos límites del espacio protegido.

2.2. Evolución de las actuaciones sobre los usos productivos de la Albufera para reducir su impacto ambiental

El ecosistema natural de la Albufera de Valencia se ha ido deteriorando con el desarrollo de la agricultura, la industria y el urbanismo. A raíz de ello se han ido tomando medidas para su conservación y recuperación, aunque en la actualidad todavía presenta problemas relativos a la calidad del agua, entre otros.



Imagen 4. EDAR Valencia-Pinedo. Fuente: GVA

Una de las actuaciones realizadas fue la construcción de la EDAR⁵ Valencia-Pinedo, implementada en los años 90, que recibía las aguas residuales de un gran número de ramales de 13 municipios alrededor del lago, que tuvo efectos positivos sobre todo en la parte Norte-Oeste del lago, pero no fue suficiente porque otras fuentes de nutrientes aún estaban activas (Martín et al., 2020). Por otra parte, el sistema fue diseñado para recolectar aguas residuales, pero con el paso de los años las redes de saneamiento de residuales y pluviales se combinaron, y en episodios de lluvia se producían desbordamientos del sistema, y también en la red de riego, y que finalmente se conducen al lago.

Posteriormente, se construyeron más EDARs ubicadas en la zona de la Albufera y se fijaron límites de concentración de nitrógeno y fósforo más estrictos, entre otros nutrientes. También se construyeron humedales artificiales (Tancat de la Pipa, Tancat de Milia y Tancat de Illa) con sustrato activo, para que actúen como filtros verdes del agua.

Respecto a las aguas pluviales, hace años se comenzaron a construir tanques de retención de aguas para evitar desbordes contaminados al ambiente. Los cuales por cuestiones técnicas e institucionales aún no están operativos, pero se conoce que tendrán un impacto positivo al detener gran parte de la escorrentía con contaminantes.

Respecto a la agricultura, el riego de arrozales es el elemento más significativo en el balance hídrico de la Albufera. Los arrozales se inundan entre mediados de mayo y mediados de septiembre y de noviembre a febrero. Como se decía anteriormente, durante muchos años los arrozales se regaban con agua dulce de río y aguas residuales, y actuaban como sistema de tratamiento de aguas residuales terrestres hasta que se llevaron a cabo las actuaciones de saneamiento descritas. Sin embargo, actualmente dependiendo de su localización, los arrozales pueden inundarse con agua del lago, con aguas tratadas procedentes del EDAR Valencia-Pinedo y/o con aportaciones del río Júcar.

⁵ Estación Depuradora de Aguas Residuales



Imagen 5. Arrozal en el mes de mayo. Fuente: GVA

Por ello, es un problema habitual que, en cierta medida, el exceso de fertilizantes fosfatados-nitrogenados se desplacen de los campos al agua y se produzca un flujo de nutrientes de los mismos. Según un estudio (CEDEX, 2017) se llega a la conclusión que durante el crecimiento del arroz la concentración en fósforo solo se reduce si las aguas de riego tienen altas concentraciones de fósforo, mientras que la concentración de nitrógeno siempre se reduce, pero mucho menos si las entradas son bajas concentradas.

Debido a ello, el control de la fertilización es una de las soluciones para reducir el exceso de nutrientes, pero su implementación supondría dificultades debido a aspectos socioeconómicos (Martín et al., 2020). El paso de la producción tradicional intensiva de arroz a una modalidad orgánica tendría un impacto positivo en el ecosistema natural de la Albufera.

Como se ha mencionado anteriormente, otra de las actuaciones realizadas ha sido la construcción de humedales artificiales⁶ (Tancat de la Pipa, Tancat de Milia y Tancat de l'Il·la). El agua entrante a todos ellos proviene del lago y después que atraviesan el *tancat* se devuelve al lago estando en mejores condiciones físico-químicas. Por otro lado, se destaca que dentro de los *tancats* se crean ecosistemas que sirve como refugio de especies en peligro de extinción. No obstante, el impacto de los *tancats* sobre la Albufera es reducido en cuanto a la eliminación de nutrientes.

Por otro lado, la cuenca hidrográfica del Júcar (CHJ) utiliza modelos de calidad del agua (WQM) en la planificación de los recursos hídricos para controlar las descargas y calidad del agua. Con los que se identifica, por ejemplo, que el lavado planificado es una estrategia que considerar para favorecer la mejora de parámetros fisicoquímicos del agua. Esto es, si se dispone agua dulce, proporcionar caudales elevados en poco tiempo en lugar de una tasa constante baja a

⁶ Los *tancats* son zonas de arrozal, ganadas poco a poco a la laguna tras los históricos aterramientos llevados a cabo en los siglos XIX y XX, que se usan para la gestión de conservación y recuperación de fauna y flora en peligro de extinción.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

largo plazo. En este caso, el lavado se repite cuando el embalse de Tous tiene un exceso de agua almacenada a principios de otoño, según las reglas de funcionamiento.

Por otro lado, el dragado técnico se utiliza a menudo en la Albufera para mantenimiento en canales de riego y aumentar la profundidad del agua en pequeños puertos fluviales. Realizar dragados ambientales en puntos específicos del lago con el objetivo de reducir la demanda de oxígeno de los sedimentos, pesticidas, etc. situados mayoritariamente en la capa superior de las zonas más contaminadas (perímetro) podría reducir significativamente los nutrientes y metales pesados, entre otros, y de esta manera también vuelva a fluir agua de los *ullals*, fuentes naturales de agua dulce. No obstante, realizar el dragado en todo el lago podría desequilibrar y tener efectos negativos en el ecosistema natural (Martín et al., 2020).

Por otro lado, en otros parques naturales similares se han planteado la electrificación de la navegación para favorecer la conservación y recuperación de ecosistemas naturales hipertróficos debido a los beneficios frente a la tecnología convencional térmica. Los beneficios radican en el cese de vertidos de hidrocarburos y la reducción de la contaminación acústica y de las emisiones.

Respecto a esto, en la Albufera de Valencia se han dado los primeros pasos pues desde hace varios años el parque natural dispone de una barca eléctrica y el Ayuntamiento de Valencia en septiembre de 2021 ha estrenado la primera barca eléctrica municipal, que realiza tareas de mantenimiento y biológicas⁷. Mientras que la Comunitat de Pescadors de El Palmar tiene previsto construir una embarcación eléctrica para el uso y exhibición de pesca tradicional para que los trabajadores se vayan familiarizando a la navegación eléctrica.

2.3. Beneficios de la electrificación renovable

Como se ha mencionado en la sección 1.2, la eutrofización del agua es un problema habitual de los parques naturales costeros como la Albufera de Valencia. En algunos de ellos se ha llevado a cabo la electrificación de la navegación, dedicada habitualmente a la pesca y turismo, pues las embarcaciones eléctricas son más respetuosas con el medio ambiente.

En la siguiente tabla se resumen los beneficios ambientales de las embarcaciones eléctricas en comparación con aquellas con motor térmico:

Tabla 1. Beneficios ambientales de las embarcaciones eléctricas.

Beneficios ambientales de las embarcaciones eléctricas
1. Reducción de contaminación acústica
2. Reducción de la emisión de gases contaminantes
3. Cese de vertidos de hidrocarburos producto de la combustión
4. Mejora de las condiciones de hábitat de la fauna
5. Mejora del confort en la navegación
6. Impulso del sector pesquero, hostelero y turístico

Por su parte, en la agricultura se impulsa la instalación de sistemas PV como fuente de energía de apoyo. Principalmente porque es una actuación rentable económicamente, y porque se impulsa la generación de energía mediante fuentes renovables respetuosas con el ambiente, reduciendo el calentamiento global.

⁷ <https://www.lasprovincias.es/comunitat/barcas-electricas-albufera-20210914172621-nt.html>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

En la siguiente tabla se resumen los beneficios ambientales de la instalación de sistemas PV como fuentes de alimentación de energía de apoyo de las bombas de regadío de la agricultura:

Tabla 2. Beneficios del uso de sistemas PVs como fuente de alimentación auxiliar de los motores de regadío.

Beneficios ambientales de sistemas PV en regadío de cultivos	
1.	Reducción de la emisión de gases contaminantes
2.	Reducción de los costes de operación
3.	Mayor independencia energética
4.	Mejora de la calidad del agua
5.	Impulso del sector agrícola

2.4. Actuaciones sobre los usos productivos para impulso de la transición energética

Como se ha comentado anteriormente, en el presente documento se centra en el estudio de la electrificación de la navegación para los trabajadores que se dedican a la pesca y turismo en la Albufera y en el uso de la energía solar en el regadío de campo de arroz para los agricultores y los humedales artificiales.

No obstante, hay otras actuaciones en los usos productivos de la Albufera que se podrían realizar para la impulsar la transición energética pero que no se contemplan debido al alcance del presente trabajo. Entre ellos destacan los siguientes:

- Electrificación del resto de máquinas de la agricultura (tractores, mulas mecánicas, etc.) pues son maquinarias que habitualmente tienen motor térmico y la capacidad de almacenamiento en baterías sería elevada.
- Sustitución de los motores que se encargan del regadío por otros nuevos más eficientes. La mayoría de estos motores son eléctricos, pero también se siguen usando motores térmicos para ello.
- Optimización de la factura eléctrica del consumo de la energía, pues en cada motor la potencia contratada varía dependiendo de las necesidades y proporcionaría ahorros a los agricultores sin necesidad de invertir dinero.
- Estudio de fertilizantes más respetuosos con el medio ambiente (García et al., 2008), pues se usan habitualmente y tienen impacto, en mayor o menor medida, en la calidad del agua.
- Aprovechamiento de la paja de arroz pues se genera mucho y se podría aprovechar para alguna otra alternativa (Ribó et al., 2017).

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA PARA LA ELECTRIFICACIÓN DE LOS USOS

En esta sección se plantea la metodología para la electrificación de los usos de la Albufera de Valencia. Concretamente, la electrificación del regadío de los campos de arroz y la navegación en la laguna derivadas de la actividad de pesca y turismo, y se describen las singularidades de ambos usos.

3.1. Metodología para la electrificación de usos

Los pasos para el desarrollo de la metodología para la electrificación de usos productivos se muestran en el siguiente diagrama.

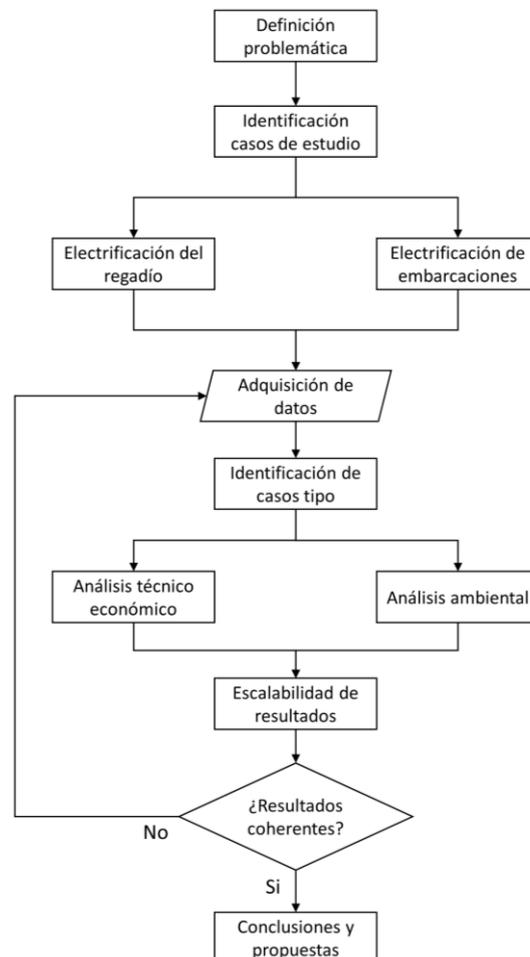


Imagen 6. Diagrama de la metodología de electrificación de los usos productivos.

A continuación, se describen cada uno de los pasos:

- 1. Definición de la problemática:** se plantea la problemática de la Albufera de Valencia, en la que se quiere plantear la electrificación de los usos productivos y se realiza un análisis de estos.
- 2. Identificación de los casos de estudio:** se identifican los usos productivos a electrificar teniendo en cuenta su impacto en la problemática.
- 3. Adquisición de datos:** se recogen los datos relativos de las maquinarias de los usos productivos deseados. Se recogen datos técnicos de las maquinarias o sistemas de producción y del espacio disponible del recinto en el que se encuentra, entre otros. Así como registros de los consumos energéticos para posteriormente calcular los ahorros y viabilidad con respecto a la electrificación. Si es de utilidad se puede mapear la ubicación de las maquinas o sistemas de producción; es decir, situar sobre un mapa para apreciar de manera gráfica el área de actuación de la planificación de la electrificación.
- 4. Identificación de casos tipo:** se analizan los datos recogidos para identificar los casos más comunes y clasificarlos en casos tipo para facilitar la escalabilidad de los cálculos realizados.
- 5. Dimensionamiento de los casos tipo:** se realizan los cálculos relativos al dimensionamiento de las maquinarias o sistemas de producción eléctricos tipo, así como los cálculos de generación de los sistemas de energías renovables propuestos.
- 6. Costes y ahorros de los casos tipo:** se estima el coste de la electrificación y/o sustitución de la maquinaria o sistemas productivos considerando precios habituales de los componentes o consultando presupuestos a las empresas.
- 7. Cálculo de indicadores económicos de la viabilidad de los casos tipo:** se calculan los indicadores económicos para la evaluar la viabilidad económica de la electrificación de los usos productivos.
- 8. Dimensionamiento y coste del proceso de recarga:** si el uso productivo tiene relación con la movilidad eléctrica es necesario dimensionar y estimar el coste de la instalación de puntos de recarga en toda el área de actuación siguiendo criterios para identificar los puntos óptimos de recarga
- 9. Escalabilidad de costes y ahorros de la electrificación de los casos tipos:** se calcula el coste y ahorros globales de la electrificación del uso productivo teniendo en cuenta los resultados de los casos tipo.
- 10. Conclusiones y propuestas para la electrificación del uso productivo:** se evalúan la coherencia de los resultados y, en caso afirmativo, se realizan propuestas técnico-económicas para impulsar la electrificación del uso productivo en cuestión.

3.2. Navegación en el lago

Una vez identificado el uso productivo de pesca y turismo en barco en la Albufera de Valencia para la electrificación los pasos a seguir se corresponden a la adquisición de datos en adelante, la cual se muestra en la siguiente imagen.

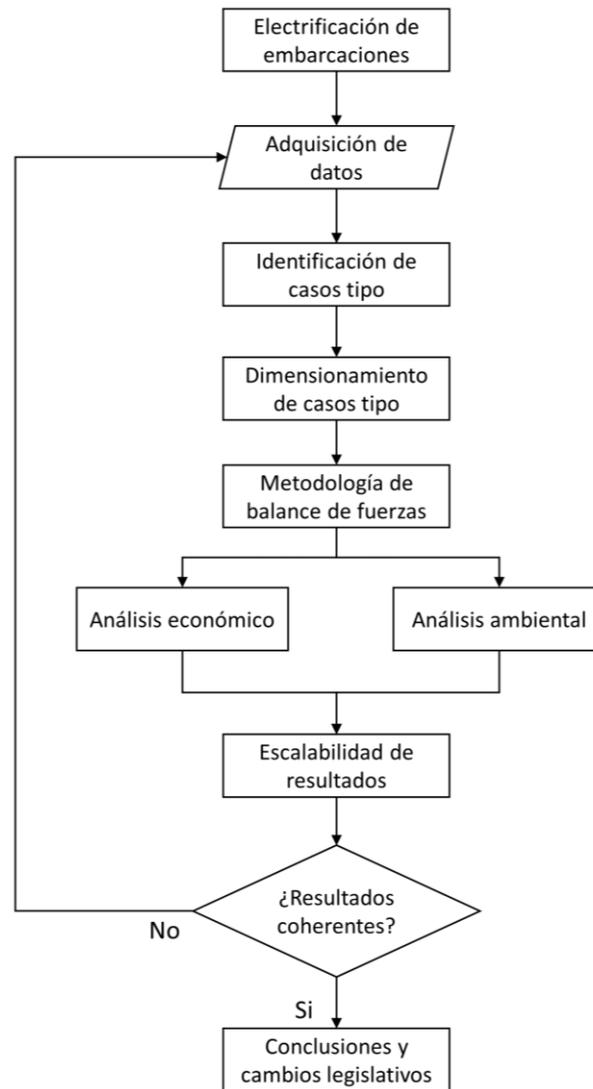


Imagen 7. Diagrama de bloques de la metodología de electrificación de la navegación en la Albufera de Valencia.

3.2.1. Adquisición de datos

El proceso de adquisición de datos se corresponde a la búsqueda de datos registrados de las embarcaciones para su dimensionamiento y la realización de un mapa de calor con el fin de identificar las zonas del lago más concurridas (Anexo 1) y la localización de puntos de recarga en localizaciones estratégicas.

Datos como la velocidad de navegación, registro del recorrido de los viajes, consumo de combustible, número de personas a bordo y velocidad del viento se registran *in situ* durante viajes o paseos en barca pues son parámetros que intervienen en el dimensionado del sistema de propulsión y en el cálculo de los ahorros por consumo de combustible. La velocidad del viento se consulta en la web del Tancat de la Pipa⁸. Por otra parte, hay datos relativos al registro de las embarcaciones que ayudan a identificar los casos tipo y la localización de los puntos de recarga óptimos. En la siguiente tabla se resumen los datos a registrar:

⁸ <https://www.avamet.org/mx-records.php?id=c15m250e16>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Tabla 3. Clasificación de los datos a registrar de las embarcaciones de la Albufera.

Tipo	Datos
<i>In situ</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad y coordenadas del recorrido. - Dimensiones de la eslora, manga y puntal de cada embarcación tipo. - Consumo de combustible. - Número de personas a bordo. - Velocidad del viento.
<i>No in situ</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño y potencia del motor para identificar los casos tipo. - Uso medio de las embarcaciones (temporadas de trabajo, tiempo de trabajo en cada temporada, tiempo disponible para recarga de las baterías, etc.). - Peso de las embarcaciones. - Cantidad de embarcaciones que están registradas en los diferentes municipios de la Albufera.

3.2.2. Identificación de casos tipo

En este proceso se busca clasificar las embarcaciones registradas en función de sus características y uso medio para posteriormente facilitar la escalabilidad de los cálculos y tener una visión global de la electrificación del conjunto de embarcaciones.

Como se ha mencionado, para ello se identifican los parámetros que más influyen en el dimensionado. Parámetros como la eslora pues cuanto más grande sea la embarcación más energía demandará consumirá y como el tipo de uso pues cuantas más horas de trabajo al día se necesita de autonomía y por tanto más capacidad de baterías (las cuales representan un porcentaje elevado del coste total de las embarcaciones eléctricas, como se verá más adelante).

En el apartado 4.2 se identifican los tipos de embarcaciones.

3.2.3. Dimensionado de los casos tipo

Los parámetros principales que dimensionar del sistema de propulsión eléctrico de las embarcaciones son la potencia del motor eléctrico y capacidad de almacenamiento de las baterías. Para ello se aplica el método del balance de fuerzas, que consiste en calcular el esfuerzo que el sistema de propulsión debe ejercer para vencer las fuerzas de arrastre de la embarcación (fricción con el agua y viento). A continuación, se describe dicho balance.

3.2.3.1. Planteamiento del balance de fuerzas

En primer lugar, se definen las fuerzas que intervienen en el balance (Bejarano-Cáceres et al., 2020). Por un lado, está la fuerza motriz (F_{motor}), que es la realizada por el sistema de propulsión que mueve la embarcación y, por otro lado, las fuerzas de arrastre de la embarcación al estar en contacto con el agua ($F_{D\ agua}$) y el aire ($F_{D\ viento}$). El resultado del balance provoca el movimiento de la embarcación ($m \cdot a$). De esta manera, el balance de fuerzas se define como la siguiente expresión:

$$F_{motor} - F_{D\ agua} - F_{D\ viento} = m \cdot a \quad (1)$$

La fuerza del arrastre del agua es la necesaria para vencer la resistencia que ésta opone en la dirección del flujo del avance de la embarcación debida a los efectos combinados de las fuerzas de fricción y presión. Dicha fuerza se define de la siguiente manera:

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

$$F_{D\text{ agua}}(t) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_{D\text{ agua}}(t) \cdot A \cdot V(t)^2 \quad (2)$$

Donde:

- ρ : densidad del agua. Se considera una densidad de 1.000 kg/m³, valor típico del agua dulce.
- $V(t)$: velocidad de la embarcación (m/s). No se tiene en cuenta la velocidad del agua, pues se trata de un lago y el agua está quieta.
- A : área mojada, representa la superficie del barco sumergida en el agua (m²).
- $C_{D\text{ agua}}(t)$: coeficiente de resistencia al avance del barco al estar en contacto con el agua. Es la suma de los coeficientes de fricción y presión.

Para simplificar el cálculo de $C_{D\text{ agua}}$ se considera que la parte inferior de la barca es una placa plana lisa. Dicho coeficiente depende del número de Reynolds (Re).

Por otro lado, para el caso de un flujo paralelo sobre una placa plana lisa, el arrastre debido a la presión es nulo, por lo que el coeficiente de arrastre total es igual al de la fricción (C_f) (Çengel et al., 2018). Así pues, el coeficiente de arrastre se calcula de la siguiente manera (Bergadá Graño, 2006):

$$C_f(t) = \frac{0,074}{Re_L(t)^{\frac{1}{5}}} - \frac{1740}{Re_L(t)} \quad 5 \cdot 10^5 \lesssim Re_L \lesssim 10^7 \quad (3)$$

El cálculo de Re se realizará para el extremo final de la embarcación, mediante la siguiente expresión:

$$Re_L(t) = \frac{V(t) \cdot L}{\nu} \quad (4)$$

Donde:

- L : eslora de la embarcación.
- ν : viscosidad cinemática del agua. Se supone un valor de 1,036·10⁻⁶ m²/s.
- $V(t)$: velocidad de la embarcación (m/s).

A bajas velocidades casi todo el arrastre del agua corresponde a la fricción (Ahadme Yahyai, 2017). No obstante, para embarcaciones circulando a bajas velocidades la fuerza de fricción representa el 85% de la fuerza total (Juan-García Aguado, 1993). Así pues, la fuerza de arrastre total del agua es:

$$F_{T\text{ agua}}(t) = \frac{F_{D\text{ agua}}(t)}{0,85} \quad (5)$$

Por otro lado, la fuerza de arrastre del aire representa la fuerza necesaria para vencer la resistencia que opone el aire (viento) al avance de la embarcación. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$F_{D\text{ viento}}(t) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_{D\text{ viento}} \cdot A \cdot (V(t) + V_{\text{viento}})^2 \quad (6)$$

Donde:

- ρ : densidad del aire, se asume un valor de 1,22 kg/m³.
- $V(t)$: velocidad de la embarcación (m/s).
- V_{viento} : velocidad del viento (m/s).
- $C_{D\text{ viento}}$: coeficiente de arrastre aerodinámico de la embarcación. Se asume un valor constante de 0,7 (Jansen et al., 2012; Lewandowski, 2004; Reif & Guenther, 1978).
- A : proyección del área frontal de la embarcación (m²).

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

El tercer término del balance es la resultante de las fuerzas motriz y de arrastre, que representa el movimiento y la fuerza de inercia de la embarcación. Se representa mediante la siguiente expresión:

$$F(t) = m \cdot a(t) \quad (7)$$

Donde:

- m : masa total de la embarcación. Es la suma de la masa de las personas (se considera un peso medio de 80 kg por persona) y el peso de la embarcación (entre 600-1200 kg dependiendo del tamaño).
- $a(t)$: aceleración de la embarcación (m/s^2). Se calcula de la siguiente manera:

$$a(t) = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V(t) - V(t-1)}{1} \quad (8)$$

Por último, la fuerza motriz se calcula en función del resto de fuerzas, despejándola de la ecuación (1). De esta manera, resulta la siguiente expresión:

$$F_{motor}(t) = F_{T\ agua}(t) + F_{D\ viento}(t) + m \cdot a(t) \quad (9)$$

3.2.3.2. Correcciones en el proceso de cálculo

Durante la resolución del balance de fuerzas, en algunos instantes de cada trayecto se ha obtenido valores negativos de F_{motor} debido a los momentos en los que la velocidad disminuye. El valor negativo significa que el sistema de propulsión tiene la capacidad de almacenar energía, y esto no es posible pues no se dispone de ningún mecanismo de almacenamiento de energía.

Por ello, cuando se reduce la velocidad ($a < 0$), la fuerza motriz que tiene que proporcionar el sistema de propulsión es solamente la necesaria para vencer las fuerzas de arrastre del agua y el viento. Así pues, para estos momentos, el balance de fuerzas a resolver es el siguiente:

$$F_{motor} = F_{T\ agua} + F_{D\ viento} \quad \text{si } a < 0 \quad (10)$$

Por otro lado, se ha detectado "ruido" en los datos de velocidad registrados in situ, durante los viajes, por la aplicación MATLAB Mobile Sensor Data⁹. Ya que se registra que en un instante la embarcación está acelerando y al siguiente instante se registra que está desacelerando, mientras que la sensación a bordo es que la embarcación se desplaza a velocidad constante. Por ello, se decide aplicar el siguiente filtro sencillo de velocidades para suavizar las fluctuaciones (MathWorks, 2019):

$$V'(t) = \frac{V_{t+2} + V_{t+1} + V_t + V_{t-1} + V_{t-2}}{5} \quad (11)$$

De esta manera, en adelante la velocidad ($V(t)$) se entenderá como velocidad corregida ($V'(t)$) en el resto de las ecuaciones anteriores y posteriores.

3.2.3.3. Resolución del balance de fuerzas

La potencia motriz necesaria para mover la embarcación se puede expresar de la siguiente manera:

⁹ <https://www.mathworks.com/help/matlabmobile/ug/sensor-data-collection-with-matlab-mobile.html>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

$$P_{\text{útil}}(t) = F_{\text{motor}}(t) \cdot V(t) \quad (12)$$

Si la embarcación es propulsada mediante un motor eléctrico, la potencia eléctrica necesaria se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$P(t) = \frac{P_{\text{útil}}(t)}{\eta_{ME} \cdot \eta_{POT} \cdot \eta_{BAT} \cdot \eta_{PROP}} \quad (13)$$

Donde:

- η_{ME} : rendimiento energético del motor eléctrico, el cual se ha supuesto del 90%.
- η_{POT} : rendimiento energético de la electrónica de potencia del sistema de control eléctrico, el cual se ha supuesto de 95%.
- η_{BAT} : rendimiento energético de las baterías, el cual se ha supuesto de 83%, valor típico de baterías de AGM.
- η_{PROP} : rendimiento del sistema de propulsión (ejes, hélices, etc.), el cual se ha considerado de 40% (Ahadme Yahyai, 2017; Bellver & Yebra, 2018).

De esta manera, además de la curva de velocidad, se obtiene una curva de potencia eléctrica, y así el rango de potencias trabajo del motor eléctrico. La energía eléctrica total demandada en el paseo turístico (periodo T) será el área encerrada por la curva de potencia eléctrica. Las baterías deben disponer de la capacidad suficiente para almacenar y dar la energía eléctrica demandada. Para calcularla se aplica el método de los trapecios (Krantz, 2003), que en este caso consiste en la semisuma de las potencias del instante y el instante anterior (1 segundo).

$$C_{BAT} = \sum_{i=0}^T \frac{P(t) + P(t+1)}{2} \cdot 1 \quad (14)$$

3.2.4. Costes y ahorros de los tipos de embarcaciones

En este apartado se identifican los costes y ahorros que intervienen a lo largo de la vida útil de las embarcaciones. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los costes y ahorros de la electrificación de las embarcaciones.

Tabla 4. Costes y ahorros durante la vida útil de las embarcaciones electrificadas.

Costes	- Inversión inicial.
	- Devolución anual del préstamo si procede.
	- Renovación periódica de baterías por desgaste.
Ahorros	- Ahorro en combustible.
	- Reducción de la contaminación.
	- Ahorro en mantenimiento.
	- Ahorro del gasto de renovación de motor de combustión, que se suele realizar cada 10 años y supone un coste de 1.500-2.000€.

En la sección 4.4 se describen los costes y ahorros con más detalle.

Para el cálculo de los ahorros se han tenido el precio del gasoil (1,15 €/litro¹⁰) y el precio medio de la electricidad en tarifa PVPC (0,116 €/kWh¹¹) pues es diferente cada hora, así como el factor

¹⁰ <https://www.cetm.es/evolucion-precios-gasoleo/>

¹¹ <https://www.esios.ree.es/es/pvpc?date=18-06-2021>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

de emisión del gasoil (2,456 kg CO₂/litro¹²) y el eléctrico (1,5E⁻⁴ tCO₂/kWh¹³) del 2021. Si se quiere actualizar los valores, debido a que están cambiando mucho, se puede consultar los datos eléctricos actualizados en la web de REE (Red Eléctrica de España) y del gasoil en la web del MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

$$A_{económico} = C_{elec} \cdot Cons_{elec} - C_{gasoil} \cdot Cons_{gasoil} \quad (15)$$

$$A_{emisiones} = K_{emis_elec} \cdot Cons_{elec} - K_{emis_gasoil} \cdot Cons_{gasoil} \quad (16)$$

Donde:

- C_{elec} : coste de la electricidad en tarifa PVPC.
- $Cons_{elec}$: consumo eléctrico estimado de la barca.
- C_{gasoil} : coste del gasoil.
- $Cons_{gasoil}$: consume gasoil medido.
- K_{emis_elec} : factor de emisión de CO₂ equivalente de la electricidad del mix energético español.
- K_{emis_gasoil} : factor de emisión de CO₂ equivalente de la electricidad del gasoil.

3.2.5. Cálculo de indicadores de la viabilidad económica de los tipos de embarcaciones de la Albufera de Valencia

En esta sección se describen los principales indicadores de viabilidad económica y su forma de cálculo.

3.2.5.1. 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

¹² https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresemision_tcm30-479095.pdf

¹³ <https://www.ree.es/es/datos/generacion/no-renovables-detalle-emisiones-CO2>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

37 % y unas ganancias de 15.000 € mientras que otro tenga una TIR del 34 % y unas ganancias de 20.000 €.

3.2.5.2. Flujo de caja y PAYBACK

En el cálculo de flujo de caja se tienen en cuenta los gastos y ahorros durante la vida útil de los sistemas de producción. Tales como el coste de inversión inicial, si se pide un préstamo lo que se debe devolver cada año en función de los intereses, el ahorro en combustible y mantenimiento, etc.

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

$$F(t) = a(t) - c(t) + F(t - 1) \quad (17)$$

Siendo:

- $a(t)$: es el ahorro económico en combustible y mantenimiento a lo largo de un año.
- $c(t)$: 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.

Por su parte, el PAYBACK (Tiempo de retorno de la inversión) es el momento en el que se recupera la inversión inicial realizada. Es decir, cuando el flujo de caja indica 0€.

3.2.5.3. VAN (Valor Actual Neto)

El VAN consiste en hallar los valores actuales de todos los costes de capital y de los ahorros netos (antes de depreciación¹⁴) que se generarán a lo largo de la vida del proyecto. Se calcula de la siguiente manera:

$$VAN = \sum_{i=1}^n a_{Ni}(ad) \cdot FD_i(Td) - \sum_{i=1}^N C_i \cdot FD_i(Td) - C_c \quad (18)$$

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:

$$FD_i(Td) = \frac{1}{\left(1 + \frac{Td}{100}\right)^i} \quad (19)$$

¹⁴ 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.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Donde Td es la suma del IPC¹⁵ 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:

$$C_i = C_{prest} \frac{I(1+I)^N}{(1+I)^N - 1} \quad (20)$$

- 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.

3.2.5.4. TIR (Tasa Interna de Retorno)

Para el cálculo del TIR simplemente se calcula la tasa de descuento (Td) que hace que la ecuación del VAN sea igual a 0.

$$0 = \sum_{i=1}^n a_{Ni}(ad) \cdot FD_i(TIR) - \sum_{i=1}^N C_i \cdot FD_i(TIR) - C_c \quad (21)$$

3.2.6. Dimensionamiento y estimación del coste del proceso de carga

En esta sección se describen las dos modalidades del proceso de carga (lenta y rápida), se plantean y aplican los criterios de localización de instalación de los puntos de recarga y la metodología para calcular la cantidad de estaciones de recarga y costes.

En la Albufera hay embarcaderos municipales y privados, los cuales algunos tienen conexión a la red eléctrica y otros no. En aquellos que no se dispone de conexión a la red eléctrica este hecho representa una barrera para en la electrificación. Esto se debe tener en cuenta a la hora de planificar la instalación de estaciones de recarga públicos en localizaciones estratégicas para garantizar el acceso a la recarga.

3.2.6.1. Modalidades del proceso de carga

Otro aspecto que influencia en el tipo de recarga es el uso que se da de la embarcación y del tiempo disponible para la ello. En función del tiempo disponible para la recarga se necesita un proceso de recarga rápida o lenta.

Para las recargas rápidas se necesita un tipo de baterías y cargadores que sean capaces de soportar corrientes de carga elevadas y potencia suficiente para cargar las baterías en un tiempo

¹⁵ 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.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

adecuado. Para las recargas lentas con baterías y cargadores con menores prestaciones es suficiente, por lo que serán más baratos.

En la sección 4.6.1 se describen la recarga lenta y rápida con más detalle.

3.2.6.2. Criterios de localización de los puntos de recarga y parámetros asumidos

Para una correcta distribución de los puntos de recarga en la Albufera de Valencia se deben definir una serie de criterios. Los cuales deben atender, por ejemplo, a la concurrencia de las embarcaciones en la Albufera de Valencia y la distancia máxima entre los puntos de recarga, entre otros.

El criterio de concurrencia se debe basar en la cantidad de embarcaciones registradas en cada municipio. Por ejemplo, que a partir de un mínimo de embarcaciones registradas en un municipio debe haber al menos un punto de recarga y/o a partir de una cantidad de embarcaciones registradas debe haber un punto de recarga rápida para una mayor flexibilidad en el tiempo de recarga. Por otra parte, los puntos de recarga no se deben distanciar en exceso para más seguridad de recarga.

Para ello, *a priori* los embarcaderos municipales y los recintos gestionados por la administración pública son los más adecuados por su gestión.

Por otro lado, para la planificación de instalación de puntos de recarga se debe tener en cuenta que la electrificación de las embarcaciones se hará de forma gradual. Como se verá más adelante, se propone una serie de modificaciones en la legislación actual y subvenciones para impulsar la electrificación de las embarcaciones.

A partir de ello, se debe planificar la instalación de puntos de recarga para un periodo de tiempo determinado en el que se estima que un porcentaje del total de embarcaciones serán electrificadas ($\%_{emb_elec}$). Por ejemplo, que en los primeros 5 años de la entrada en vigor de las modificaciones en la legislación y puesta en marcha de las subvenciones, se electrificarán el 25% de las embarcaciones totales. Y que, en función de la evolución del proceso de electrificación, se invertirá más o menos en la instalación de puntos de recarga en los siguientes años. De esta manera se reduce la incertidumbre y riesgo de la obsolescencia y desuso de los puntos de recarga en caso de que no se haya electrificado una cantidad de embarcaciones suficientes.

3.2.6.3. Localización, cantidad y costes de los puntos de recarga

En este apartado se define la localización y cantidad de puntos de recarga a instalar en cada zona de la Albufera. El coste de instalación de puntos de recarga se estima consultando los costes a empresas instaladoras.

Como se ha mencionado anteriormente, a partir de un mínimo de embarcaciones registradas se considera la instalación de puntos de recarga. Una vez se tiene el mínimo de embarcaciones registradas, para saber el número de puntos de recarga a instalar se debe tener en cuenta la potencia del cargador, la cantidad de embarcaciones, entre otros, siguiendo la siguiente expresión.

$$N_{PR} = \frac{\%_{emb_elec} \cdot \sum_i^N N_{emb,i} \cdot E_{emb,i}}{t_{uso} \cdot P_{rec}} \quad (22)$$

Donde:

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

- N_{PR} : número de puntos de recarga a instalar.
- $\%_{emb_elec}$: porcentaje del total de embarcaciones electrificadas (tanto por uno).
- $N_{emb,i}$: número de embarcaciones del tipo i .
- $E_{emb,i}$: energía consumida media (kWh) diaria de las embarcaciones tipo i .
- t_{uso} : tiempo de uso del punto de recarga (h). Se asume que se dispondrá de 16 horas diarias de uso de los puntos de recarga, no así las 8 horas nocturnas.
- P_{rec} : potencia de recarga de los cargadores (kW).

3.2.6.4. Ubicación de los puntos de recarga

En la sección anterior se ha estudiado la cantidad de puntos de recarga a instalar en zonas estratégicas. En este apartado se estudia la red eléctrica de las zonas estratégicas de la Albufera para la instalación de los puntos de recarga. Como se ha mencionado anteriormente, de entre las diferentes opciones se escogen los establecimientos gestionados por la administración pública pues los puntos de recarga serán públicos.

En la sección 4.6.2 se describen los puntos estratégicos con más detalle.

3.2.7. Escalabilidad de los costes y ahorros de la electrificación de las embarcaciones

En esta sección se escalan los resultados para saber el coste total de la electrificación de las embarcaciones y de instalación de los puntos de recarga. Es decir, se multiplican los resultados obtenidos para cada caso tipo por la cantidad de cada caso tipo. Así mismo se escalan los resultados de reducción de emisiones de gases contaminantes para saber su impacto ambiental.

3.2.8. Beneficios de la electrificación de la navegación

En esta sección se describen los beneficios ambientales de la electrificación y en la medida de lo posible se contabiliza el ahorro estimado. Como se ha mencionado en el apartado 2.3, los beneficios ambientales son la reducción de contaminación acústica y emisiones de gases contaminantes, y el cese de vertidos de hidrocarburos.

3.3. Regadío de los campos de arroz

Una vez identificado el regadío en la Albufera para la electrificación la metodología a seguir se muestra en la siguiente imagen.

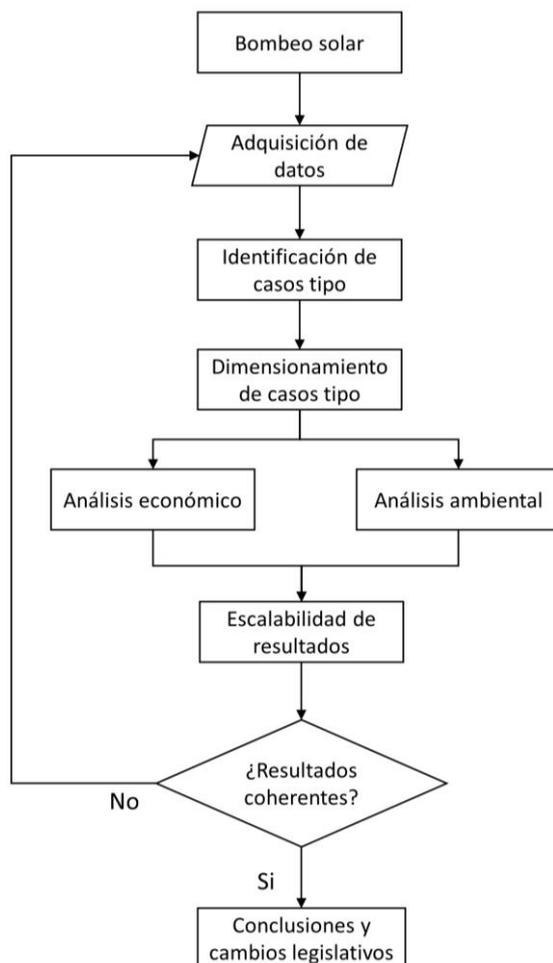


Imagen 8. Metodología de electrificación del regadío en la Albufera de Valencia.

3.3.1. Adquisición de datos

El proceso de adquisición de datos se corresponde a la búsqueda de datos registrados de los campos de arroz para su dimensionamiento y la realización de un mapa de calor con el fin de identificar el potencial de ahorro y reducción de impacto en la emisión de gases contaminantes.

La adquisición de datos (área del campo de arroz y facturación energética) parte de una serie de datos registrados de varios campos de arroz de Catarroja y el Tancat de la Pipa, a partir de los cuales se identifican los casos tipo. Posteriormente se identifican el resto de los campos de arroz y se clasifican en los diferentes casos tipo, lo cual se realiza respecto al área de cultivo. Además de ello, se sitúa cada campo de arroz en el mapa para saber el potencial de ahorro en cada término de Valencia. En la siguiente tabla se resumen los datos a registrar:

Tabla 5. Clasificación de los datos a registrar de los cultivos de arroz de la Albufera.

Tipo	Datos
Previamente	- Facturación energética (gastos energéticos (kWh) y económicos (€)) de varios campos de arroz de Catarroja.
Posteriormente	- Mapeo de los motores de la Albufera - Término municipal de cada motor identificado

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

3.3.2. Identificación de casos tipo

De igual manera que en el caso de la electrificación de las barcas y sus casos tipo, en este proceso se busca clasificar los campos de arroz de los cuales se dispone de datos para posteriormente facilitar la escalabilidad de los cálculos y tener una visión global de la aplicación de la energía solar fotovoltaica para el accionamiento de las bombas de riego.

Como se ha mencionado, para ello se identifican los parámetros que más influyen en el dimensionado. El principal parámetro a partir del cual se identifican los casos tipo son el dimensionado del sistema PV y el consumo energético. Posteriormente se clasifican el resto de los campos identificados en la Albufera dependiendo de la función que realizan.

3.3.3. Dimensionado del sistema PV de los casos tipo

3.3.3.1. Generación

Los parámetros principales para dimensionar del sistema solar fotovoltaico de apoyo es la potencia pico instalada, la cual se puede saber a partir del área disponible y de su orientación e inclinación. Para ello, se utilizan las herramientas de la vista satélite de Google Maps de los recintos identificados. Posteriormente, para saber la viabilidad económica del sistema PV se calcula la generación media horaria de cada mes mediante las siguientes expresiones (Jutglar Banyeras, 2012), donde algunas de las variables descritas anteriormente se registran del PVGIS y otras de las fichas técnicas de los componentes solares:

$$T_{hora} = T_{amb_hora} + \frac{NOCT - 20}{800} \cdot S_{hora} \quad (23)$$

$$I_{mpp} = \frac{S_{hora}}{S^{STC}} \cdot I_{mpp}^{STC} + (T_{hora} - T^{STC}) \cdot \mu_A \quad (24)$$

$$V_{mpp} = V_{mpp}^{STC} + (T_{hora} - T^{STC}) \cdot \mu_V \quad (25)$$

$$P_{mod_hora} = I_{mpp}(S_{hora}, T_{hora}) \cdot V_{mpp}(S_{hora}, T_{hora}) \quad (26)$$

$$E_{tot_hora} = N_{modulos} \cdot P_{mod_hora} \cdot 1(hora) \cdot \eta_{global} \cdot \eta_{sombras} \quad (27)$$

Donde:

- T_{hora} : temperatura del módulo fotovoltaico (°C).
- T_{amb_hora} : temperatura ambiental (°C). Datos adquiridos de PVGIS.
- $NOCT$: parámetro fijo del panel, proporcionado por el fabricante.
- T^{STC} : temperatura en condiciones estándar.
- S_{hora} : irradiancia solar (W/m²). Datos adquiridos de PVGIS.
- S^{STC} : irradiancia de condiciones de test estándar (W/m²).
- I_{mpp}^{STC} : corriente de operación óptima del panel (A), proporcionado por el fabricante.
- I_{mpp} : corriente de operación del panel (A).
- μ_A : coeficiente de temperatura (A/°C), proporcionado por el fabricante.
- μ_V : coeficiente de tensión (V/°C), proporcionado por el fabricante.
- V_{mpp}^{STC} : tensión de operación óptima del panel, proporcionado por el fabricante.
- V_{mpp} : tensión de operación del panel (A).
- P_{mod_hora} : potencia de operación del panel (W).

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

- $N_{modulos}$: número de módulos del Sistema PV.
- η_{global} : eficiencia global del Sistema PV, el cual se ha considerado de 0,75.
- $\eta_{sombbras}$: coeficiente de pérdidas de generación por sombras, el cual se ha considerado 1.
- E_{tot_hora} : energía total generada por el Sistema PV (Wh).

Con ello se calcula la energía generada por el sistema PV en una hora. Se repiten el cálculo para el resto de las horas de un día teniendo en cuenta los datos de temperatura e irradiación que proporciona PVGIS y se tiene la generación horaria de un día promedio de cada mes del año.

$$E_{tot_dia} = \sum_{i=1}^{24} E_{tot_hora_i} \quad (28)$$

$$E_{tot_mes} = N_{mes} \cdot E_{tot_dia} \quad (29)$$

Donde:

- $\sum_{i=1}^{24} E_{tot_hora_i}$: sumatorio de la energía generada en cada hora por el Sistema PV.
- E_{tot_dia} : energía total generada en un día promedio del mes.
- N_{mes} : número de días del mes.
- E_{tot_mes} : energía total generada mensual.

A modo ilustrativo en la siguiente imagen se muestra la curva de generación horaria de 6 paneles solares completamente horizontales de los uno de los últimos módulos fotovoltaicos¹⁶ de mayor tamaño y eficiencia.

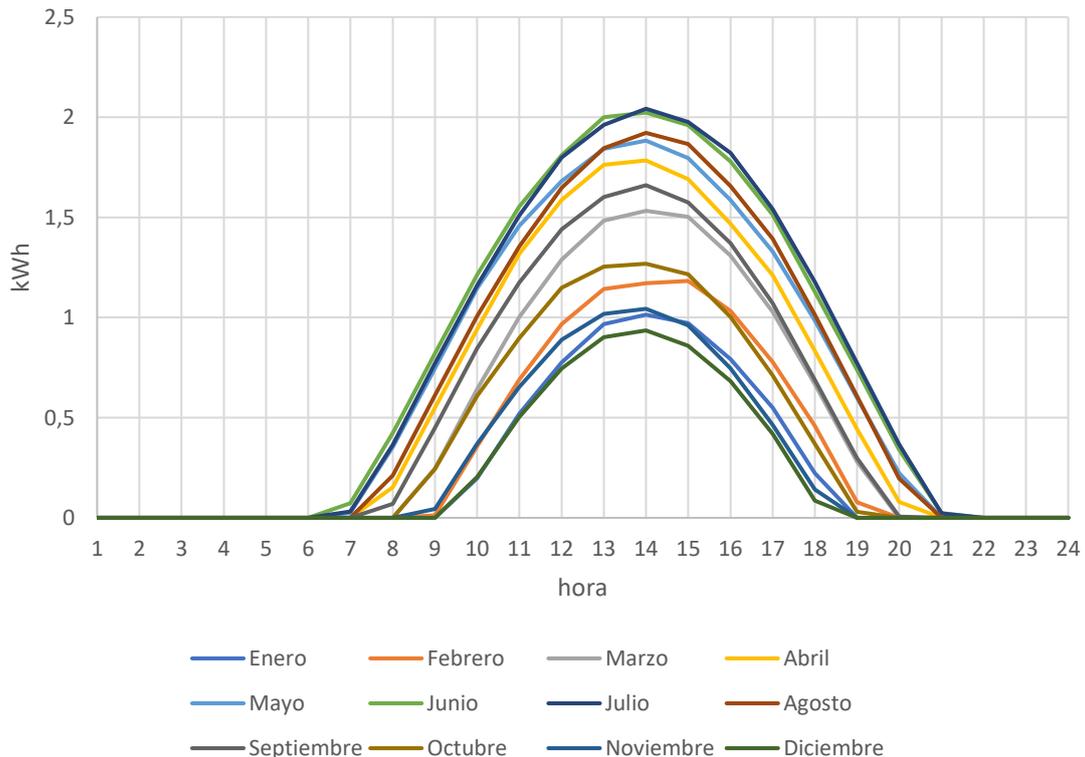


Imagen 9. Generación horaria de 6 paneles completamente horizontales en la ciudad de Valencia.

En la siguiente imagen se muestra la generación de cada mes del año para el ejemplo de los 6 paneles situados completamente horizontal en Valencia.

¹⁶ Trina Vertex TSM-DE19-540 540W

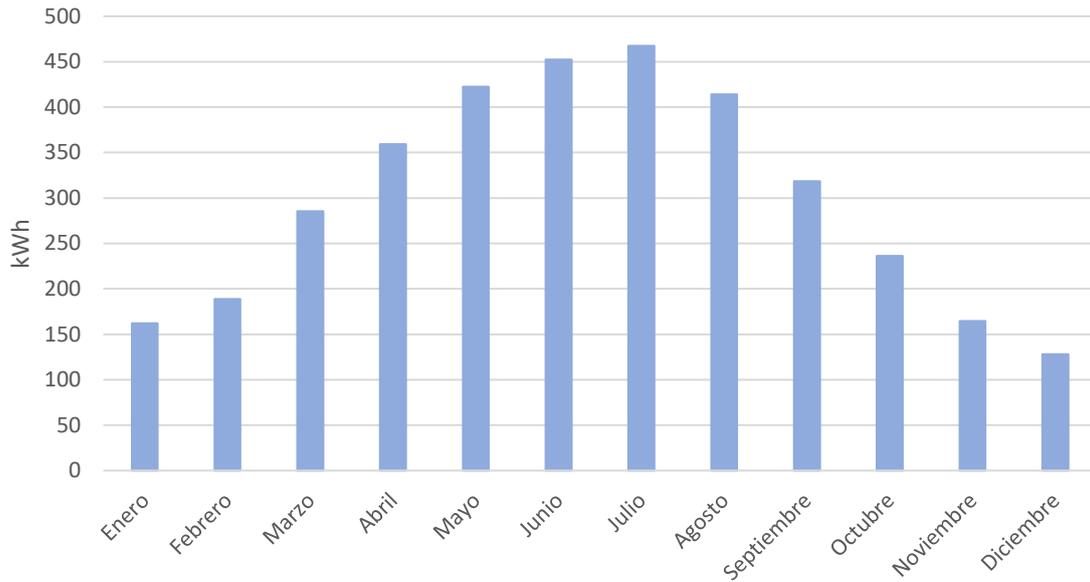


Imagen 10. Generación mensual de 6 paneles completamente horizontales en la ciudad de Valencia.

3.3.3.2. Distancia entre filas de paneles

Cuando se tiene una serie de filas de paneles u obstáculos se debe guardar una distancia mínima para evitar sombras que reduzcan la eficiencia en la generación.

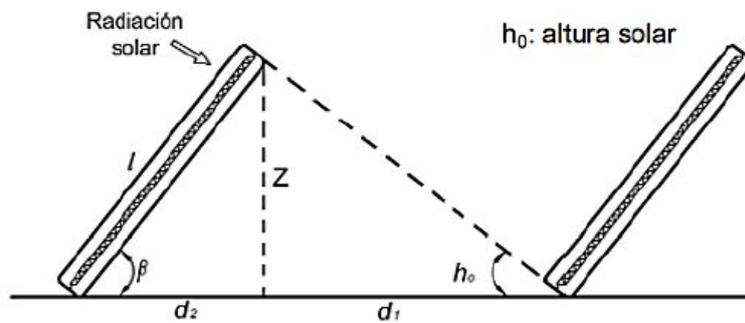


Imagen 11. Distancia mínima entre paneles fotovoltaicos para evitar sombras.

En la anterior imagen se muestra el caso de la distancia mínima entre fila de paneles orientados al sur, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(\frac{360}{365} \cdot (n + 284)\right) \quad (30)$$

$$h_o = 90 - \text{latitud} + \delta \quad (31)$$

$$d = d_1 + d_2 = l \cdot \frac{\sin(\beta)}{\tan(h_o)} + l \cdot \frac{\sin(\beta)}{\tan(\beta)} \quad (32)$$

Donde:

- n : número de día del año más desfavorable, en el que la altura solar (h_o) es minima. El día más desfavorable del año es el 21 de diciembre ($n=355$).
- h_o : altura solar, es el ángulo que forman los rayos solares con la superficie horizontal.
- $latitud$: es la distancia angular que hay desde un punto de la tierra hasta el paralelo del ecuador. Valencia se encuentra en latitud $39,47^\circ$.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

- l : largo o ancho del panel, dependiendo de cómo esté colocado.
- β : inclinación del panel.
- d : distancia mínima entre paneles.

3.3.3.3. Dimensionado del inversor

El dimensionado consiste en hallar la cantidad de paneles que caben en serie y en paralelo que el inversor puede soportar (Hernández Ferrer & González Medina, 2017). Para ello, en primer lugar, se calculan la temperatura máxima y mínima que alcance la superficie de los paneles fotovoltaicos ya que tiene una gran importancia para el dimensionamiento de la instalación pues influyen directamente en los criterios que se utilizan para obtener el número de paneles que se pueden colocar en serie y el número de líneas que pueden colocarse en paralelo.

$$T_{max} = T_{amb_max} + \frac{NOCT - 20}{800} \cdot S^{max} \quad (33)$$

$$T_{min} = T_{amb_min} + \frac{NOCT - 20}{800} \cdot S^{max} \quad (34)$$

Donde:

- T_{max} : temperatura máxima del panel (°C).
- T_{min} : temperatura mínima del panel (°C).
- T_{amb_max} : temperatura ambiente máxima (°C). Dato adquirido de PVGIS.
- S^{max} : irradiancia solar máxima para una inclinación y orientación del panel (W/m²). Dato adquirido de PVGIS.
- T_{amb_min} : temperatura ambiente mínima (°C). Dato adquirido de PVGIS.

La segunda fase del dimensionado consiste en calcular el número de paneles que se pueden disponer en serie atendiendo a criterios relativos a la tensión del inversor. Es decir, se deberá disponer un número de paneles conectados en serie de tal forma que al inversor llegue una tensión mínima y no se sobrepase una tensión máxima. Atendiendo a estas limitaciones, se obtendrán unos números mínimo y máximo de paneles que se pueden conectar en serie.

$$V_{oc}(T_{min}) = N_{s_1} \cdot (V_{oc}^{STC} + (T_{min} - T^{STC}) \cdot \mu_V) \quad (35)$$

$$V_{max}(T_{min}) = N_{s_2} \cdot (V_{mpp}^{STC} + (T_{min} - T^{STC}) \cdot \mu_V) \quad (36)$$

$$V_{min}(T_{max}) = N_{s_3} \cdot (V_{mpp}^{STC} + (T_{max} - T^{STC}) \cdot \mu_V) \quad (37)$$

$$N_{s_3} \leq N_s \leq \min(N_{s_1}, N_{s_2}) \quad (38)$$

Donde:

- $V_{oc}(T_{min})$: máxima tensión admisible en el inversor (V), proporcionado por el fabricante.
- V_{oc}^{STC} : voltaje en cortocircuito de los paneles solares (V), proporcionado por el fabricante.
- $V_{max}(T_{min})$: máxima tensión admisible en el inversor en el punto de máxima potencia (V), proporcionado por el fabricante.
- $V_{min}(T_{max})$: tensión mínima de funcionamiento óptimo del inversor (V), proporcionado por el fabricante.
- N_{s_1} : número máximo de paneles en serie por limitación de tensión máxima en caso de cortocircuito en los paneles.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

- N_{s_2} : número máximo de paneles en serie por limitación de tensión máxima en caso de máxima potencia
- N_{s_3} : número mínimo de paneles solares en serie por limitación de mínima tensión del inversor.
- N_s : rango de paneles conectados en serie para que el inversor funcione en condiciones óptimas.

De la manera similar, para conocer el máximo número de líneas que se pueden instalar en paralelo se atiende al criterio de la máxima intensidad admisible por el inversor en condiciones pésimas de funcionamiento, es decir, en el caso de irradiancia máxima, temperatura máxima de los paneles y situación de cortocircuito.

$$I_{SC}^{max}(T_{max}) = N_p \cdot (I_{sc}^{max} + (T_{max} - T^{STC}) \cdot \mu_A) \quad (39)$$

Donde:

- $I_{SC}^{max}(T_{max})$: máxima intensidad admisible por el inversor (A), proporcionado por el fabricante.
- I_{sc}^{max} : intensidad máxima en cortocircuito del panel (A), proporcionado por el fabricante.
- N_p : número máximo de paneles en paralelo, se aproxima al número entero inferior.

Con todo ello, se elige la distribución del sistema PV, pues se sabe el rango aceptable de paneles en serie y el número máximo de paneles en paralelo.

A modo de comprobación del inversor, se puede calcular el número de paneles máximo que se pueden conectar en paralelo mediante la siguiente expresión:

$$N_p = \frac{P_{inv_max}}{N_s \cdot P_{mod_max}} \quad (40)$$

Donde:

- P_{inv_max} : potencia máxima adminisble del inversor (kW).
- P_{mod_max} : potencia máxima generada por el módulo (kW).

3.3.4. Costes y ahorros aproximado de los diferentes tipos de campos de arroz

En este apartado se identifican los costes y ahorros que intervienen a lo largo de la vida útil de los sistemas PV. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los costes y ahorros de la electrificación de las embarcaciones.

Tabla 6. Costes y ahorros durante la vida útil de los sistemas solares fotovoltaicos de apoyo.

Costes	- Inversión inicial.
	- Devolución anual del préstamo si procede.
Ahorros	- Ahorro energético.
	- Reducción de la contaminación.
	- Ahorro en mantenimiento.

Como se ha comentado en el apartado 3.2.4, se han considerado el precio medio de la electricidad en tarifa PVPC (0,116 €/kWh) y el factor de emisión eléctrico ($1,5E^{-4}$ tCO₂/kWh) del año 2021.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Para el cálculo del ahorro en energía, económico y en emisiones se tiene en cuenta la energía mensual generada (E_{tot_mes}) que se ha obtenido de la ecuación (29) y la energía demandada mensual (de las facturas de electricidad del que se parte). Dichos ahorros se calculan de la siguiente manera:

$$A_{energía} = \min (E_{tot_mes}, E_{dem_mes}) \quad (41)$$

$$A_{emisiones} = C_{elec} \cdot A_{energía} \quad (42)$$

$$A_{emisiones} = K_{emis_elec} \cdot Ahorro_{energía} \quad (43)$$

Donde:

- E_{tot_mes} : energía generada mensual por el sistema PV (kWh/mes).
- E_{dem_mes} : energía demandada mensual (kWh/mes).
- $A_{energía}$: ahorro energético mensual (kWh/mes).
- $A_{emisiones}$: ahorro económico mensual (€/mes).
- $A_{emisiones}$: ahorro en emisiones mensual (tCO₂/mes).
- C_{elec} : coste de la electricidad en tarifa PVPC (0,116 €/kWh).
- K_{emis_elec} : coeficiente de emisiones eléctrico en el mix español (tCO₂/kWh).

3.3.5. Cálculo de indicadores de la viabilidad económica

El proceso de cálculo de la viabilidad económica del sistema de apoyo solar fotovoltaico es el mismo que en el caso de las embarcaciones eléctricas, para lo cual se remite al apartado 3.2.5.

3.3.6. Escalabilidad de los costes y ahorros de la instalación de sistemas solares fotovoltaicos de apoyo en la Albufera de Valencia

En esta sección se escalan los resultados para saber el coste total de los sistemas solares fotovoltaicos de apoyo. Así mismo se escalan los resultados de reducción de emisiones de emisiones de gases contaminantes para saber su impacto ambiental.

3.3.7. Beneficios de la energía fotovoltaica en el regadío

En esta sección se describen los beneficios ambientales del uso de la energía solar fotovoltaica en el regadío y en la medida de lo posible se contabiliza. Como se ha mencionado en el apartado 2.3, el beneficio ambiental principal es la reducción de emisiones de gases contaminantes y la rentabilidad económica, lo cual supone una ayuda al sector agrario.

CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN DE LA ELECTRIFICACIÓN

DE LAS EMBARCACIONES DE LA ALBUFERA

En este capítulo se procede a aplicar la metodología descrita en el capítulo anterior respecto a uso productivo de pesca y turismo en la Albufera, relativo a la actividad de navegación en el lago.

4.1. Adquisición de datos

A fecha de 15 de enero de 2021 el número total de barcas registradas es de 1.022 de las cuales:

- Recreo: 500
- Gran Recreo: 16
- Pesca/Recreo: 329
- Pesca: 108
- Pasaje: 69

El tipo Pesca/Recreo son aquellas embarcaciones que aparte de dedicarse a actividades lucrativas de pesca se dedica a hacer actividades de recreo. De las 1.022 embarcaciones registradas la gran mayoría de ellas se encuentran en los puertos de El Palmar, Catarroja, Silla y El Saler, como se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 7. Registro del número de embarcaciones en los principales puertos de la Albufera.

Puerto	Recreo	Gran Recreo	Pesca / Recreo	Pesca	Pasaje	Total
Catarroja	81	6	105	21	5	218
El Saler	50	1	2	1	13	67
El Palmar	156	2	111	31	46	346
Silla	73	6	63	28	2	172

En la siguiente imagen se muestra la cantidad de embarcaciones de cada tipo en cada una de ellas y en el resto de los puertos (Perelló, Perellonet, Sollana y Alfafar). Mediante una serie de visitas a los puertos de La Albufera se ha realizado la siguiente imagen, que refleja el recorrido habitual que las embarcaciones de paseo turístico suelen hacer. Cuanto más oscuro es el tramo del recorrido más habitual es que circulen por ahí.

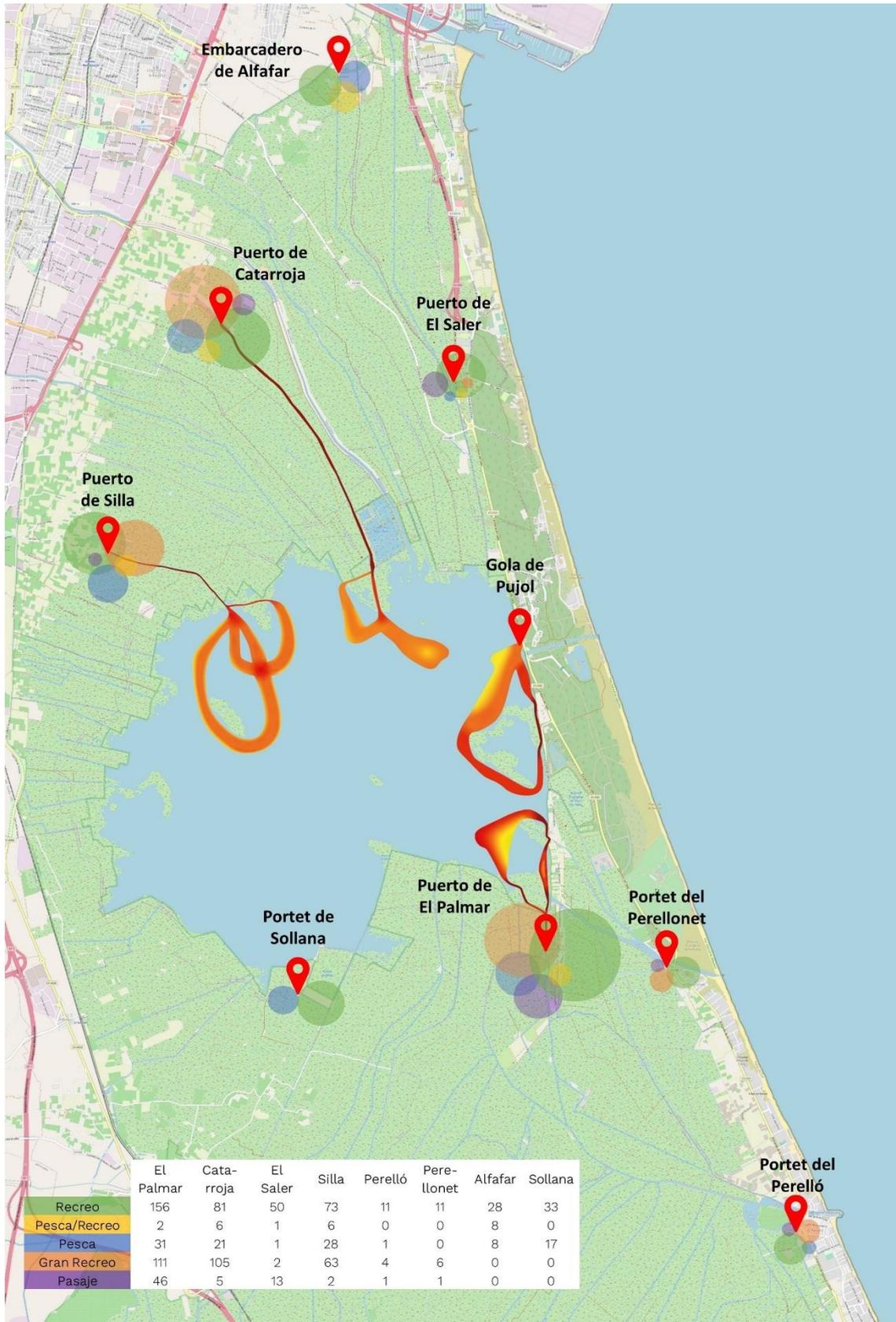


Imagen 12. Mapeo del número de embarcaciones registradas en la Albufera de Valencia.

Las embarcaciones registradas tienen las siguientes dimensiones:

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

- Pasaje: de las 69 barcas de pasaje, 23 tienen una eslora entre 5 y 9 metros y el resto entre 9 y 12 metros.
- Recreo: de las 500 barcas de recreo, 44 tienen una eslora inferior a 4 metros, 315 barcas tienen una eslora entre 4 y 7 metros, y el resto entre 7 y 10 metros de eslora.
- Pesca: de las 108 barcas de pesca, 73 tienen una eslora entre 3 y 5 metros, 28 entre 5 y 7 metros de eslora, y el resto entre 7 y 10 metros de eslora.
- Pesca/Recreo: de las 329 barcas de pesca/recreo, 140 tienen una eslora inferior a 5 metros, 122 entre 5 y 7 metros, y el resto entre 7 y 9 metros de eslora.

De la potencia del motor de los tipos de embarcaciones registradas se sabe:

- Pasaje: De las 69 barcas de pasaje, 24 tienen un motor de hasta 50 CV de potencia, 39 tienen un motor entre 50 CV y 90 CV, y el resto entre 90 CV y 120 CV de potencia.
- Recreo: De las 500 barcas de recreo, 92 no tienen motor, 376 tienen un motor de hasta 50 CV de potencia, 28 barcas entre 50 CV y 90 CV de potencia, y 4 barcas de más de 90 CV.
- Pesca: De las 108 barcas de pesca, 42 barcas no tienen motor, 57 tienen un motor de menos de 20 CV y el resto de 60 CV de potencia.
- Pesca/Recreo: De las 329 barcas de pesca/recreo, 84 barcas no tienen motor, 207 tienen un motor de menos de 20 CV, 8 barcas entre 20 CV y 50 CV, 12 barcas entre 50 CV y 90 CV, y el resto de más de 90 CV de potencia.

4.2. Identificación de casos tipo

Por su parte, para el análisis económico y reducción de gases contaminantes de la transición energética de las embarcaciones de La Albufera se han considerado que se realizan los siguientes usos y las siguientes dimensiones medias. El consumo de combustible se ha estimado teniendo en cuenta la metodología desarrollada (Bejarano-Cáceres et al., 2020):

Tabla 8. Usos medios considerados de los tipos de embarcaciones de la Albufera de Valencia.

Tipo de embarcación	Recreo	Gran Recreo	Pesca / Recreo	Pesca	Pasaje
Eslora (m)	8	10	8	6	12
Manga (m)	1,9	2,5	1,9	1,6	3
Nº personas a bordo	12	20	12	10	34
Velocidad del viento (km/h)	15	15	15	40	15
Días laborados al año	260	313	260	260	313
Uso de diseño	6 horas	8 paseos en barca de 45 min	6 horas	6 horas	8 paseos en barca de 45 min
Uso habitual	3 horas	6 paseos en barca de 45 min	3 horas	3 horas	6 paseos en barca de 45 min
Litros de gasoil consumidos (L)	4,2	6	4,2	3	7,2
Velocidad media de navegación (km/h)	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2

Cabe destacar que los sistemas de almacenamiento se diseñan para dar 6 horas de servicio, aunque se asume que las barcas de PESCA, PESCA/RECREO y RECREO de media navegan

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

alrededor de 3 horas al día y 5 días a la semana (260 días al año). De igual manera, el sistema de almacenamiento de las barcas de GRAN RECREO Y PASAJE se diseña para hacer 8 viajes diarios, aunque se asume que de media hacen 6 viajes al día (habitualmente se hacen de 3 a 5 viajes y en temporada alta de 6 a 8 viajes) y trabajan 313 días al año (6 días a la semana).

4.3. Dimensionado de los casos tipo

Teniendo en cuenta los usos medios estimados de los casos tipo y aplicando la metodología de cálculo descrita en la sección 3.2.3, se estima que sea necesario un motor y batería de las siguientes características:

Tabla 9. Resultados del dimensionado de los tipos de embarcaciones.

Tipo de embarcación	Recreo	Gran Recreo	Pesca / Recreo	Pesca	Pasaje
P _{MAX} motor (kW)	8,39	11,72	9,20	7,92	13,04
P _{MED} motor (kW)	1,38	1,98	1,88	1,50	2,50
C _{BAT} útiles (kWh)	10,03	14,38	10,03	9,01	16,18

Teniendo en cuenta que no toda la energía almacenada se recupera, la eficiencia energética de las baterías de AGM o GEL es de alrededor de 80-85%, y que no conviene descargarlas más del 70-80% si las baterías son del tipo OPzS y del 60% si son tradicionales abiertas, AGM o GEL. Adicionalmente se le aplica un coeficiente de seguridad del 25% de capacidad extra si por algún motivo se necesita estar más tiempo navegando.

Con ello, el modelo de los motores más adecuados y la capacidad en baterías necesarias son los siguientes:

Tabla 10. Modelo de motor óptimo y capacidad de baterías necesaria para cada tipo de embarcación.

Tipo de embarcación	Recreo	Gran Recreo	Pesca / Recreo	Pesca	Pasaje
Modelo motor	10W	15W	10W	7W	15W
C _{BAT} (kWh)	25,00	36,00	25,00	22,50	41,00

En la práctica se sugiere que la capacidad de baterías de las barcas de tipo GRAN RECREO y PASAJE sean la misma, esto es, 41 kWh para que la instalación y el resto de los componentes y procesos sean más fácilmente escalable. De igual manera, se sugiere que la capacidad de baterías de las barcas tipo PESCA, PESCA/RECREO y RECREO sean la misma, esto es, 24 kWh. De esta manera habría 3 modelos de motores dependiendo del tamaño de barcas (pequeñas (PESCA) con modelo 7W, medianas (PESCA/RECREO y RECREO) con modelo 10W y grandes (GRAN RECREO y PASAJE) con modelo 15W) y dos capacidades de baterías diferentes dependiendo de su tipo de uso (turismo (41 kWh) y PESCA y uso privado (24 kWh)).

De esta manera, para facilitar la escalabilidad de la electrificación de los diferentes tipos de barcas, deberían tener las siguientes características.

Tabla 11. Dimensionado de los diferentes tipos de embarcaciones para facilitar su escalabilidad.

Tipo de embarcación	Recreo	Gran Recreo	Pesca / Recreo	Pesca	Pasaje
Modelo motor	10W	15W	10W	7W	15W
C _{BAT} (kWh)	24,00	41,00	24,00	24,00	41,00

4.4. Costes y ahorros de los tipos de embarcaciones

En el presente apartado se describen los costes y ahorros de las embarcaciones eléctricas durante su vida útil, para que en la siguiente sección se evalúe la viabilidad económica de las mismas.

4.4.1. Coste de los tipos de embarcaciones

Para saber los costes de la electrificación de cada tipo de embarcación se ha consultado a la empresa Mínguez¹⁷, que ha llevado a cabo la transición energética de la primera embarcación eléctrica del servicio Devesa-Albufera, los cuales se muestran a continuación. El precio incluye el coste de mano de obra y el proceso legislativo para dar de alta la embarcación.

Tabla 12. Coste de electrificación de cada tipo de barca.

Tipo de embarcación	Recreo	Gran Recreo	Pesca / Recreo	Pesca	Pasaje
Modelo motor	10W	15W	10W	7W	15W
C_{BAT} (kWh)	24,00	41,00	24,00	24,00	41,00
Modelo controlador	AC-36	AC-38	AC-36	AC-34	AC-38
Coste (€/barca) (PVPR)	21.000	24.000	21.000	18.000	24.000
Coste (€/barca) (IVA Incl.)	25.410	29.040	25.410	21.780	29.040

Otro de los costes de operación se corresponde al de sustitución periódica de las baterías por desgaste. Los costes de mantenimiento se consideran ahorro, como se explicará más adelante, pues los sistemas con MCIA requieren en general mayor mantenimiento que los sistemas eléctricos.

Dependiendo del uso que se den de las baterías, como la profundidad de descarga habitual (DoD), los ciclos de vida útil (ciclos de carga y descarga de las baterías) variarán. Por ejemplo, las baterías de AGM tienen la siguiente curva típica de los ciclos de vida en función de la profundidad de descarga (Trojan, 2021).

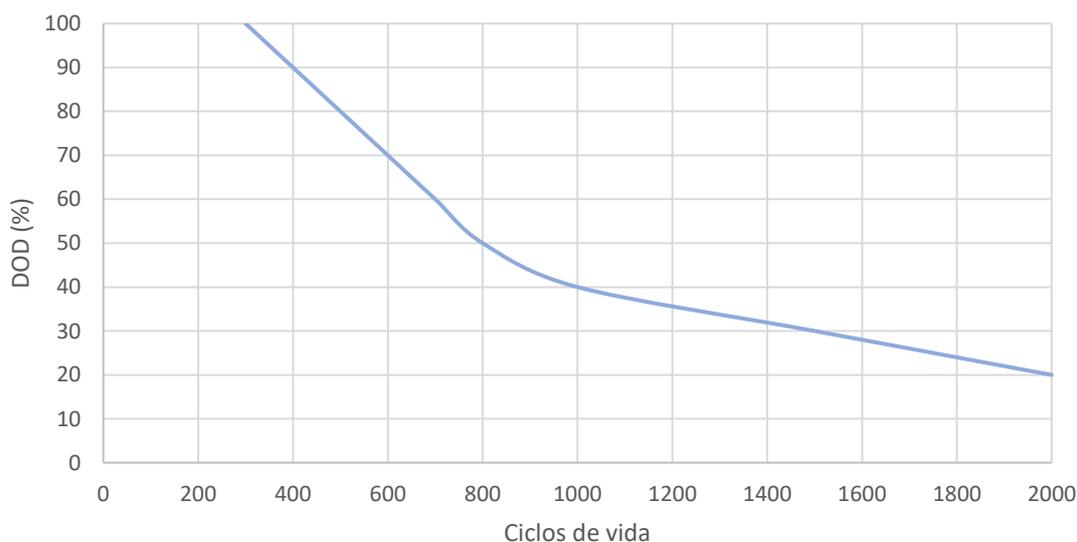


Imagen 13. Influencia del DoD sobre los ciclos de vida útil de las baterías de AGM.

¹⁷ minguez.es

Se debe tener en cuenta que el sistema de almacenamiento se ha diseñado para 6 horas de manera que no se superen DoDs del 50%, más un coeficiente de seguridad del 25%. No obstante, se prevé que las barcas de PESCA, PESCA/RECREO Y RECREO no todos los días naveguen 6 horas sino de media 3 horas diarias. Por su parte, las barcas de GRAN RECREO Y PASAJE que si se supondrán que realizan las 6 horas de navegación para las que están diseñadas.

En el caso de las barcas PESCA, PESCA/RECREO Y RECREO, si en lugar de realizar 6 h realizan 3 h de navegación, las baterías se descargarán solo alrededor del 20% de su capacidad total. Por lo que tendrían una vida útil de aproximadamente 1.900 ciclos. Mientras que las de GRAN RECREO Y PASAJE hay que tener en cuenta que habitualmente hacen 3-5 viajes en barca, mientras que en temporada alta 6-8 viajes en barca. Suponiendo que de media realizan 6 viajes en barca (unas 4,5 horas navegando) las baterías se descargarán hasta alrededor de 30%. Por lo que tendrían una vida útil de aproximadamente 1.300 ciclos.

Con ello, suponiendo que las barcas de PESCA, PESCA/RECREO Y RECREO trabajan 260 días al año (5 días a la semana), las baterías de los tipos de barcas se deben cambiar cada 7 años aproximadamente. Mientras que las baterías de las barcas de GRAN RECREO Y PASAJE suponiendo que trabajan 313 días al año (6 días a la semana) se deben renovar cada 4 años, aproximadamente.

Para estimar el coste de sustitución se debe tener en cuenta los costes previstos de las baterías de los próximos años. Relativo a esto, BloombergNEF¹⁸ prevé que en 2030 el precio de las baterías de AGM sigan bajando hasta 70-80 €/kWh. Sin embargo, no hay una estimación de precios hasta el año 2040, por lo que se supondrá que se mantiene en 70 €/kWh. A modo ilustrativo, en la siguiente gráfica se muestra la evolución histórica de los precios de las baterías de AGM y sus previsiones.

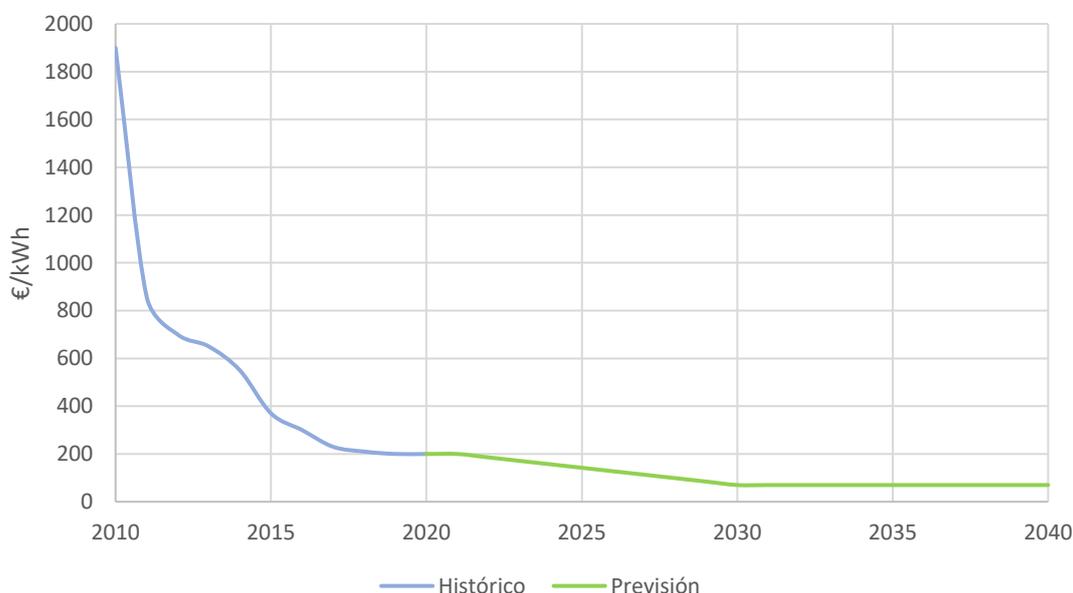


Imagen 14. Evolución de los precios de las baterías AGM. Fuente: BloombergNEF

De la anterior gráfica se puede estimar el coste de renovación del conjunto de baterías de cada tipo de barca. En las siguientes tablas se muestran dichos costes:

¹⁸ <https://about.bnef.com/>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Tabla 13. Coste de renovación de baterías de las barcas de PESCA, PESCA/RECRO y RECRO.

Año	Coste (€/kWh)	Coste de las baterías de las barcas tipo PESCA, PESCA/RECRO Y RECRO (€) (24 kWh)
2028	98,89	2.373,33
2035	70,00	1.680,00
Total	-	4.053,33

Tabla 14. Coste de renovación de baterías de las barcas de GRAN RECRO y PASAJE.

Año	Coste (€/kWh)	Coste de las baterías de las barcas tipo PASAJE y GRAN RECRO (€) (41 kWh)
2025	144,22	5.831,11
2029	98,89	3.462,22
2033	70,00	2.870,00
3037	70,00	2.870,00
Total	-	9.202,22

4.4.2. Ahorro de los tipos de embarcaciones

Con la electrificación cesarían los vertidos de estos hidrocarburos producto de la combustión. Es complicado medir cuánto cantidad de estos inquemados se dejaría de verter, pero lo cierto es que conllevaría una mejora en la calidad del agua de la Albufera y ayudaría a retornar a los ecosistemas previos. El cálculo de ahorros en emisiones se realiza teniendo en cuenta la energía consumida y los factores de emisión, y la reducción de contaminación acústica con mediciones de ruido con sonómetros.

Tabla 15. Ahorro económico y en emisiones de los tipos de barca con y sin PV.

Tipo de embarcación	Recreo	Gran Recreo	Pesca / Recreo	Pesca	Pasaje
Nº embarcaciones	500	16	329	108	69
Nº paneles solares	4	5	4	3	6
Potencia instalada (kWp)	2,160	2,700	2,160	1,365	3,240
Consumo diésel (L por día y barca)	5,70	6,80	5,70	5,00	7,60
Consumo eléctrico en un día medio (kWh por día y barca)	5,02	10,79	5,02	4,51	12,14
Nº días de trabajo al año	260	313	260	260	313
Ahorro en emisiones con PV (tCO ₂ por año y barca)	1,82	3,85	1,82	1,58	4,30
Ahorro económico con PV (€ por año y barca)	850,68	1.777,67	850,68	738,31	1.990,61
Ahorro en emisiones sin PV (tCO ₂ por año y barca)	1,62	3,41	1,62	1,42	3,81
Ahorro económico sin PV (€ por año y barca)	700,90	1.444,16	700,90	611,63	1.611,12

Los ahorros se han calculado teniendo en cuenta los consumos estimados de la Tabla 8 y los costes de energía y coeficientes de emisión de energía eléctrica (0,116 €/kWh y 1,510⁻⁴ tCO₂/kWh) y del gasoil (1,15 €/l y 2,456 kgCO₂/l). Para el cálculo de la generación de energía mediante los sistemas PV se han tenido en cuenta parámetros del ambiente como la radiación, temperatura, área disponible, número de paneles que caben, inclinación de los paneles (en posición horizontal), entre otros, como se ha descrito en la sección 3.3.3. En cada tipo de

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

embarcación con sistema PV se han considerado la instalación de una cantidad de paneles de manera que no se llegue a cubrir la totalidad del área disponible, para que en las embarcaciones haya áreas de sombra y de sol. Con ello, en la anterior tabla se han mostrado los ahorros económicos y en emisiones de CO₂ en cada caso:

Se puede apreciar que con sistemas fotovoltaicos las barcas reducen más gases contaminantes y se ahorra más económicamente que con la otra opción. Además, como se verá más adelante, se obtienen indicadores económicos más favorables, pero suponen un coste de inversión mayor.

Por otro lado, hay otros gastos que se deben tener en cuenta para el cálculo de viabilidad económica, como el ahorro en mantenimiento y en renovaciones de MCI, como se explica a continuación.

Respecto a los costes de mantenimiento, gasto en reparaciones de piezas del motor y sistema de propulsión, los vehículos con motores eléctricos suponen un coste de alrededor de la mitad en comparación con los vehículos con motores térmicos (U.S. Department of energy, 2021). Por ello, consultando a los trabajadores de paseos turísticos manifestaron que de media se gastan alrededor de 100€ al año en mantenimiento, por lo que se estima que se gaste alrededor de 50€ en mantenimiento de la barca eléctrica en sus 20 años de vida. Lo que supone un ahorro de 50€ anuales en gastos de mantenimiento.

Por otro lado, el mantenimiento del sistema PV costaría alrededor de 50€ anuales¹⁹, si se considera la contratación de una empresa y que se aprovecharía para hacer el mantenimiento al resto de embarcaciones con sistema PV.

Por otro lado, hay que tener en cuenta el coste 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 1.700€ en renovaciones de los motores actuales. Por lo que, en el cálculo de flujo de caja se considera en el año 0 y año 10.

4.5. Cálculo de indicadores de la viabilidad económica de los tipos de embarcaciones de la Albufera de Valencia

En esta sección se presentan los resultados de los principales indicadores de viabilidad económica de los diferentes tipos de barcas en caso de que dispongan de sistema PV y en caso de que no lo dispongan.

4.5.1. Flujo de caja y PAYBACK

En el cálculo de flujo de caja se tienen en cuenta los ahorros y gastos descritos anteriormente. A modo representativo, en las siguientes dos imágenes se muestra el flujo de caja del sistema de propulsión con PV y sin PV.

¹⁹ <https://www.habitissimo.es/presupuestos/hacer-mantenimiento-placas-solares>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

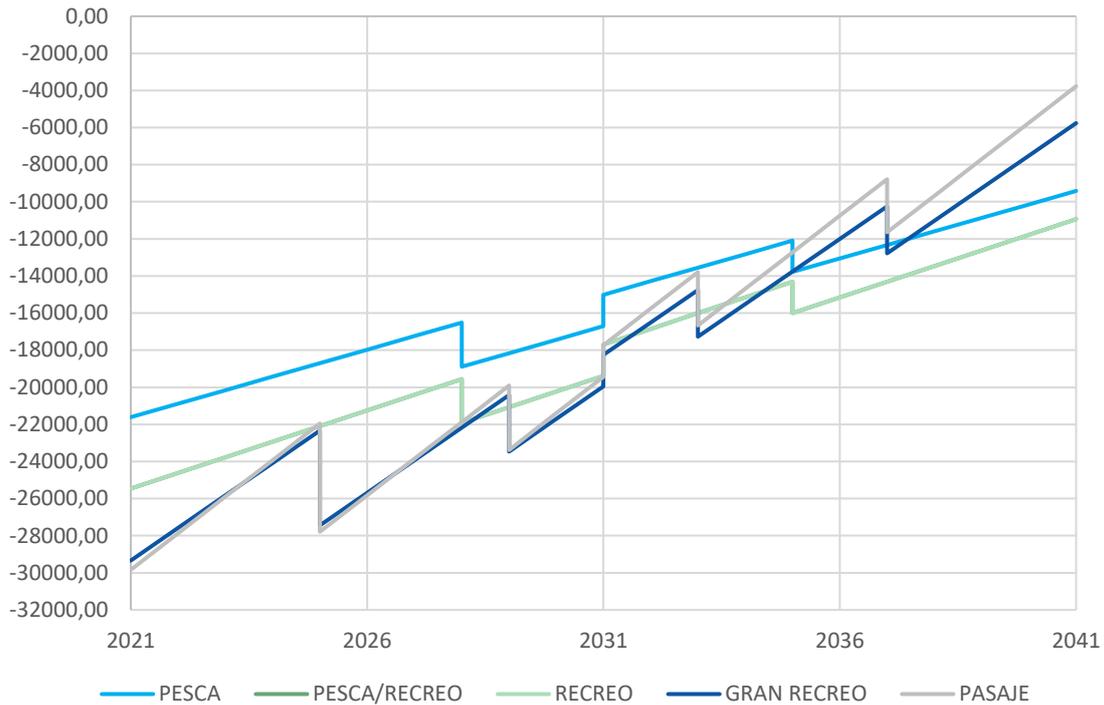


Imagen 15. Flujo de caja de los diferentes tipos de barcas con PV.

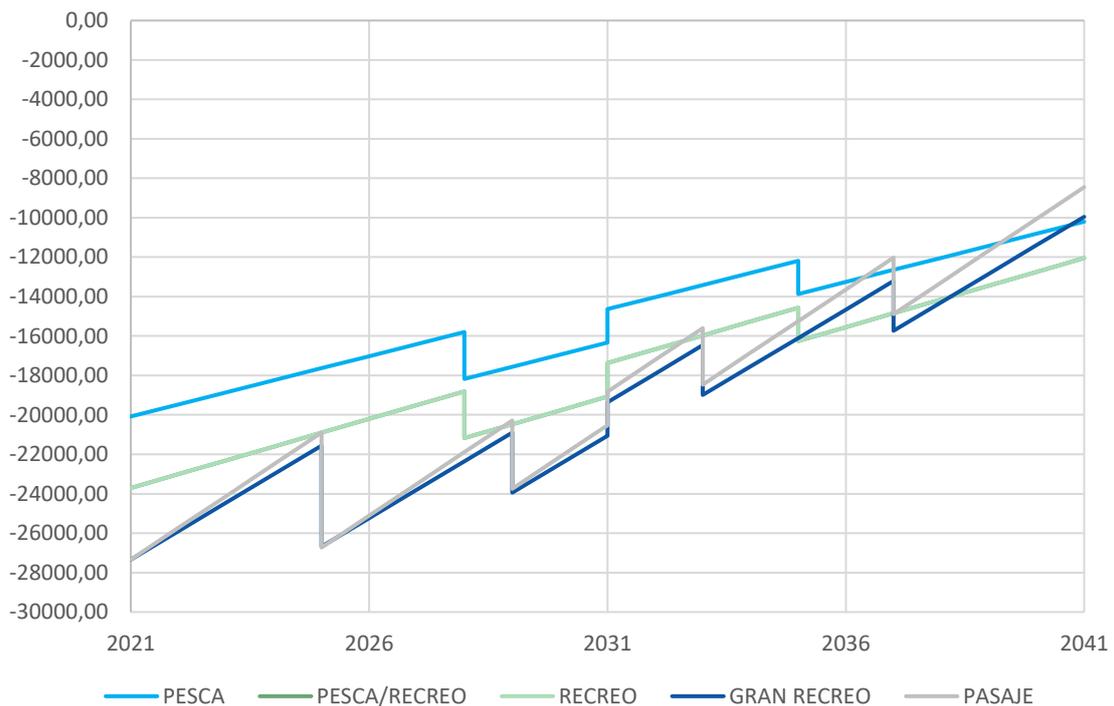


Imagen 16. Flujo de caja de los diferentes tipos de barcas sin PV.

En las gráficas se puede apreciar que las embarcaciones con sistemas PV son más rentables económicamente, aunque suponen un mayor coste de inversión (entre 1.500€-2.500€ más dependiendo del tipo de barca). Y de entre las embarcaciones, las de turismo resultan más rentables pues los ahorros en operación (ahorro en combustible) son mayores por la cantidad de trabajo que de media se ha considerado. Pues a mayor uso de las embarcaciones más se amortiza la inversión porque los costes de operación de las embarcaciones eléctricas son

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

menores en comparación con las tradicionales con motor térmico. Por su parte, cabe resaltar que las curvas RECREO y PESCA/RECREO coinciden pues se han considerado las mismas dimensiones y consumos medios.

Respecto a los años de retorno de la inversión se observa que en ningún caso se recupera, por lo que no hay PAYBACK.

4.5.2. VAN (Valor Actual Neto)

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 con la situación más favorable (mínimo interés y actualización monetaria negativa), situación intermedia (interés medio y actualización monetaria positiva) y situación de interés y actualización monetaria máximos.

Tabla 16. Resumen de los VAN obtenidos de cada tipo de embarcación con PV.

Variables VAN (€)	PESCA	PESCA / RECREO	RECREO	GRAN RECREO	PASAJE
Interés 2%	-16.197,18	-18.945,33	-18.945,33	-5.861,48	-2.198,44
IPC -2%					
Interés 6%	-17.409,72	-20.321,01	-20.321,01	-15.472,43	-13.877,10
IPC 2%					
Interés 10%	-16.059,63	-18.734,95	-18.734,95	-16.469,53	-15.558,87
IPC 5%					

Tabla 17. Resumen de los VAN obtenidos de cada tipo de embarcación sin PV.

Variables VAN (€)	PESCA	PESCA/ RECREO	RECREO	GRAN RECREO	PASAJE
Interés 2%	-16.494,96	-19.497,51	-19.497,51	-9.420,14	-6.081,05
IPC -2%					
Interés 6%	-16.935,08	-19.881,99	-19.881,99	-16.407,87	-14.768,68
IPC 2%					
Interés 10%	-15.431,44	-18.082,66	-18.082,66	-16.640,29	-15.595,27
IPC 5%					

Se puede observar que el VAN siempre es negativo para todos los casos estudiados, lo que refleja que la inversión no es favorable. No obstante, si se subvenciona parte o totalmente la inversión inicial pasaría a ser rentable para el trabajador, como se verá más adelante.

4.5.3. TIR (Tasa Interna de Retorno)

Como el VAN ha resultado negativo en todos los casos se prevé que el TIR también salga negativo. En la siguiente tabla se resumen los resultados del TIR obtenidos en cada tipo de barca con y sin PV.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Tabla 18. Resumen de los VAN obtenidos de cada tipo de barca con y sin PV.

TIPO DE BARCA	PESCA	PESCA / RECREO	RECREO	GRAN RECREO	PASAJE
TIR (%) con PV	-8,15	-8,19	-8,19	-1,96	-0,71
TIR (%) sin PV	-9,10	-9,26	-9,26	-3,45	-2,18

De entre los diferentes tipos de embarcaciones, las de turismo son las más rentables económicamente, como se ha reflejado también en el cálculo del VAN.

4.5.4. Resumen de resultados

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los diferentes tipos de embarcaciones.

Tabla 19. Resumen de resultados de la electrificación de las barcas de la Albufera de Valencia.

Caso tipo	Uds.	Inversión inicial (IVA Incl.) €	Ahorro económico €/año	Ahorro emisiones tCO ₂ /año	TIR (%) VAN ¹ (€) PAYBACK (año)
PESCA	108	21.780	611,63	1,42	-8,15 -16.935,08 -
PESCA / RECREO	329	25.410	700,90	1,62	-8,19 -19.881,99 -
RECREO	500	25.410	700,90	1,62	-8,19 -19.881,99 -
GRAN RECREO	16	29.040	1.444,16	3,41	-1,96 -16.407,87 -
PASAJE	69	29.040	1.611,12	3,81	-0,71 -14.768,68 -
Resultados globales	1.022	25.885.530	781.375,98	1.813,79	-

¹ Interés 6% IPC 2%

4.6. Dimensionamiento y estimación del coste del proceso de carga

En esta sección se estudia la instalación de estaciones de recarga de puntos estratégicos del lago y los costes asociados a ello. Dado que no se dispone de datos reales de la capacidad de la red eléctrica se va a suponer que las líneas de red disponen de las características suficientes para dar la potencia demandada en las estaciones de recarga.

4.6.1. Modalidades del proceso de carga

En esta sección se va a determinar la tipología de estaciones de recarga que mejor se adaptan a los diferentes tipos de barca y modalidades.

Como se ha comentado en las secciones anteriores, se ha planificado que las baterías a instalar son de AGM, las cuales conllevan un peso de 600-1.200 kg dependiendo del tipo de barca en concepto de baterías, pero que no permiten una carga rápida comparada con el tiempo de carga de las baterías de litio, que son entre 3 y 4 veces más rápidas.

La mayoría de las baterías disponen de sistemas de gestión y control del proceso de carga y descarga, los cuales se utilizan para que idealmente la corriente de carga no supere el 30% de la capacidad de las baterías (Mastervolt, 2021), alargando de esta manera la vida útil de éstas. Por ejemplo, una batería de 250 Ah debería cargarse con una corriente de hasta 75 A. Como las baterías se sitúan en bancadas de 4 baterías en serie la corriente en toda la bancada es la misma y no debería superar los 75 A.

Por otro lado, el cargador seleccionado MassCombi no puede superar 50A a 57V (ajustable) de corriente de carga máxima, según su ficha técnica, lo que corresponde a una potencia de carga de 2,85 kW. El cual podría ser el doble (5,7 kW) si se dispone de dos cargadores, uno para cada bancada de baterías. Por lo que, teniendo en cuenta las necesidades medias estimadas de cada tipo de barca, en la siguiente tabla se muestra el tiempo de carga aproximado de las baterías.

Tabla 20. Energía necesaria y tiempo de carga de las baterías planificadas para el uso medio previsto.

Concepto	Pesca	Pesca / Recreo	Recreo	Gran Recreo	Pasaje
Uso	3h de uso (6h disponibles)	3h de uso (6h disponibles)	3h de uso (6h disponibles)	6 viajes (8 viajes disponibles)	6 viajes (8 viajes disponibles)
Energía (kWh necesaria/barca)	4,51	5,02	5,02	10,79	12,13
Horas carga (1 cargador 2,85 kW)	1h 35 min	1h 46 min	1h 46 min	3h 47 min	4h 15 min
Horas carga (2 cargador 5,7 kW)	48 min	53 min	53 min	1h 54 min	2h 8 min

A modo ilustrativo en la siguiente tabla se muestra los tiempos de carga en caso de que las baterías tengan que cargarse del 0% al 100% de su capacidad.

Tabla 21. Energía necesaria y tiempo de carga de las baterías en caso de que tengan que cargarse del 0% al 100%.

Concepto	Pesca	Pesca / Recreo	Recreo	Gran Recreo	Pasaje
Energía (kWh necesaria/barca)	25,00	25,00	25,00	41,00	41,00
Horas carga (1 cargador 2,85 kW)	8h 46min	8h 46min	8h 46min	14h 23min	14h 23min
Horas carga (2 cargador 5,7 kW)	4h 23min	4h 23min	4h 23min	7h 11min	7h 11min

Como se ha podido ver en la Tabla 20, los tiempos de carga para los usos medios previstos de cada tipo de barca son razonablemente cortos si en su embarcadero privado se dispone de conexión a la red eléctrica pues puede aprovechar la noche para cargar las baterías.

No obstante, si no se dispone de embarcadero privado y/o no dispone de conexión a la red eléctrica, debe desplazarse a una estación de recarga y el tiempo de carga se convierte en un factor importante a tener en cuenta.

Aparentemente, si las embarcaciones se usan a plena capacidad (6 horas de navegación) en principio se dispone de 18 horas del resto del día para cargar las baterías de la embarcación,

pero la persona que no tiene punto de recarga privado quizás no dispone de todo el día para esperar que se cargue la barca. En este caso, si se quiere cargar las baterías con mayor rapidez se debe cambiar de baterías de AGM a baterías de litio, que permiten una mayor corriente bastante mayor, y de cargador por uno de mayor potencia.

Por ello, a continuación, se describen las diferentes formas de carga de las baterías caracterizadas por las baterías de AGM (carga lenta) y litio (carga rápida).

- **Carga lenta:** se caracteriza cuando se dispone de punto de carga propio. Dado que al tener embarcadero privado se asume que se dispone de toda la noche para cargar las baterías, por lo que el tiempo no es un factor limitante. Por ello, en este caso, las baterías de AGM son las que mejor se adaptan por su menor precio. En este tipo de carga es suficiente con disponer de un enchufe tipo schuko (enchufe normal de casa) y de un cable de 16A, con protecciones IP por estar en el exterior.
- **Carga rápida:** se caracteriza cuando no se dispone de un punto de carga propio y tampoco de mucho tiempo para cargar, como es el caso de las barcas paseo turístico sin embarcadero privado y/o conexión a la red eléctrica. Por ello, en este caso, las baterías de Litio son las que mejor se adaptan porque permiten corrientes de carga mayores y menores tiempo de carga. En este caso, el cargador también se debe cambiar por uno de mayor potencia. En este tipo de carga se debe tener acceso a estaciones de carga de potencias elevadas en lugares públicos de mayor afluencia como los embarcaderos municipales, los cuales habitualmente son bastantes más caros pero útiles para este tipo de casos pues lo pueden usar varias embarcaciones en diferentes tramos del día.

A continuación, se describen las características de los componentes necesarios y el coste aproximado total llave en mano de la instalación de carga rápida.

Como se ha mencionado anteriormente, los puntos de carga rápida se pueden utilizar en las barcas con baterías de litio, que permite corrientes de carga mayores. Lo que permite reducir el tiempo de carga, si se dispone de cargadores capaces de dar una corriente de carga adecuada.

Por lo que, por ejemplo, las baterías de litio más habituales del mercado son las de tensión 12-12,8 V y un precio comercial que ronda los 1.000-1.100€/kWh. Mientras que las baterías de AGM las más habituales son de 12V y cuyos precios comerciales rondan los 200-220€/kWh.

Como se ha dicho anteriormente, la corriente de carga en las baterías no debe superar el 30% de la capacidad. En el caso de las baterías de litio, al tener una mayor densidad energética, para unas mismas dimensiones y tensiones las baterías pueden almacenar más energía por lo que pueden tener una mayor capacidad y corriente de carga. Respecto a esto, por ejemplo, las baterías MasterVolt MLI Ultra 12/5500 tienen una capacidad nominal de 400 Ah, por lo que idealmente la corriente de carga no debería superar los 120A (30% de 400Ah), tal y como lo indica su ficha técnica, pero pueden soportar corriente de carga de hasta 400A.

Por su parte, como los cargadores para carga rápida tienen que ser capaces de dar dicha corriente de carga (120A) a una tensión ligeramente superior (50-57V) de los 48V del sistema de baterías. Con estas características destacan, por ejemplo, los inversores/cargadores del fabricante Victron de la gama Quattro 8.000VA 48V 110+100A, que son capaces de dar una corriente de carga de hasta 110A, que es un valor próximo a los 120A, a una tensión de alimentación de 55V (6 kW de potencia de carga) a un precio 3.279,45€ (+IVA).

Las baterías de litio se pueden descargar hasta el 80-95% (DoD) y tienen una eficiencia energética alrededor del 90-95%. Con ello, y aplicando el coeficiente de seguridad del 25%, en

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

la siguiente tabla se muestran las capacidades totales de baterías de litio necesarias para los usos descritos en las secciones anteriores para los tipos de barca.

Tabla 22. Resultados del dimensionado de las baterías de litio para carga rápida de cada tipo de barca.

Concepto	Pesca	Pesca / Recreo	Recreo	Gran Recreo	Pasaje
C _{BAT} (kWh)	16,00	16,00	26,00	16,00	26,00

Con estas capacidades de baterías y teniendo en cuenta los usos de las baterías se tendría que las barcas de PESCA, PESCA/RECREO y RECREO se descargarían solamente hasta alrededor del 30% de su capacidad. Por lo que, según los datos de los fabricantes, aguantarían más de 10.000 ciclos y no serían necesarias cambiarlas en los 20 años de vida útil del sistema de propulsión eléctrico. Por su parte, las barcas de GRAN RECREO y PASAJE se descargarían en torno al 50%, aguantarían alrededor de 7.000 ciclos y no serían necesario su renovación en los 20 años de vida útil del sistema de propulsión eléctrico.

Con todo ello, en la siguiente tabla se muestra el coste aproximado del cambio del sistema de almacenamiento y sistema de recarga para que las barcas admitan técnicamente la carga rápida teniendo en cuenta los precios comerciales actuales.

Tabla 23. Presupuesto aproximado del cambio del sistema de almacenamiento y cargador para recarga rápida.

Concepto	Pesca	Pesca / Recreo	Recreo	Gran Recreo	Pasaje
Coste de baterías (€)	16.000,00	16.000,00	16.000,00	26.000,00	26.000,00
Coste del cargador (€)	3.279,45	3.279,45	3.279,45	3.279,45	3.279,45
Coste de instalación (€)	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Coste total (€) (IVA Incl.)	19.779,45	19.779,45	19.779,45	29.779,45	29.779,45

Por otro lado, la estación de carga también debe ser capaz de dar la potencia necesaria al cargador dentro de la embarcación. Siguiendo con el modelo Victron Quatro 8.000VA tienen dos entradas AC a 230V capaces de recibir 100A en cada entrada. De esta manera, se debe buscar un poste de carga capaz de dar como mínimo 100A a 230V (AC monofásico).

De entre los modelos de estaciones de carga, por ejemplo, destacan los modelos URBAN del fabricante CIRCUTOR. Concretamente el modelo URBAN 10 proporciona unas características necesarias de carga pues son capaces de dar 32A a 230V (7,36 kW), que es una potencia admisible de entrada del cargador Victron Quattro 8.000VA.

El precio comercial de una estación de carga de estas características ronda los 3.000-4.000 € (IVA incl.), pero lo que más cuesta es la instalación. El coste de la instalación de estaciones de recarga eléctrico llave en mano, es decir, suministro, proyecto, instalación y legalización, es alrededor de 12.000€ + IVA.

Por otro lado, de acuerdo con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que se está impulsando desde la UE y la ONU, la instalación de estaciones de recarga de vehículos eléctricos está siendo subvencionados parcial o totalmente desde hace varios años. Y de hecho esto es una de las principales oportunidades de la transición energética de la flota de barcas de la Albufera de Valencia, la captación de fondos europeos de recuperación, como se verá en la sección 6.1.1.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

4.6.2. Criterios de localización de los puntos de recarga y parámetros asumidos

Como se ha mencionado anteriormente, la localización óptima de los puntos de recarga se realizará de acuerdo con la confluencia de barcas en el lugar y con la distancia del lugar con el lago y al punto de recarga más próximo. Es decir, a mayor confluencia de barcas más adecuado será el lugar para albergar un punto de recarga, e incluso que uno de los puntos sea de carga rápida.

Por otro lado, aunque las barcas se mueven por canales y acequias, la actividad principal de pesca y turismo se centra en el lago. Por lo que, a mayor cercanía del lugar del lago será más adecuado para localizar un punto de recarga. También se tendrá en cuenta que la distancia entre puntos de recarga no sobrepase los 5 km para una mayor seguridad de suministro de recarga. En la siguiente tabla se resumen los criterios de localización:

Tabla 24. Resumen de los criterios para la localización de los puntos de recarga.

Criterios para la localización de puntos de recarga
1. Se considera necesario la instalación de al menos un punto de recarga en los embarcaderos municipales de las poblaciones con al menos 15 barcas registradas.
2. Se considera necesario la instalación de al menos un punto de recarga rápida en los embarcaderos municipales de las poblaciones con al menos 150 barcas registradas.
3. Se consideran más adecuados los lugares más cercanos al lago pues la actividad principal de pesca y turismo se centra en el lago.
4. Se considera que la distancia máxima entre los puntos de recarga no debe superar los 5 km para mayor seguridad de carga.

De acuerdo con los criterios de confluencia, dado que la mayoría de las embarcaciones se ubican en los embarcaderos municipales, estos son *a priori* los principales puntos estratégicos en los que se deben instalar. De acuerdo con el criterio de la distancia al lago y entre puntos de recarga, los *tancats* cercanos al lago con conexión a red van a ser *a priori* los puntos estratégicos complementarios en los que se deben instalar.

Por tanto, la planificación de instalación de puntos de recarga para los primeros 5 años, en los que se van a asumir que se van a electrificar el 25% de las embarcaciones, de acuerdo con el Plan para las embarcaciones de la Albufera que se describe en la sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** De acuerdo con la evolución de la electrificación en los 5 primeros años se aconsejará invertir más o menos en la instalación de infraestructuras de recarga. También se van a asumir que los horarios de carga de las actividades de pesca, turismo y uso privado son complementarios y que el uso habitual de los puntos de carga son 16 horas al día, debido a los momentos en que nadie esté cargando. Además, se tendrá en cuenta que la potencia máxima de carga de los cargadores MassCombi es de 2,85 kW, como los de la barca del Ayuntamiento de Valencia y la de la Comunitat de Pescadors de El Palmar, y que por tanto son puntos de carga lentos, pero de fácil instalación y de menor coste, comparados con los puntos de carga rápidos. En la siguiente tabla se resumen los parámetros asumidos que se han realizado.

Las embarcaciones de pesca mayoritariamente trabajan de madrugada hasta el mediodía (unas 6 horas de trabajo), disponen del resto de la tarde y parte de la noche para cargar las baterías. Por su parte, las embarcaciones de turismo habitualmente trabajan unas cuantas horas (no continuas si no con tiempo de espera entre viaje y viaje) por las mañanas y por las tardes (unas 6 horas de trabajo), por lo que disponen de toda la noche y parte de la mañana y la tarde para cargarlas. Debido a ello, se considera que los tiempos de carga entre estos tipos de barcas y las embarcaciones de recreo y pesca/recreo que solo son para uso privado son complementarias.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Tabla 25. Resumen de las asunciones para la localización de los puntos de recarga.

Parámetros asumidos para la localización de puntos de recarga	
1.	Se realiza la planificación de instalación de puntos de recarga para los primeros 5 años, en los que se prevé la electrificación del 25% de barcas totales.
2.	Los horarios de carga de las actividades de pesca, turismo y uso privado son complementarios y que el uso habitual de los puntos de recarga es de 16 horas/día.
3.	La gran mayoría de puntos de recarga a instalar son de carga lenta, debido a que son fáciles de instalar y suponen un menor coste de instalación comparados con los puntos de recarga rápidas.
4.	No se ha tenido en cuenta la energía generada por las embarcaciones que disponen de sistema PV, para estar del lado de la seguridad.

4.6.3. Localización, cantidad y costes de los puntos de recarga

Como se ha mencionado anteriormente, la localización principal de los puntos de recarga son los puertos municipales. Mientras que se estima necesario la instalación de puntos adicionales de recarga en los *tancats* gestionados por la administración pública cercanos al lago.

En la siguiente tabla se muestran las embarcaciones registradas en las poblaciones de la Albufera con más de 15 embarcaciones registradas. Se puede apreciar que mayoritariamente las embarcaciones están registradas en El Palmar, El Saler, Catarroja y Silla.

Tabla 26. Número de embarcaciones registradas de cada tipo en los diferentes puertos de la Albufera.

Puerto	El Palmar	Cata- rroja	El Saler	Silla	Perelló	Pere- llonet	Alfafar	Sollana
Pesca	31	21	1	28	1	0	8	17
Pesca / Recreo	2	6	1	6	0	0	8	0
Recreo	156	81	50	73	11	11	28	33
Gran Recreo	111	105	2	63	4	6	0	0
Pasaje	46	5	13	2	1	1	0	0
Barcas totales	346	218	67	172	17	18	44	50

Por otro lado, teniendo en cuenta los usos y los consumos energéticos previstos de las barcas (Tabla 8), en la siguiente tabla se muestra las demandas energéticas medias en los principales puertos. Teniendo en cuenta, además, los criterios y asunciones descritos en la sección anterior, en la siguiente tabla se muestra la cantidad de puntos de recarga lenta y rápida que se deben instalar en los principales puertos. Dado que las estaciones de recarga de vehículos eléctricos habitualmente cuentan con dos tomas, en dichos puertos se reflejan dos puntos de recarga rápida en lugar de una.

Tabla 27. Necesidades energéticas y número de puntos de recarga necesarios en los 8 principales puertos de la Albufera de Valencia.

Puerto	El Palmar	Cata- rroja	El Saler	Silla	Perelló	Pere- llonet	Alfafar	Sollana
kWh demandada	2.687,96	1.724,50	439,67	1.226,41	114,98	132,05	216,65	242,16
Nº puntos recarga lenta	13	8	3	5	1	2	2	2
Nº puntos recarga rápida	2	2	0	2	0	0	0	0

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Respecto a los puntos estratégicos de instalación de estaciones de recarga se considera la Gola de Pujol como tal, pues es un lugar de concurrencia de un gran número de embarcaciones y está a la orilla del lago. En ella se considera la instalación de 4 puntos de recarga lenta y 2 de recarga rápida.

Por otro lado, como se ha mencionado anteriormente, según los criterios de distancia, los *tancats* gestionados por la administración pública más próximos al lago con conexión a la red eléctrica son las principales opciones para la instalación de puntos de recarga adicionales para una mayor seguridad de carga. Con ello, se identifica necesaria la instalación de un punto de recarga en los Tancats de la Pipa, Pasiego y Milia. A modo ilustrativo en la Imagen 17 se muestra la localización y cantidad de puntos de recarga instalados en cada puerto y en los *tancats* seleccionados.

A modo de resumen en la siguiente tabla se muestra la localización, la cantidad de los puntos de recarga y el coste total aproximado de instalación. Cabe recordar que se estiman necesarios la instalación de estos puntos de instalación en los 5 primeros años, pero que, en función de la evolución de la transición eléctrica, en los siguientes años se deberá evaluar invertir más o menos en la instalación de infraestructuras de recarga.

Tabla 28. Número de puntos de recarga lenta y rápida y el coste de instalación llave en mano.

Localización	Nº puntos de recarga lenta	Nº puntos de recarga rápida	Coste PVP total de instalación (€)
El Palmar	13	2	37.000,00
Catarroja	8	2	32.000,00
El Saler	3	0	3.000,00
Silla	5	2	29.000,00
Perelló	1	0	1.000,00
Perellonet	1	0	1.000,00
Alfagar	2	0	2.000,00
Sollana	2	0	2.000,00
Gola de Pujol	4	2	28.000,00
Tancat de la Pipa	1	0	1.000,00
Tancat del Passiego	1	0	1.000,00
Tancat de Milia	1	0	1.000,00

Cabe destacar, que el coste total aproximado de instalación de un punto de recarga lento es de 1.000€ + IVA, mientras que el coste aproximado de instalación de puntos de recarga rápidos es de 12.000€ + IVA. El coste total (IVA Incl.) de la instalación de los puntos de recarga es 168.190€ para los 5 primeros años, en los que se ha asumido la electrificación del 25% de las barcas.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

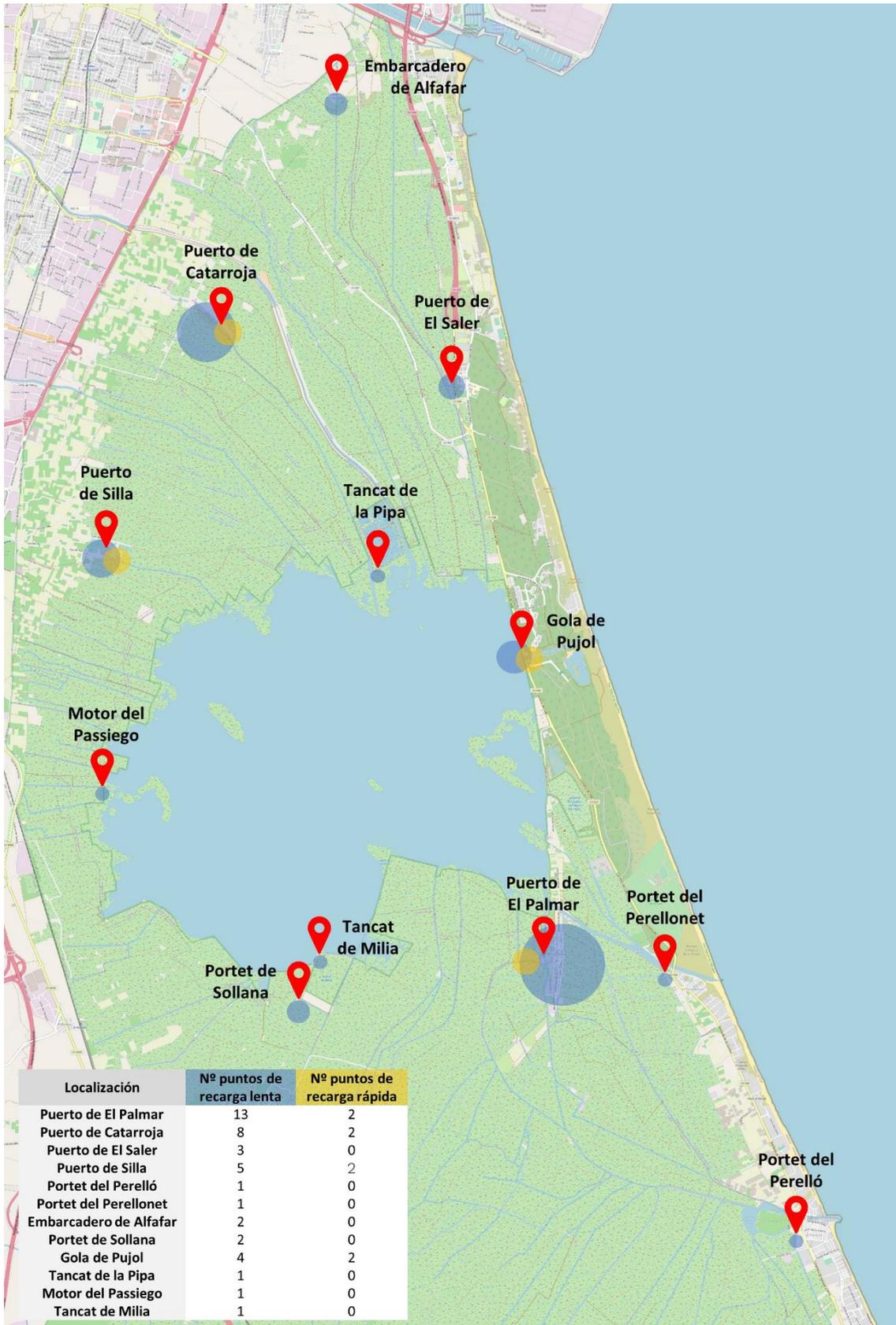


Imagen 17. Localización y cantidad de puntos de recarga de la Albufera de Valencia.

4.6.4. Ubicación de los puntos de recarga

En esta sección se muestran la localización de los puntos de recarga y los posibles recintos en los que se pueden conectar. Para simplificar se considera que capacidad de la línea de red eléctrica y al cuadro eléctrico al que se conectará tienen la capacidad suficiente.

4.6.4.1. Puerto de El Palmar

En El Palmar los puntos de recarga se pueden conectar al cuadro eléctrico de la Trilladora del Tocaio, la cual ha sido adquirida por la administración pública, y al cuadro eléctrico del recinto del motor de los campos de al lado. Como se ha mencionado anteriormente, se debe instalar una estación de carga rápida con dos tomas y trece puntos de recarga lenta. En la siguiente imagen se puede ver la distribución donde se propone instalar los puntos de recarga.

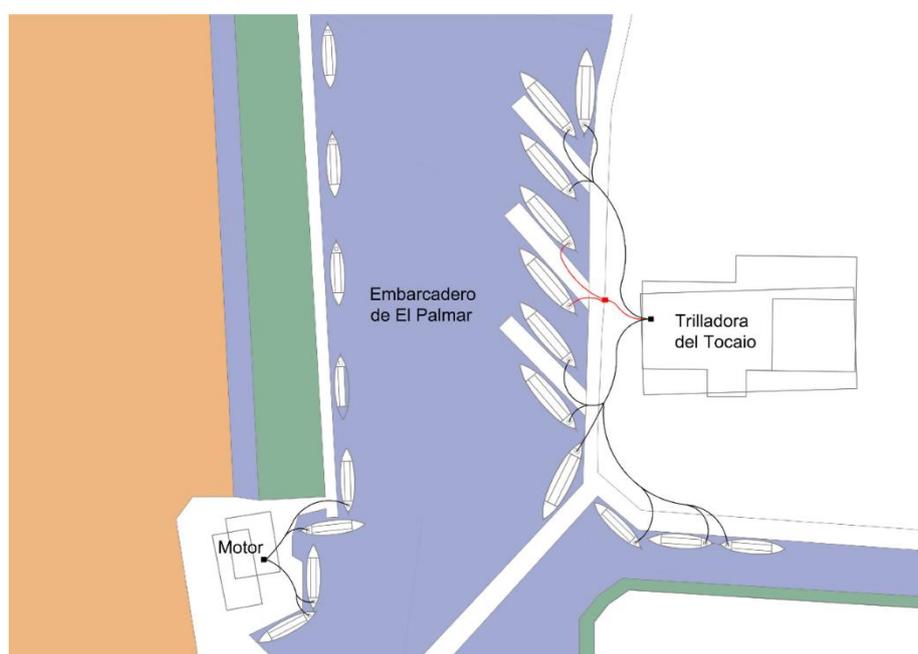


Imagen 18. Puntos de recarga en el embarcadero municipal de El Palmar. Elaboración propia.

4.6.4.2. Puerto de El Saler y embarcadero de la Gola de Pujol

Las embarcaciones registradas en el Saler habitualmente se ubican principalmente en el embarcadero municipal y en la Gola de Pujol. Durante el día las embarcaciones de turismo se desplazan a la Gola de Pujol y al final de la jornada vuelven al embarcadero de El Saler.

Habitualmente en la Gola de Pujol se sitúan alrededor de 6 barcas de turismo. Por lo que, se propone la instalación de al menos 6 puntos de recarga, entre las cuales 2 puntos de recarga pueden ser rápidas pues su cercanía al lago y la concurrencia de barcas por la zona la Gola de Pujol corresponde a un punto estratégico del lago. Por su parte, en el embarcadero municipal de El Saler se propone la instalación de 3 puntos de recarga lenta.

En el embarcadero municipal de El Saler los puntos de recarga se pueden conectar al cuadro eléctrico del Motor de El Saler y en el embarcadero de la Gola de Pujol (Mirador de la Albufera) los puntos de recarga se pueden conectar a la conexión eléctrica de la farola más próxima de la Carretera. Cabe destacar que para la estación de recarga rápida sería necesario reforzar la capacidad de la conexión de red de la farola, lo que representa una de las barreras para la

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

transición energética de la Albufera. La cual además puede servir para la recarga de coches eléctricos por su proximidad a la carretera.

Con ello, en las siguientes imágenes se muestran las conexiones y localización de los puntos de recarga en el embarcadero de El Saler y la Gola de Pujol.



Imagen 19. Puntos de recarga en el embarcadero municipal de El Saler. Elaboración propia.

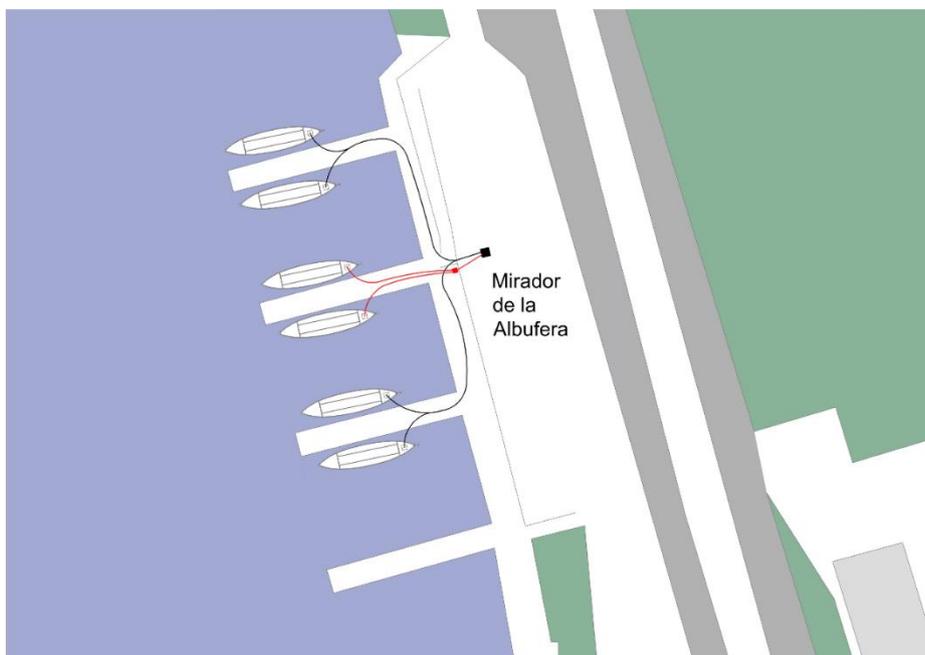


Imagen 20. Puntos de recarga en el embarcadero de la Gola de Pujol. Elaboración propia.

4.6.4.3. Puerto de Catarroja

En el puerto de Catarroja los puntos de recarga se pueden conectar al cuadro eléctrico al establecimiento de la Comunidad de Pescadores de Catarroja, que está justo al lado del restaurante Casa Baina y la *Escola de Vela Llatina Els Peixcadors*. Como se recoge en la Tabla 28, se debe instalar 8 puntos de recarga lenta y 2 de recarga rápida.

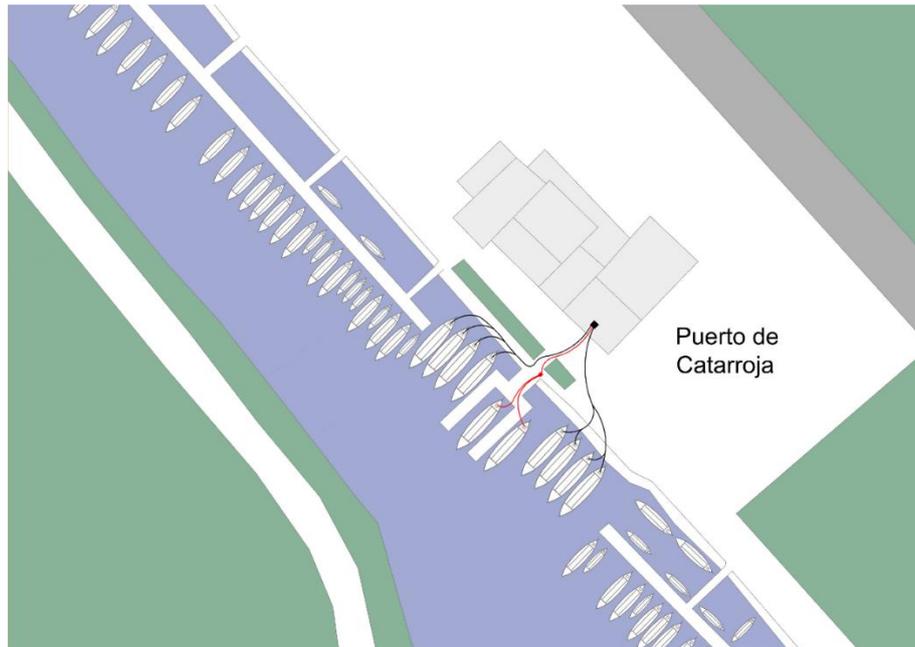


Imagen 21. Puntos de recarga en el puerto de Catarroja. Elaboración propia.

4.6.4.4. Puerto de Silla

En el puerto de Silla se plantea instalar 5 puntos de recarga lenta y 2 de carga rápida. En el puerto, la conexión a red más cercana y con facilidad de acceso es el centro de transformación (de media a baja tensión) que está al lado del recinto de Piragüismo Silla Port. Por lo que lo ideal es la conexión al cuadro eléctrico de dicho centro de transformación, algo para lo cual previsiblemente no se necesite reforzar la conexión a red puesto que se tratan de puntos de recarga lenta.

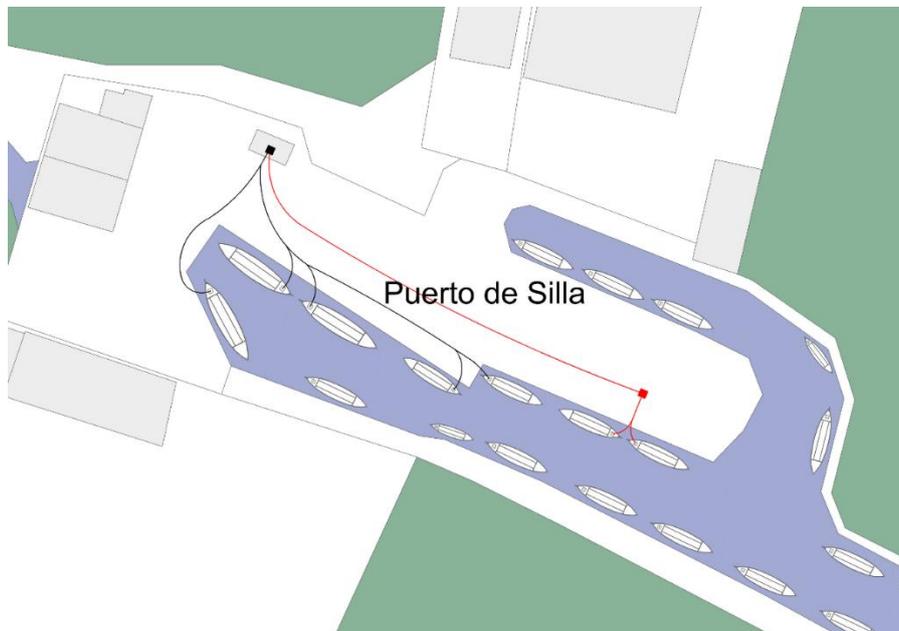


Imagen 22. Puntos de recarga en el puerto de Silla. Elaboración propia.

4.6.4.5. Portet de El Perelló

En el *portet* de El Perelló se necesita instalar un punto de recarga lento, el cual se puede conectar a la conexión a red de la farola más próxima. En la farola la línea de media tensión aérea proveniente del otro lado del *portet* pasa a ser una línea subterránea para toda la población del Perelló. Como se ha mencionado anteriormente, este tipo de aplicaciones, usar la conexión a red de las farolas para cargar vehículos eléctricos, se han ido llevando a cabo en otras poblaciones para impulsar la infraestructura necesaria de recarga.



Imagen 23. Puntos de recarga en el *portet* del Perelló. Elaboración propia.

4.6.4.6. Portet de El Perellonet

En el *portet* de El Perellonet se necesita instalar un punto de recarga lento, el cual se puede conectar a la conexión a red de la farola más próxima o en el recinto de la Hermandad de regantes del Perellonet, que está justo al lado. La farola más próxima está instalada en la fachada de una vivienda, aunque quizás lo más adecuado en este caso sería conectar el punto de recarga al cuadro eléctrico del recinto de la hermandad de regantes, más si la mayoría de las embarcaciones pertenecen a los regantes.



Imagen 24. Punto de recarga en el *portet* del Perellonet. Elaboración propia.

4.6.4.7. Tancat de la Pipa

El Tancat de la Pipa es un punto estratégico de instalación de un punto de recarga por su cercanía al lago. Se trata de una zona de arrozal ganada al lago en el que se han creado pequeños ecosistemas dentro suyo para favorecer la gestión y recuperación de fauna y flora en peligro de extinción. En el Tancat se hacen visitas guiadas y al final de ella se hace un paseo turístico barca por el lago, guiado por un barquero de Catarroja.



Imagen 25. Punto de recarga en el Tancat de la Pipa. Elaboración propia.

4.6.4.8. Tancat de Passiego

El Tancat de Passiego es un punto estratégico de instalación de un punto de recarga por su cercanía al lago y distancia con el resto de los puntos de recarga. El *tancat* consiste básicamente en un motor de bombeo de agua de riego para los campos de alrededor. El punto de recarga se puede conectar a la conexión de red del motor y no haría falta reforzar la conexión al ser solo un único punto de recarga.

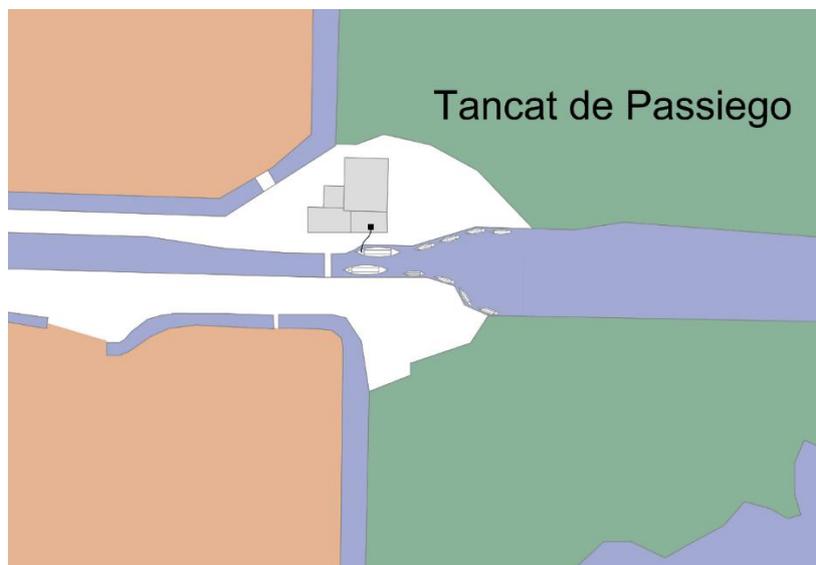


Imagen 26. Punto de recarga en el Tancat de Passiego. Elaboración propia.

4.6.4.9. Tancat de Milia

El Tancat de Milia es un punto estratégico de instalación de un punto de recarga por su cercanía al lago. El *tancat* se basa en la creación de diversos ecosistemas que favorecen la conserva y recuperación de especies de fauna y flora en peligro de extinción. El punto de recarga se puede conectar al cuadro eléctrico de la caseta del *tancat* y no haría falta reforzar la conexión al ser solo un único punto de recarga lenta.



Imagen 27. Punto de recarga en el Tancat de Milia. Elaboración propia.

4.6.4.10. Portet de Sollana

En Sollana, a diferencia de El Palmar y otras poblaciones que tienen sus embarcaderos municipales muy adentrados en el núcleo urbano, el *portet* está bastante alejado del núcleo de la población. Está reacondicionado y se usa para actividades de exhibición de pesca artesanal y está cercano a la torre de observación de aves. Por los resultados reflejados en la Tabla 28 sería necesario instalar al menos dos puntos de recarga lenta. Para los cuales se deberían conectar al cuadro eléctrico de la casa antigua que hay en el *portet*, que actualmente se usa como almacén de maquinaria agrícola.



Imagen 28. Puntos de recarga en el portet de Sollana. Elaboración propia.

4.6.4.11. Portet de Alfafar

En el barrio de Tremolar está bastante alejado del núcleo poblacional pero dentro del término municipal de Alfafar. Los resultados de las embarcaciones registradas en Alfafar muestran que sería necesario instalar al menos dos puntos de recarga lenta. Los cuales se podrían conectar al cuadro eléctrico de la trilladora del Pasiego, al recinto de bombeo que hay al final del canal o alguna farola del canal. Suponiendo la instalación del sistema de bombeo, no habría que reforzar la capacidad eléctrica del recinto.

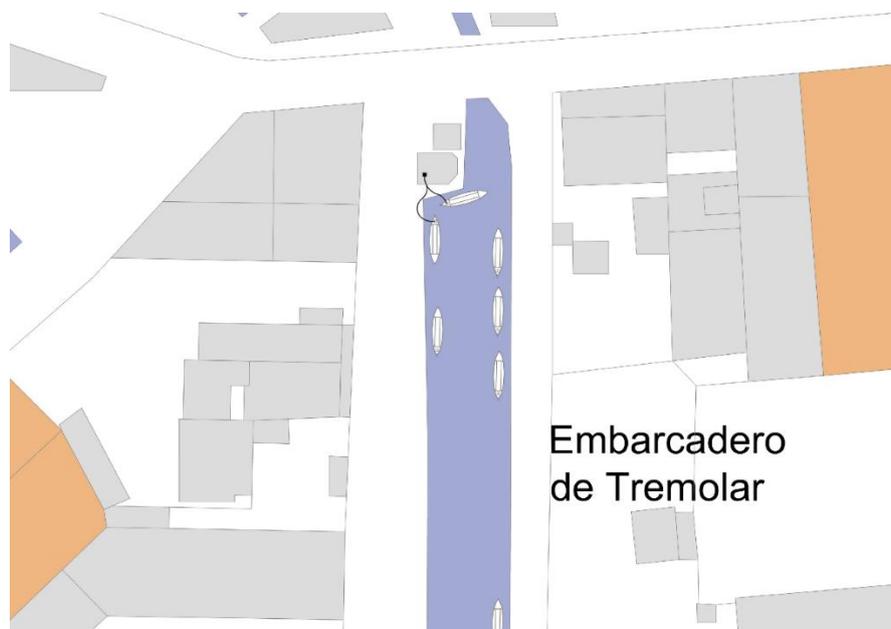


Imagen 29. Puntos de recarga en el embarcadero de Tremolar, Alfafar. Elaboración propia.

4.7. Escalabilidad de los costes y ahorros de la electrificación de las embarcaciones de la Albufera de Valencia

Para estimar el coste íntegro de la electrificación de la flota de barcas de la Albufera se tienen en cuenta el coste de equipamiento e instalación de cada tipo de barca y la infraestructura de recarga, entre otros.

Con todo ello, en la siguiente tabla se muestra el coste de la transición eléctrica de la totalidad de las embarcaciones de la Albufera. En total el coste de la electrificación de la totalidad de embarcaciones de la Albufera es de 21,393 M€ (PVPR) y de 25,886 M€ (IVA Incl.).

Tabla 29. Coste de la electrificación cada tipo de embarcación.

Tipo de embarcación	Recreo	Gran Recreo	Pesca / Recreo	Pesca	Pasaje
Número de embarcaciones	500	16	329	108	69
Coste (€/barca) (PVPR)	21.000,00	24.000,00	21.000,00	18.000,00	24.000,00
Coste total (M€) (PVPR)	10,500	0,384	6,909	1,944	1,656

De los resultados se puede apreciar que las barcas que realizan paseos turísticos (GRAN RECREO y PASAJE), que son las más visibles en la Albufera por los visitantes de la Albufera, son las que menos cantidad hay y las que menos cuestan en conjunto. También las embarcaciones de PESCA son de las que menos cantidad hay y de las que menos cuestan en conjunto. Mientras que las

embarcaciones de RECREO y PESCA/RECREO son de las que más cantidad hay y, por tanto, las que más costarían en conjunto. A modo ilustrativo, los resultados se muestran en la siguiente imagen.

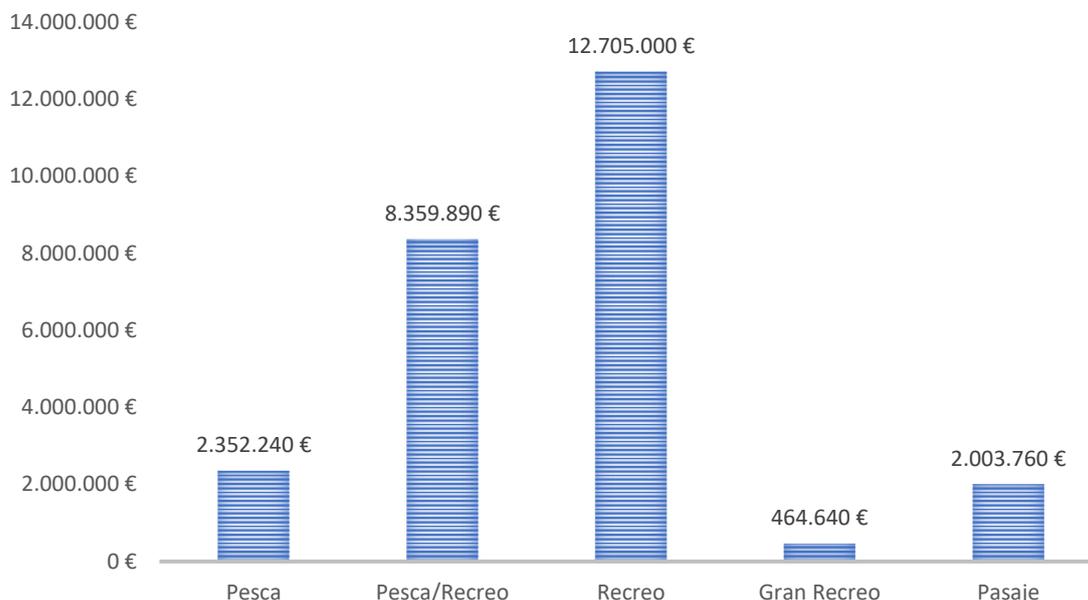


Imagen 30. Coste de electrificación de la totalidad de embarcaciones de la Albufera de Valencia.

Al coste de la electrificación de la totalidad de embarcaciones (25,89 M€) se le debe añadir el coste estimado (sección **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) de la infraestructura de recarga (168.190,00€). Se recuerda que dicho coste es para la instalación de la infraestructura suponiendo la electrificación del 25% de embarcaciones. Al cabo de los 5 años se evaluará si se debe invertir más o menos dependiendo de la evolución de la electrificación. Todo ello da un coste total de alrededor de 26 M€.

Tabla 30. Coste total de aproximado de la electrificación de la Albufera de Valencia.

Concepto	Coste (€)
Coste de embarcaciones (€) (IVA Incl.)	25.885.530,00
Coste infraestructura de recarga (€) (IVA Incl.)	168.190,00
Coste total (IVA Incl.)	26.053.720,00

4.8. Beneficios de la electrificación de la navegación

4.8.1. Reducción de contaminación acústica

La ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación acústica dicta los niveles máximos de niveles sonoros en el ambiente exterior. Ninguna actividad o instalación debe transmitir al ambiente exterior niveles sonoros de recepción superiores a los indicados en la siguiente tabla.

Tabla 31. Niveles máximos de contaminación acústica.

Uso dominante	Nivel sonoro dB(A)	
	Día	Noche
Sanitario y docente	45	35
Residencial	55	45
Terciario	65	55
Industrial	70	60

Para la zona del parque natural de la Albufera de Valencia los niveles sonoros se pueden asemejar a la zona residencial porque se trata de un lugar donde no debe haber mucho ruido para no perturbar la vida de la fauna y flora del parque, por lo que los niveles sonoros máximos permitidos serían de 55 dB(A) durante el día y 45 dB(A) durante la noche.

No obstante, actualmente las embarcaciones propulsadas por motores de combustión interna emiten niveles sonoros superiores a los límites. En unas visitas de campo se midieron los dB(A) emitidos durante el arranque y el ralentí y a dos distancias diferentes del motor, a 0.5 metros del motor (distancia a la que están los barqueros) y a 8 metros (distancia del asiento más lejano del motor) mediante un sonómetro a una embarcación de paseo turístico de 12 metros.

Por otro lado, se monitorizó la eTramuntana²⁰, la primera embarcación eléctrica del Ayuntamiento de Valencia, y 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 32. Resultado de las mediciones de contaminación acústica.

Distancia del motor	Estado del M. combustión	Ruido del M. combustión (dBA)	Estado del M. eléctrico	Ruido del M. eléctrico (dBA)
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.

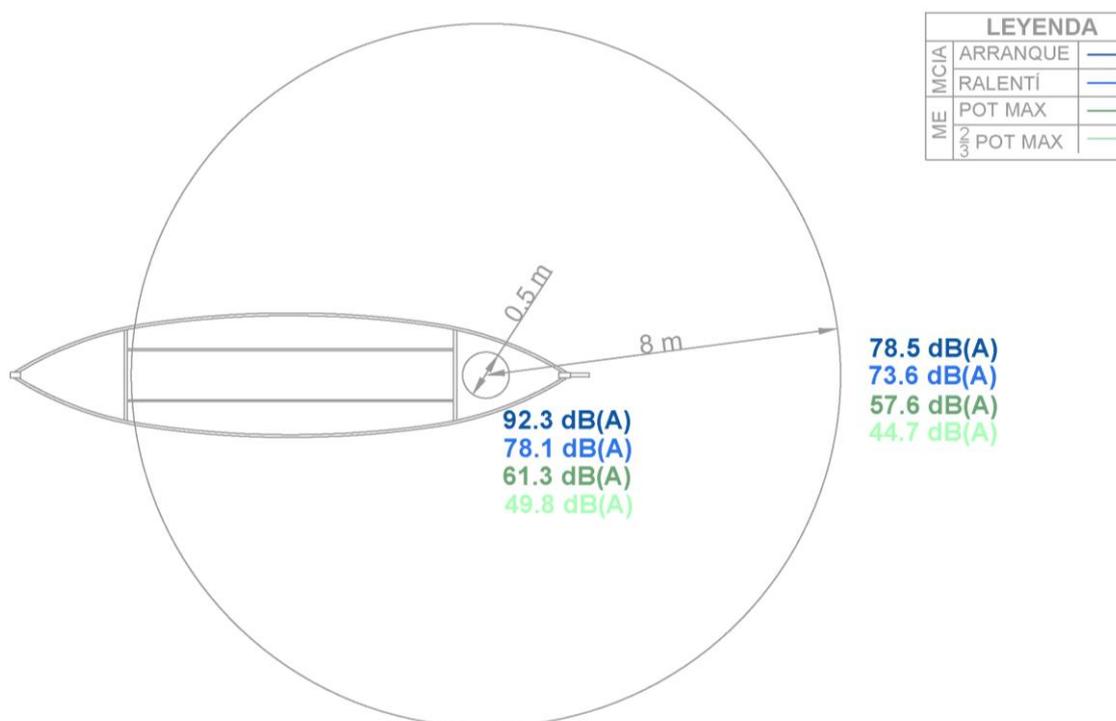


Imagen 31. Comparación de las emisiones de ruido del MCI vs ME. Elaboración propia.

²⁰ lasprovincias.es

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Los niveles sonoros registrados del MCIA superan los valores máximos de la normativa y también el nivel de ruido de 75 dB(A), a partir del cual el daño auditivo se considera existente (Chávez Miranda, 2006). Relativo a esto, se les consultó a los trabajadores, los cuáles manifestaron que sienten pérdida de capacidad auditiva.

Respecto al ME 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 más a los 56 dB(A).

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

4.8.2. Cese de 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 (Longworth & 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). Y 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.

4.8.3. Reducción de emisiones de CO₂

De manera análoga, al dejar de usar diésel como combustible cesan los gases de escape de la combustión, y se reducen las emisiones de gases contaminantes que contribuyen al calentamiento global (NO_x, CO_x, SO_x, entre otros). Se reducirían las emisiones pues en la generación de electricidad se han emitido menos gases contaminantes que los producidos en la combustión del diésel, y que salen por el tubo de escape del motor.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ debido al consumo energético que mueve la embarcación se debe consultar los factores de emisiones del gasoil (2,456 tCO₂/L) y de la energía eléctrica (0,15E⁻³ tCO₂/kWh) y multiplicarlo por sus respectivos consumos. Con lo que se comprueba que otro de los beneficios es la reducción de emisiones de gases contaminantes. En la siguiente tabla se muestran los ahorros en emisiones calculados en la Tabla 15 de las embarcaciones sin PV. Cabe destacar que es un cálculo aproximado pues el coeficiente de emisiones de las energías, y en especial de la energía eléctrica, se ha reducido durante los años, pues depende del mix energético nacional, el cual cada año las fuentes de energía renovables aportan más energía.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Tabla 33. Resumen de resultados de ahorros de emisiones de cada tipo de barca sin PV.

Tipo de barca	Recreo	Gran Recreo	Pesca / Recreo	Pesca	Pasaje	Total
Nº embarcaciones	500	16	329	108	69	1.022
Ahorros anuales de tn CO ₂ eq por barca	1,62	3,41	1,62	1,42	3,81	-
Ahorros totales tn CO ₂ eq	810,00	54,56	532,98	153,36	262,89	1.813,79

Los resultados muestran que, si se electrifican la totalidad de embarcaciones de la Albufera y se realiza el trabajo medio estimado durante 20 años, se ahorrarían 1.813,79 tn CO₂eq. Por otro lado, para calcular la reducción de emisiones en su totalidad se debería realizar un análisis de ciclo de vida, en el que se tenga en cuenta los gases contaminantes emitidos durante la fabricación de las piezas, vida útil y desmontaje de la embarcación. En un estudio de la Comunitat de Pescadors de El Palmar (Comunitat de Pescadors de El Palmar, 2021) se realizó un análisis de ciclo de vida de una embarcación eléctrica de 6,5 metros de eslora.

CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DE LA ELECTRIFICACIÓN

SOLAR DE USOS AGRÍCOLAS: REGADÍO EN TANCATS

En este capítulo se procede a aplicar la metodología descrita en la sección anteriormente respecto al uso de la energía solar en la agricultura para el regadío.

5.1. Adquisición de datos

La adquisición de datos se divide en dos etapas: la adquisición de datos de campos de arroz de tamaño medio y el mapeo del resto de campos de arroz de la Albufera de Valencia.

5.1.1. Casos iniciales

En la siguiente imagen se muestran los motores de regadío de Catarroja y el Tancat de la Pipa, de los que se dispone información.



Imagen 32. Localización de los casos iniciales de cultivos de arroz de Catarroja.

En la siguiente imagen se muestran los consumos energéticos de los casos iniciales.

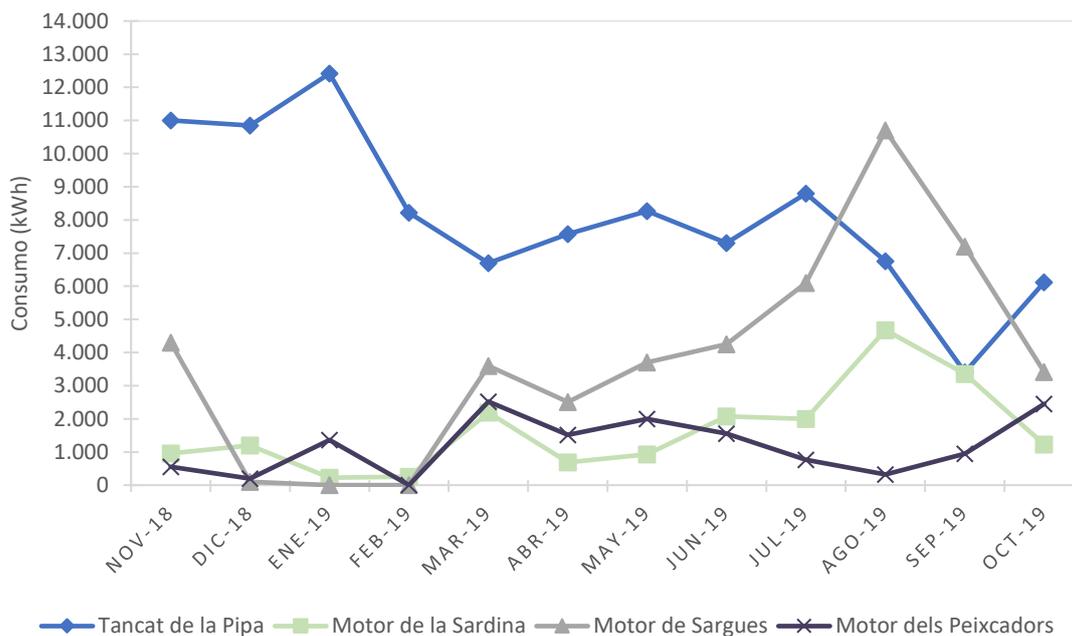


Imagen 33. Consumos energéticos de los casos iniciales.

Como se ha podido comprobar la curva de consumos en los motores de regadío es similar, mientras que la curva de consumo del Tancat de la Pipa (humedal artificial) es diferente pues no se dedica a regadío sino a crear ecosistemas que favorezcan el desarrollo de fauna y flora en peligro de extinción.

Por ello, de los resultados del dimensionamiento del sistema PV, costes, ahorros y viabilidad económica de los tres motores se hallará la media, la cual representará el caso tipo de los motores de regadío. Por otro lado, los resultados del dimensionado del sistema PV, costes, ahorros y viabilidad económica del Tancat de la Pipa representará el caso tipo de resto de los humedales artificiales de la Albufera, dado que no se dispone datos de los demás humedales artificiales de la Albufera.

5.1.2. Mapeo de los motores

En la siguiente tabla se muestran los resultados del mapeo de los motores de regadío de campos de arroz que se han identificado. Se han añadido también los motores de los *tancats* artificiales. En los planos 2 al 4 se muestra la ubicación de los motores mapeados.

Tabla 34. Registro de los motores de regadío de campos de arroz en la Albufera de Valencia.

ID	Municipio	Nombre	Tipo
VAL_01	Valencia	Motor de l'Abadejo	Regadío
VAL_02	Valencia	Motor del Racó de l'Olla	Regadío
VAL_03	Valencia	Motor de Vista Alegre	Regadío
VAL_04	Valencia	Motor El Saler	Regadío
VAL_05	Valencia	Motor de les Rates	Regadío
SIL_01	Silla	Motor dels Germanells	Regadío
SIL_02	Silla	Motor del Dulero	Regadío
SIL_03	Silla	Motor del Sequiasset	Regadío

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

ID	Municipio	Nombre	Tipo
SIL_04	Silla	Motor de Hueso	Regadío
SIL_05	Silla	Motor de la Torreña Ampla	Regadío
SIL_06	Silla	Motor del Roro	Regadío
SIL_07	Silla	Motor de Gorres	Regadío
SIL_08	Silla	Motor de Plus Ultra	Regadío
SIL_09	Silla	Motor del Passiego	Regadío
CAT_01	Catarroja	Motor dels Peixcadors	Regadío
CAT_02	Catarroja	Motor de Sargues	Regadío
CAT_03	Catarroja	Motor de Patim	Regadío
CAT_04	Catarroja	Motor de Paisana de Sarier	Regadío
CAT_05	Catarroja	Motor de Baina	Regadío
CAT_06	Catarroja	Motor de Naia	Regadío
CAT_07	Catarroja	Motor de l'Alfafarenc	Regadío
CAT_08	Catarroja	Motor de la Sardina	Regadío
CAT_09	Catarroja	Tancat de la Pipa	Humedal artificial
MAS_01	Massanassa	Motor del Noi	Regadío
MAS_02	Massanassa	Tancadeta	Regadío
MAS_03	Massanassa	Tancat de Burriel	Regadío
MAS_04	Massanassa	Motor Acequia del Corral	Regadío
ALF_01	Alfafar	Motor del final	Regadío
ALF_02	Alfafar	Motor de Capa	Regadío
ALF_03	Alfafar	Motor de Cábiles	Regadío
ALF_04	Alfafar	Motor de Gambell	Regadío
ALF_05	Alfafar	Motor del Pomero	Regadío
ALF_06	Alfafar	Motor de la Modernista	Regadío
ALF_07	Alfafar	Motor de Telesforo	Regadío
ALF_08	Alfafar	Motor del Rabisanxo	Regadío
ALF_09	Alfafar	Casa de Puertes	Regadío
ALF_10	Alfafar	Turbina de Rabisanxo	Regadío
ALF_11	Alfafar	Motor de Benjamín	Regadío
ALF_12	Alfafar	Motor de Manotes	Regadío
SOL_01	Sollana	Tancat de la Ratlla	Regadío
SOL_02	Sollana	Motor de la Foia	Regadío
SOL_03	Sollana	Motor de l'Amarguet	Regadío
SOL_04	Sollana	Motor del Calessor	Regadío
SOL_05	Sollana	Motor del Xicorro	Regadío
SOL_06	Sollana	Motor de Farfall	Regadío
SOL_07	Sollana	Motor d'Olmos	Regadío
SOL_08	Sollana	Motor de Foro	Regadío
SOL_09	Sollana	Motor dels Ferms	Regadío
SOL_10	Sollana	Motor de la Ratlla	Regadío
SOL_11	Sollana	Tancat de Milia	Humedal artificial
SOL_12	Sollana	Tancat Zacarés	Regadío
SOL_13	Sollana	Motor del Passiego	Regadío
SOL_14	Sollana	Motor del Campot	Regadío
SUE_01	Sueca	Motor de la Casota	Regadío
SUE_02	Sueca	Motor del Xato	Regadío
SUE_03	Sueca	Motor del Canyar	Regadío

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

ID	Municipio	Nombre	Tipo
SUE_04	Sueca	Motor de Daniel	Regadío
SUE_05	Sueca	Motor de Caro	Regadío
SUE_06	Sueca	Tancat de l'Illa	Humedal artificial

En total se han registrado 59 motores de regadío y humedales artificiales, que en realidad es muy probable que haya más motores de regadío de cultivos que no están identificados ni registrados.

5.2. Dimensionado del sistema PV de los casos iniciales

Como se ha comentado anteriormente, la generación del caso tipo del motor de los Tancat humedal artificial se asume que será la misma del Tancat de la Pipa. Mientras que la generación del caso tipo de los Motor de regadío será la media de los tres casos iniciales. Por ello, a continuación, se dimensiona los sistemas PV de los casos iniciales. Para la inclinación y orientación se ha ido presencialmente a los casos iniciales, mientras que para datos de áreas disponible en los tejados se ha usado la herramienta de Google Maps.

5.2.1. Motor dels Peixcadors

En la siguiente imagen se muestra el tejado del recinto donde se encuentra el Motor Dels Peixcadors en el que se puede diferenciar tres zonas con orientaciones distintas (1, 2 y 3).



Imagen 34. Zonas del tejado del recinto del Motor dels Peixcadors.

Para la instalación del sistema fotovoltaico se presentan diversas alternativas de orientación e inclinación, entre las que destacan dos. La primera (Alternativa A) se corresponde a la de adaptar la instalación de los paneles según la inclinación y orientación dada por el tejado, mientras que

la Alternativa B es la correspondiente a la de utilizar estructuras para inclinar los paneles de las zonas 1 y 2 a 36° (ángulo óptimo) y en la orientación de -30° del sur (orientación del recinto).

Las características de cada alternativa se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 35. Características de las diferentes alternativas de la distribución del sistema PV del M. Peixcadors.

Motor dels Peixcadors	Alternativa A	Alternativa B
Sección 1	Características: - Azimut: 60° - Inclinación tejado: 32° - Nº paneles: 10 - kWp: 3,9	Características: - Azimut: -30° - Inclinación panel: 36° - Nº paneles: 8 - kWp: 3,12
Sección 2	Características: - Azimut: -120° - Inclinación tejado: 32° - Nº paneles: 10 - kWp: 3,9	Características: - Azimut: -30° - Inclinación panel: 36° - Nº paneles: 8 - kWp: 3,12
Sección 3	Características: - Azimut: -30° - Inclinación tejado: 25° - Nº paneles: 9 - kWp: 3,51	Características: - Azimut: -30° - Inclinación tejado: 25° - Nº paneles: 9 - kWp: 3,51

Cabe resaltar que en las secciones 1 y 2 de la Alternativa B caben menos paneles por la distancia que se debe guardar entre las filas de paneles para que no se hagan sombra la mayor parte del tiempo. En dichas secciones la distribución son dos filas de 4 paneles cada una, en total 8.

Como se puede ver en la siguiente gráfica, en invierno la alternativa B genera más energía mientras que en verano la alternativa A. En total se estima que la alternativa A anualmente generaría 14.248,23 kWh, ligeramente superior a la generación de 13.976,49 kWh de la alternativa B.

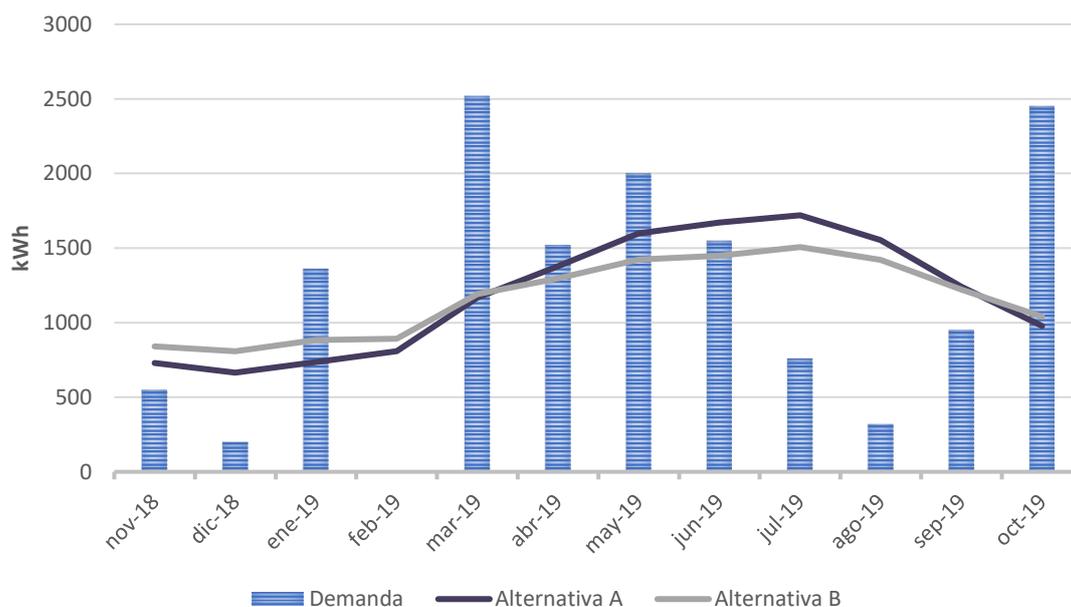


Imagen 35. Generación de las diferentes alternativas de distribución del sistema PV del M. Peixcadors.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Para ambas alternativas se ha estimado el presupuesto para llevar a cabo ambos casos, los cuales se muestran en la siguiente tabla. Se ha supuesto un coste de mano de obra de 1200€, valor habitual para instalaciones de este tamaño.

Tabla 36. Comparación de coste de las alternativas del sistema PV del M. Peixcadors.

Coste	Alternativa A	Alternativa B
Paneles fotovoltaicos (€)	156,09 (x29 uds)	156,09 (x25 uds)
Inversor solar (€)	1.850,02 (x2 uds)	1.850,02 (x2 uds)
Estructura soporte (€)	776,29	1137,57
Mano de obra instalación (€)	1.200	1.200
Total (€)	10.202,94	9.939,86

En la tabla anterior se puede apreciar que en la Alternativa B caben menos paneles pues no están según la orientación del tejado sino a -30° del sur e inclinados a 36° , por lo que se tiene que dejar un espacio entre las filas de paneles para que no se hagan sombra. También se puede apreciar que pese a que el coste de la estructura de soporte de la Alternativa B es más caro (pues no solo tiene que estar sujeto al tejado (Alternativa A) sino también orientado) el coste total de la Alternativa A es el más caro.

En la siguiente tabla se muestra el ahorro aproximado para la Alternativa B, obtenidos a partir de los datos de demanda proporcionados:

Tabla 37. Ahorro estimado de la Alternativa B del M.Peixcadors.

Mes	Demanda (kWh)	Generación (kWh)	Ahorro consumo (kWh)	Ahorro emisiones (tCO ₂)	Ahorro económico (€)
nov-18	550	841,43	550,00	0,08	63,80
dic-18	200	808,27	200,00	0,03	23,20
ene-19	1.360	883,24	883,24	0,13	102,46
feb-19	0	891,71	0,00	0,00	0,00
mar-19	2.520	1.192,38	1.192,38	0,18	138,32
abr-19	1.520	1.297,68	1.297,68	0,19	150,53
may-19	2.000	1.423,30	1.423,30	0,21	165,10
jun-19	1.550	1.449,78	1.449,78	0,22	168,17
jul-19	760	1.506,74	760,00	0,11	88,16
ago-19	320	1.420,81	320,00	0,05	37,12
sep-19	950	1.221,54	950,00	0,14	110,20
oct-19	2.450	1.039,61	1.039,61	0,16	120,59
TOTAL	14.180	13.976,49	10.065,98	1,51	1.167,65

Suponiendo un préstamo de la totalidad de la inversión a 5 años con una tasa de interés del 10%, estimando un coste de mano de obra por la instalación de 1.200€ y que anualmente se consume lo indicado en los datos de la demanda proporcionados, se calculan los siguientes indicadores de rentabilidad económica.

Tabla 38. Comparación económica de las alternativas del sistema PV del M. Peixcadors.

Parámetro	Alternativa A	Alternativa B
TIR (%)	11,01	11,31
PAYBACK (años)	8,63	8,51
VAN (€) (tasa de retorno 4%)	6.479,78	6.568,02

Los resultados anteriores muestran que la Alternativa B (inclinación de los paneles a 36° y orientarlos a -30° del sur) resulta ligeramente más rentable. El VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

de Retorno) muestran que se obtiene un mejor rendimiento del dinero invertido en la Alternativa B, mientras que el PAYBACK muestra que el dinero invertido en la Alternativa B se recupera en menos tiempo que con la Alternativa A.

Por ello, en el caso del Motor dels Peixcadors se propone optar por la alternativa B, pues ha resultado la más rentable económicamente. El coste total material del sistema fotovoltaico se ha estimado de 8.739,86 €, ligeramente inferior al de la Alternativa A (9.002,94 €), a lo que se le tendrá que sumar el coste de la mano de obra (alrededor de 1.200 €). También se ha estimado un ahorro anual de 10.065,98 kWh de consumo eléctrico, que será suplido por la energía eléctrica generada mediante los paneles solares, lo que supone un ahorro energético del 71 % del consumo total. Dicho ahorro energético supone unos ahorros anuales económicos y en emisiones de CO₂ de aproximadamente 1.168€ y 1,51 tCO₂, respectivamente.

Respecto a la potencia, la potencia máxima que el sistema fotovoltaico de la Alternativa B generaría sería de 8,21 kW, que se corresponde al 41% de la potencia contratada en los tres periodos es la misma (20 kW). Ello significa que, si el M. Peixcadors demanda potencias superiores a 8,21 kW con total seguridad no se podrá abastecer únicamente con la potencia que genere el sistema fotovoltaico, si no que tendrá que ser abastecida en parte por la potencia generada de los paneles y en parte por la red eléctrica. Si el motor demanda potencias inferiores a 8,21 kW, podría darse la potencia que generen los paneles solares sea suficiente o no, dependiendo de la generación que varía en función de la temperatura ambiente, la radiación que recibe el panel, etc.

5.2.2. Motor de Sargues

En la siguiente imagen se muestra el tejado del recinto donde se encuentra el Motor De Sargues, en cuyo tejado se pueden diferenciar dos zonas (1 y 2). La zona 1 es completamente horizontal y la zona 2 está orientada a -30° del sur e inclinado a 25°.



Imagen 36. Zonas del tejado del recinto del Motor de Sargues.

Para la instalación de los paneles fotovoltaicos se presentan diversas alternativas de orientación e inclinación, entre las que destacan las alternativas A y B. La alternativa A se corresponde a la de adaptar la instalación de los paneles de la sección 1 según la orientación de la sección 2 (-30° al sur) y su inclinación ideal (36°), mientras que la alternativa B es la correspondiente a la de orientar los paneles de las zonas 1 al sur y a su inclinación ideal (36°). En ambos casos la sección 2 está según la orientación e inclinación del tejado.

Las características de cada alternativa se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 39. Características de las diferentes alternativas de la distribución del sistema PV del M. Sargues.

Motor de Sargues	Alternativa A	Alternativa B
Sección 1	Características: - Azimut: -30° - Inclinación tejado: 36° - Nº paneles: 9 - kWp: 3,51	Características: - Azimut: 0° - Inclinación panel: 36° - Nº paneles: 6 - kWp: 3,12
Sección 2	Características: - Azimut: -30° - Inclinación tejado: 25° - Nº paneles: 9 - kWp: 3,51	Características: - Azimut: -30° - Inclinación panel: 25° - Nº paneles: 9 - kWp: 3,51

En la siguiente gráfica se muestra la generación estimada del conjunto de los paneles según las dos alternativas. Como se puede ver, la Alternativa A genera más energía que la Alternativa B durante todo el año. En total, se estima que la alternativa A anualmente generaría 10.051,46 kWh, superior a la generación de 8.485,37 kWh de la alternativa B.

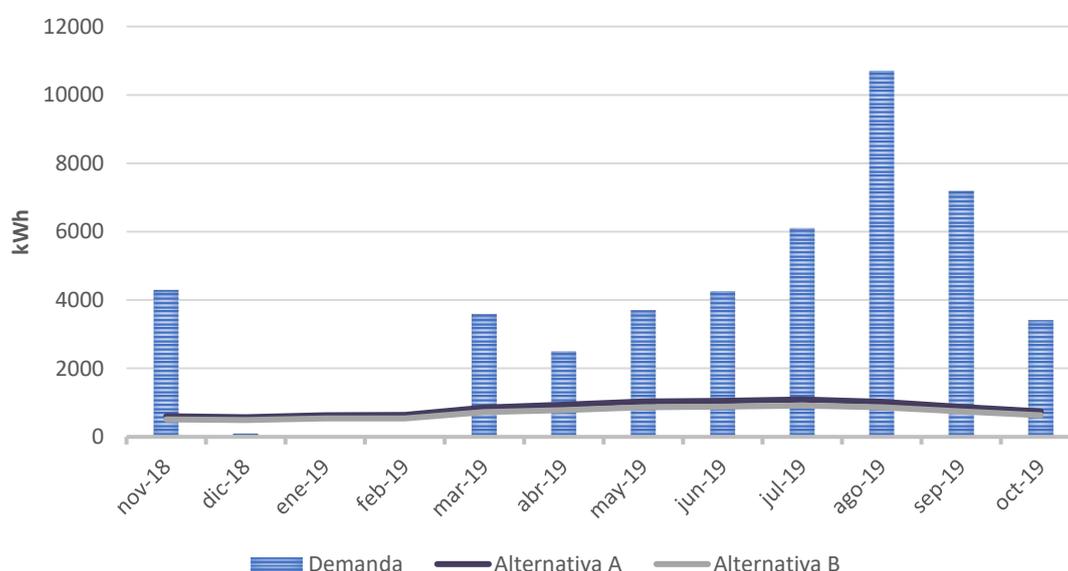


Imagen 37. Generación de las diferentes alternativas de distribución del sistema PV del M. Sargues.

Para ambas alternativas se han estimado el presupuesto para llevar a cabo ambas alternativas, los cuales se muestran en la siguiente tabla. De la misma manera que con el motor dels Peixcadors, se ha supuesto un coste de mano de obra de 1.200€.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Tabla 40. Comparación de coste de las alternativas del sistema PV del M. Sargues.

Coste	Alternativa A	Alternativa B
Paneles fotovoltaicos (€)	156,09 (x18 uds)	156,09 (x15 uds)
Inversor solar (€)	1.850,02 (x1 uds)	1.850,02 (x1 uds)
Estructura soporte (€)	700,06	581,92
Mano de obra instalación (€)	1.200	1.200
Total (€)	6.559,70	5.973,29

En la tabla anterior se puede apreciar que la Alternativa A es más cara que la Alternativa B porque con la B caben menos paneles que con la Alternativa A. Eso se debe a que la distribución de los paneles en la Alternativa B, para evitar las sombras que producen los obstáculos del tejado (chimeneas, etc.), se ve más perjudicada.

En la siguiente tabla se muestra el ahorro aproximado para la Alternativa A, obtenidos a partir de los datos proporcionados:

Tabla 41. Ahorro estimado de la Alternativa A del M.Sargues.

Mes	Demanda (kWh)	Generación (kWh)	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones (tCO ₂)	Ahorro económico (€)
nov-18	4.300	599,21	599,21	0,09	69,51
dic-18	100	573,86	100,00	0,02	11,60
ene-19	0	627,72	0,00	0,00	0,00
feb-19	0	636,75	0,00	0,00	0,00
mar-19	3.600	855,72	855,72	0,13	99,26
abr-19	2.510	935,66	935,66	0,14	108,54
may-19	3.700	1.030,01	1.030,01	0,15	119,48
jun-19	4.250	1.051,28	1.051,28	0,16	121,95
jul-19	6.100	1.092,03	1.092,03	0,16	126,68
ago-19	10.700	1.026,59	1.026,59	0,15	119,08
sep-19	7.200	878,43	878,43	0,13	101,90
oct-19	3.410	744,21	744,21	0,11	86,33
TOTAL	45.870	10.051,46	4.128,54	1,25	964,32

De la misma manera que en el Motor dels Peixcadors, se supone un préstamo de la totalidad de la inversión a 5 años con una tasa de interés del 10%, un coste de mano de obra por la instalación de 1.200€ y que anualmente se consume lo indicado en los datos de la demanda proporcionados, se calculan los siguientes indicadores de rentabilidad económica.

Tabla 42. Comparación económica de las alternativas del sistema PV del M. Sargues.

Parámetro	Alternativa A	Alternativa B
TIR (%)	17,14	14,89
PAYBACK (años)	6,80	7,34
VAN (€) (tasa de retorno 4%)	7.361,15	5.699,73

Los resultados anteriores muestran que la Alternativa A (adaptar los paneles a la orientación e inclinación del tejado) resulta más rentable. Tanto el VAN como el TIR muestran que se obtiene un mejor rendimiento del dinero invertido en la Alternativa A, mientras que el PAYBACK muestra

que el dinero invertido en la Alternativa A se recupera en menor tiempo que con la Alternativa B.

Se propone optar por la alternativa A, pues ha resultado la más rentable económicamente. Por lo que el coste total del sistema fotovoltaico sería alrededor de 5.359,70€, más el coste de la mano de obra (1.200€). También se ha estimado un ahorro anual de 4.128,54 kWh de consumo eléctrico, que sería suplido por la energía eléctrica generada por los paneles solares, lo que supone un ahorro energético del 29% del consumo total. Dicho ahorro energético supone unos ahorros anuales económicos y en emisiones de CO₂ de aproximadamente 964€ y 1,25 tCO₂, respectivamente.

Respecto a la potencia, la potencia máxima que el sistema fotovoltaico de la Alternativa A generaría sería de 5,92 kW, que se corresponde al 74% de la potencia contratada en los periodos valle y llano (8 kW) y al 37% en el periodo punta (16 kW). Por lo que, si el motor de Sargues demanda potencias superiores a 5,92 kW con total seguridad no se podrá abastecer únicamente con la energía generada por los paneles solares, si no que tendrá que ser abastecida en parte por la potencia generada de los paneles y en parte por la red eléctrica. Si el motor demanda potencias inferiores a 5,92 kW, podría darse la potencia que generen los paneles solares sea suficiente o no, dependiendo de la generación que varía en función de la temperatura ambiente, la radiación que recibe el panel, etc.

5.2.3. Motor de la Sardina

En la siguiente imagen se muestra el tejado del recinto donde se encuentra el Motor de la Sardina, en cuyo tejado se pueden diferenciar dos zonas (1 y 2). La zona 1 se corresponde a una superficie inclinada (alrededor de 20°) y orientada a +60 del sur, mientras que la zona 2 es una superficie inclinada (alrededor de 20°) y orientada a -120° del sur.



Imagen 38. Zonas del tejado del recinto del Motor de la Sardina.

Para la instalación del sistema fotovoltaico se presentan diversas alternativas de orientación e inclinación, entre las que destacan las alternativas A y B. La alternativa A se corresponde a la de adaptar la instalación de los paneles a la inclinación y orientación del tejado, mientras que la alternativa B a la de orientar los paneles lo más al sur posible (-30° del sur) dado la orientación del recinto y a su inclinación óptima (36°).

Las características de cada alternativa se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 43. Características de las diferentes alternativas de la distribución del sistema PV del M. Sardina.

Motor de la Sardina	Alternativa A	Alternativa B
Sección 1	Características: - Azimut: +60° - Inclinación tejado: 20° - Nº paneles: 8 - kWp: 3,12	Características: - Azimut: -30° - Inclinación panel: 36° - Nº paneles: 8 - kWp: 3,12
Sección 2	Características: - Azimut: -120° - Inclinación tejado: 20° - Nº paneles: 8 - kWp: 3,12	Características: - Azimut: -30° - Inclinación panel: 36° - Nº paneles: 6 - kWp: 2,34

Cabe resaltar que en la Alternativa B se debe guardar distancia entre filas de paneles para no hacerse sombra. En la sección A caben dos filas de 4 paneles, mientras que en la sección B caben 1 fila de 4 paneles y otra de 2 paneles.

En la siguiente gráfica se muestra la generación estimada del conjunto de los paneles de las dos alternativas. Como se puede ver en la siguiente gráfica, la Alternativa A genera más energía durante los meses de verano, mientras que en invierno la Alternativa B. En total, se estima que la alternativa B anualmente generaría 7.850 kWh, ligeramente superior a la generación de 7.713 kWh de la alternativa A.

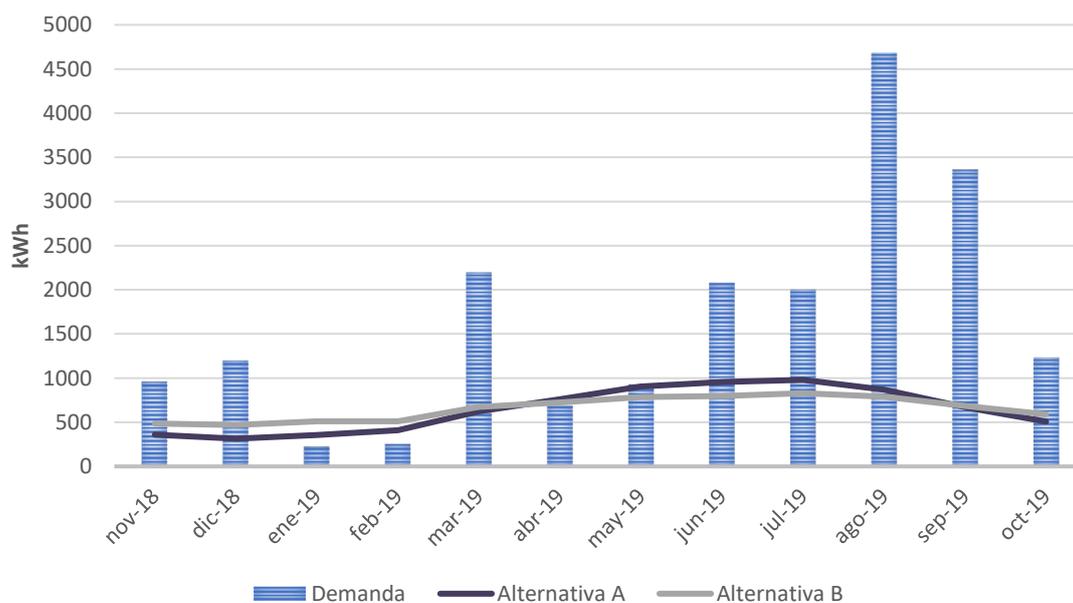


Imagen 39. Generación de las diferentes alternativas de distribución del sistema PV del M. Sardina.

Para ambas alternativas se han estimado el presupuesto material, por lo que en la siguiente

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

tabla se muestran el coste de los productos. Se ha supuesto el coste de mano de obra de 1.200€, coste habitual para instalaciones de este tamaño.

Tabla 44. Comparación de coste de las alternativas del sistema PV del M. Sardina.

Coste	Alternativa A	Alternativa B
Paneles fotovoltaicos (€)	156,09 (x16 uds)	156,09 (x14 uds)
Inversor solar (€)	1.850,02 (x1 uds)	1.850,02 (x1 uds)
Estructura soporte (€)	443,83	754,16
Mano de obra instalación (€)	1.200	1.200
Total (€)	5.991,29	5.989,44

En la tabla anterior se puede apreciar que prácticamente la inversión es la misma tanto para la Alternativa A como para la Alternativa B.

En la siguiente tabla se muestra el ahorro aproximado para la Alternativa A:

Tabla 45. Ahorro estimado de la Alternativa A del M.Sardina.

Mes	Demanda (kWh)	Generación (kWh)	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones (tCO ₂)	Ahorro económico (€)
ene-19	224,72	353,97	224,72	0,03	26,07
feb-19	254,08	411,06	254,08	0,04	29,47
mar-19	2.194,64	624,52	624,52	0,09	72,44
abr-19	684,16	761,32	684,16	0,10	79,36
may-19	925,92	905,29	905,29	0,14	105,01
jun-19	2.074,64	957,56	957,56	0,14	111,08
jul-19	1.998,72	980,17	980,17	0,15	113,70
ago-19	4.679,12	868,62	868,62	0,13	100,76
sep-19	3.358,16	669,94	669,94	0,10	77,71
oct-19	1.231,6	506,83	506,83	0,08	58,79
nov-19	960,24	359,12	359,12	0,05	41,66
dic-19	1.197,92	314,12	314,12	0,05	36,44
TOTAL	19.783,92	7.712,53	7.349,13	1,10	852,50

Suponiendo un préstamo de la totalidad de la inversión a 5 años con una tasa de interés del 10%, estimando un coste de mano de obra por la instalación de 1.200€ y que anualmente se consume lo indicado en los datos de la demanda proporcionados, se calculan los siguientes indicadores de rentabilidad económica.

Tabla 46. Comparación económica de las alternativas del sistema PV del M. Sardina.

Parámetro	Alternativa A	Alternativa B
TIR (%)	16,13	15,81
PAYBACK (años)	7,03	7,10
VAN (€) (tasa de retorno 4%)	6.281,76	6.136,83

A partir de los resultados anteriores, la Alternativa A de adaptar los paneles a la orientación e inclinación del tejado resulta ligeramente más rentable.

Se propone optar por la alternativa A, pues ha resultado la más rentable económicamente. Por lo que el coste total del sistema fotovoltaico sería alrededor de 4.791,29 €, más el coste de la mano de obra (1.200€). También se ha estimado un ahorro anual de 7.349,13 kWh de consumo eléctrico, que sería suplido por la energía eléctrica generada por los paneles solares, lo que supone un ahorro energético del 37% del consumo total. Dicho ahorro energético supone unos

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

ahorros anuales económicos y en emisiones de CO₂ de aproximadamente 853€ y 1,10 tCO₂, respectivamente.

Respecto a la potencia, la potencia máxima que el sistema fotovoltaico de la Alternativa A generaría sería de 4,93 kW, que se corresponde al 49% de la potencia contratada en los periodos punta y llano (10 kW) y al 30% en el periodo valle (16 kW). Por lo que si el motor de Sardina demanda potencias superiores a 4,93 kW no se podrá abastecer únicamente con la energía generada por los paneles solares, si no que tendrá que ser abastecida por la potencia generada de los paneles y de la red eléctrica. Si el motor demanda potencias inferiores a 4,93 kW, podría darse la potencia que generen los paneles solares sea suficiente o no, dependiendo de la generación que varía en función de la temperatura ambiente, la radiación que recibe el panel, etc.

5.2.4. Tancat de la Pipa

En la siguiente imagen se muestra el tejado del recinto del que se dispone para la instalación del sistema PV en el Tancat de la Pipa, en cuyo tejado se puede diferenciar dos zonas (1 y 2). La zona 1 está orientada a -30° al sur, mientras que la zona 2 está orientada a +150° del sur.



Imagen 40. Zonas del tejado del recinto disponible para el sistema PV en el Tancat de la Pipa.

Para la instalación del sistema fotovoltaico se presentan diferentes alternativas de orientación e inclinación, entre las que destacan las alternativas A y B. La alternativa A se corresponde a la de adaptar la instalación de los paneles según la inclinación y orientación dada por el tejado, mientras que la alternativa B es la correspondiente a la de colocar los paneles de la zona 1 adaptada al tejado y utilizar estructuras para inclinar los paneles de las zonas 2 a 20°, ángulo a partir del cual se pueden colocar dos filas de 2 paneles sin hacerse sombra orientados a -30° del sur (orientación del recinto).

Las características de cada alternativa se resumen en la siguiente tabla:

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Tabla 47. Características de las diferentes alternativas de la distribución del sistema PV del T. de la Pipa.

Motor de la Sardina	Alternativa A	Alternativa B
Sección 1	Características: - Azimut: -30° - Inclinación tejado: 30° - Nº paneles: 8 - kWp: 3,12	Características: - Azimut: -30° - Inclinación panel: 30° - Nº paneles: 8 - kWp: 3,12
Sección 2	Características: - Azimut: +150° - Inclinación tejado: 30° - Nº paneles: 8 - kWp: 3,12	Características: - Azimut: -30° - Inclinación panel: 20° - Nº paneles: 4 - kWp: 1,56

Como se puede ver en la siguiente gráfica, en invierno la Alternativa B genera más energía, mientras que en verano la Alternativa A. En total se estima que la Alternativa A anualmente generaría 7.657 kWh, superior a la generación de 6.656 kWh de la Alternativa B.

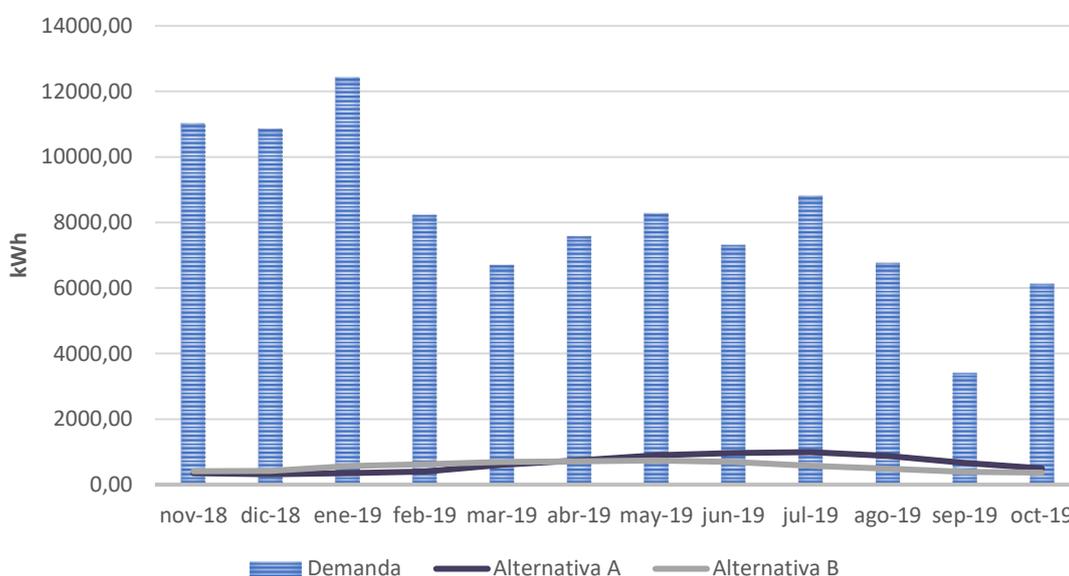


Imagen 41. Generación de las diferentes alternativas de distribución del sistema PV del T. Pipa.

Para ambas alternativas se ha estimado el presupuesto para llevar a cabo ambos casos, los cuales se muestran en la siguiente tabla. Se ha supuesto un coste de mano de obra de 1200€, valor habitual para instalaciones de este tamaño.

Tabla 48. Comparación de coste de las alternativas del sistema PV del T. Pipa.

Coste	Opción A	Opción B
Paneles fotovoltaicos (€)	156,09 (x16 uds)	156,09 (x12 uds)
Potencia instalada (kWp)	6.240	4.680
Inversor solar (€)	1.874,51	1.874,51
Estructura soporte (€)	443,83	435,57
Contador bidireccional (€)	269	269
Cuadro protecciones (€)	350	350
Legalización y boletín (€)	300	300
Mano de obra (€)	1.200	1.200
Coste total (€)	6.934,78	6.302,16

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

En la tabla anterior se puede apreciar que en la Alternativa B caben menos paneles pues no están según la orientación del tejado sino a -30° del sur e inclinados a 20° , por lo que se tiene que dejar un espacio entre las filas de paneles de la zona 2 para que no se hagan sombra.

En la siguiente tabla se muestra el ahorro aproximado para la Opción A, obtenidos a partir de los datos de demanda proporcionados:

Tabla 49. Ahorro estimado de la Alternativa A del T. Pipa.

Mes	Demanda (kWh)	Coste (€)	Generación (kWh)	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones (tCO ₂)	Ahorro económico (€)
nov-18	11.006,00	1.484,46	353,85	353,85	0,05	41,05
dic-18	10.845,00	1.415,01	316,31	316,31	0,05	36,69
ene-19	12.417,00	1.623,43	354,04	354,04	0,05	41,07
feb-19	8.221,00	1.263,58	400,38	400,38	0,06	46,44
mar-19	6.695,00	1.049,01	605,06	605,06	0,09	70,19
abr-19	7.570,00	1.177,03	743,51	743,51	0,11	86,25
may-19	8.263,00	1.298,15	896,70	896,70	0,13	104,02
jun-19	7.303,00	1.136,31	962,56	962,56	0,14	111,66
jul-19	8.796,00	1.261,75	991,74	991,74	0,15	115,04
ago-19	6.760,00	1.319,46	872,76	872,76	0,13	101,24
sep-19	3.404,00	743,75	664,17	664,17	0,10	77,04
oct-19	6.123,00	1.198,64	496,23	496,23	0,07	57,56
TOTAL	97.403,00	14.970,58	7.657,33	7.657,33	1,15	888,25

Suponiendo un préstamo de la totalidad de la inversión a 5 años con una tasa de interés del 10%, estimando un coste de mano de obra por la instalación de 1200€ y que anualmente se consume lo indicado en los datos de la demanda proporcionados, se calculan los siguientes indicadores de rentabilidad económica.

Tabla 50. Comparación económica de las alternativas del sistema PV del T. Pipa.

Parámetro	Opción A	Opción B
TIR (%)	13,29	12,25
PAYBACK (años)	7,81	8,16
VAN (Tasa de retorno 4 %)	5.732,25	4.667,84

Los resultados anteriores muestran que la Alternativa A (adaptar los paneles a la inclinación del tejado) resulta ligeramente la más rentable en todos los parámetros. El VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno) muestran el rendimiento del dinero invertido, mientras que el PAYBACK muestra el tiempo de recuperación del dinero invertido.

Se propone optar por la Opción A, pues ha resultado la más rentable económicamente. El coste total del sistema fotovoltaico se ha estimado de 6.934,78 €, ligeramente superior al de la Opción B (6.302,16€) También se ha estimado un ahorro anual de 7.657,33 kWh de consumo eléctrico, que será suplido por la energía eléctrica generada mediante los paneles solares, lo que supone un ahorro energético del 7,9 % del consumo total. Dicho ahorro energético supone unos ahorros anuales económicos y en emisiones de CO₂ de aproximadamente 888€ y 1,15 tCO₂, respectivamente.

Respecto a la potencia, la potencia máxima que el sistema fotovoltaico de la Opción A generaría sería de 4,65 kW, que se corresponde al 12,24% de la potencia contratada en los periodos punta y llano (38 kW) y al 5,96% en el periodo valle (78 kW). Ello significa que, si el motor y las instalaciones del Tancat demandan potencias superiores a 4,65 kW con total seguridad no se

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

podrá abastecer únicamente con la potencia que genere el sistema fotovoltaico, si no que tendrá que ser abastecida en parte por la potencia generada de los paneles y en parte por la red eléctrica. Si se demanda potencias inferiores a 4,65 kW, podría darse la potencia que generen los paneles solares sea suficiente o no, dependiendo de la generación que varía en función de la temperatura ambiente, la radiación que recibe el panel, etc.

5.3. Identificación de casos tipo

Como se ha comentado anteriormente, dependiendo de los usos que se hacen de los casos iniciales se identifican dos casos tipo. Los motores de los *tancats*, que cumplen la función de humedales artificiales, y los motores de riego de los campos de arroz.

Respecto al consumo energético de los casos tipos, se considera que dichos *tancats* tienen el mismo consumo que el del Tancat de la Pipa y que el resto de los motores de regadío tienen el mismo consumo energético que el consumo promedio de los tres casos iniciales.

Respecto a la generación, se ha observado que todos los motores se ubican dentro de un recinto/caseta de tamaños similares, por lo que para favorecer la escalabilidad de los resultados se considera que una generación de energía media para el caso tipo de motores de regadío y la misma generación para el caso de los motores de los *tancats*.

Con todo ello, en la siguiente tabla se muestra un resumen de algunas características de los casos tipo de motores en la Albufera.

Tabla 51. Características de los casos tipo de los motores de la Albufera de Valencia.

Casos Tipo	Motor de regadío de cultivo	Motor de humedal artificial
Consumo energético (kWh/año)	26.611	97.403
Nº paneles	20	16
kWp instalados	7,80	6,24
Inversión inicial (€)	7.497	6.935
Ahorro económico anual (€/año)	994,82	888,25
Ahorro energético anual (kWh/año)	7.181,22	7.657,33
Ahorro en emisiones anual (tCO ₂ /año)	1,29	1,15
TIR (%)	14,86	13,29
PAYBACK (años)	7,45	7,81
VAN (€) (Tasa de retorno 4 %)	6.736,98	5.732,25

5.4. Escalabilidad de los costes y ahorros

En la siguiente tabla se muestran un resumen de los resultados por municipio de multiplicar los resultados de la tabla anterior por el número de motores de regadío y humedal artificial.

Como se ha comentado anteriormente, es muy probable que haya más motores de regadío de cultivo que no estén registrados en los mapas pero que estén en funcionamiento. Por lo que la instalación de sistemas PVs como fuente de energía auxiliar para el regadío tenga un mayor potencial de impacto.

Tabla 52. Resultados después de la escalabilidad de los resultados de los motores de la Albufera.

Municipio	Ahorro económico (€/año)	Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro emisiones (tCO ₂ /año)	Inversión inicial (€)	kWp instalados	Nº paneles
Valencia	4.974,12	35.906,08	6,43	37.484,75	38,35	100,00
Silla	8.953,41	64.630,95	11,58	67.472,55	69,03	180,00
Catarroja	8.846,84	65.107,06	11,44	66.910,60	67,60	176,00
Massanassa	3.979,29	28.724,87	5,15	29.987,80	30,68	80,00
Alfafar	11.937,88	86.174,60	15,44	89.963,40	92,04	240,00
Sollana	13.820,95	101.013,15	17,88	104.395,35	105,95	276,00
Sueca	5.862,37	43.563,41	7,58	44.419,75	44,59	116,00
Total	58.374,86	425.120,12	75,50	440.634,20	448,24	1.168,00

5.5. Beneficios del uso de sistemas PVs en el regadío

5.5.1. Reducción de emisiones de gases contaminantes y contribución en la consecución de los objetivos de sostenibilidad

Los sistemas PVs basan su funcionamiento en aprovechar la energía solar que recibe la superficie terrestre para generar electricidad (no emite gases contaminantes), y no en combustibles fósiles basados en carbono cuyos productos de la combustión liberados en la atmosfera contribuyen al calentamiento global. Ello, en el caso tipo de motor de regadío de cultivos se consigue abastecer alrededor del 27% de su consumo, mientras que para los motores de los humedales artificiales alrededor del 8%. Este porcentaje es la media, lo cual puede variar dependiendo de si se dispone de mayor o menor superficie para la instalación del sistema PV, del consumo energético del motor, condiciones ambientales durante el año, etc.

Por ello, uno de los beneficios es la reducción de emisiones de gases contaminantes, que se mide en tCO₂ equivalente. En ambos casos tipo, se reducen alrededor de 1,20 tCO₂, lo cual en toda la Albufera de Valencia representaría una reducción anual de alrededor de 75,50 tCO₂. Cabe destacar que muy probablemente el potencial de reducción de emisiones es mayor pues hay motores de regadío actualmente en funcionamiento que no están registrados y que no se han contemplado.

Con ello, además, se siguen algunos de los objetivos de MissionsVLC2030 para una ciudad sostenible y la Hoja de Ruta hacia 2050 para la Transición Energética. Siguiendo objetivos como la reducción de emisiones de CO₂, producción y uso de energías renovables, adaptación al cambio climático, reducción de consumo energético, potenciación y mejora de salud de las zonas verdes y de agua de la ciudad de Valencia.

5.5.2. Viabilidad económica y el fortalecimiento del sector agrario

Otro de los principales beneficios del uso de sistemas PVs en regadío de cultivos es la rentabilidad económica de estos, pues como reflejan los resultados del estudio se consigue recuperar la inversión inicial y obtener ahorros en la factura, lo cual puede representar una ayuda para el sector agrario. La rentabilidad económica podría ser mayor, si se tuvieran en cuenta las ayudas económicas actuales, las cuales son una oportunidad de los sistemas PV (sección 6.2.1), y los precios actuales de la electricidad.

Y es precisamente otro de los beneficios, el fortalecimiento del sector agrario, el cual en los últimos 20-30 años ha ido debilitándose. Pues el abandono de cultivos y el envejecimiento de

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

los propietarios ha ido aumentando. Según cálculos de la AVA-Asaja²¹ la evolución de abandono de tierras en la Comunidad Valenciana ha ido aumentando, del 2010-2020 el número de hectáreas abandonadas ha aumentado en un 6,5%.

Por su parte, en la siguiente imagen se muestra la edad media de los titulares de explotaciones agrarias según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

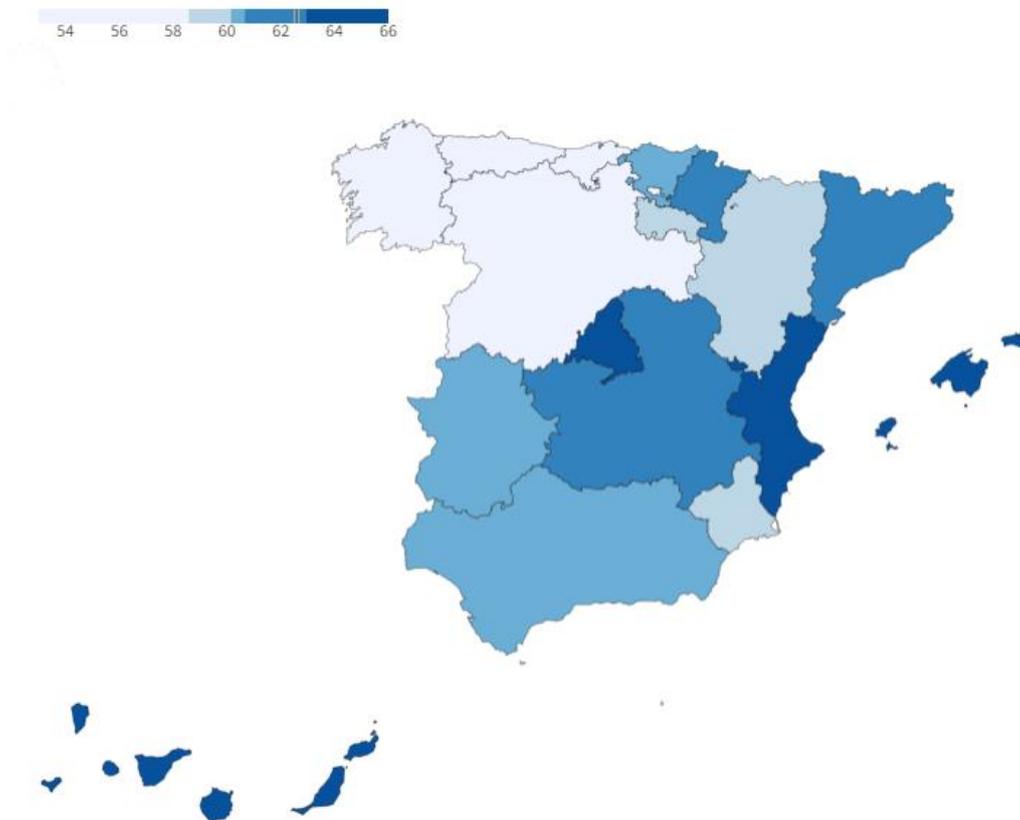


Imagen 42. Edad media de los titulares de explotaciones agrarias en España. Elaborado por: valenciaplaza²²

A parte de los propietarios de explotaciones, el envejecimiento se percibe también en la población ocupada del sector. Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) se observa que alrededor del 25% de los trabajadores que se dedican a la agricultura en la Comunidad Valenciana tiene más de 55 años. El porcentaje es superior a los datos que reflejan el resto de los sectores productivos (construcción, servicios e industria), en los que los trabajadores de más de 55 años representan alrededor del 18%.

5.5.3. Potenciación y mejora de salud de las zonas verdes y de agua de la ciudad de Valencia

Por otro lado, como se ha comentado anteriormente, otro de los beneficios es la potenciación y mejora de salud de las zonas verdes y de agua. Ello se produce al principio y al final del riego del cultivo. Es decir, generalmente los cultivos y humedales de la Albufera se riegan mediante la apertura de acequias, pues el agua de la Albufera está a mayor altura que los campos, y cuando se evacúa el agua de los campos mediante los motores.

²¹ Asociación Valenciana de Agricultores

²² valenciaplaza.com

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

Es conocido los problemas de eutrofización del lago de la Albufera, que consiste en la falta de oxígeno en el agua, y es precisamente durante el riego y la evacuación del agua que, en mayor o menor medida el agua se oxigena (Wu et al., 2014). Es decir, la calidad del agua mejora si el agua se remueve que si está estancada. Ello se puede comprobar simplemente observando el lugar donde cae el agua evacuada, en la que se aprecia la abundante presencia de los peces, de plantas y de aves en busca de comida debido a la mayor cantidad de oxígeno en el agua. Lo cual es necesario para la vida acuática.

En la siguiente imagen se muestran dos fotos de la Tancadeta (no es el mismo motor MAS_02, sino otro con el mismo nombre), en la que se puede ver la estructura de la bomba de la tubería que extrae el agua y el lugar donde desemboca.



Imagen 43. Estructura de bombeo de la Tancadeta.

Este beneficio de los sistemas PVs en la agricultura también se puede aprovechar en los momentos en los que los motores no estén funcionando, como en los meses de principio de año, y se esté generando energía para encender los motores y hacer recircular el agua. De esta manera aumentaría, en mayor o menor medida, el oxígeno en el agua y, por tanto, se potenciaría y mejoraría la salud de las zonas verdes y de agua de la Albufera.

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se discuten los resultados obtenidos de la planificación de la electrificación de la navegación y regadío de campos de arroz de la Albufera de Valencia.

6.1. Discusión de los resultados de la electrificación de las barcas

6.1.1. Oportunidades de la electrificación de las barcas

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 la navegación turística, la posibilidad de obtención de sellos de calidad en la pesca y el impulso a la economía local.

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. Estos costes de operación podrían ser todavía menores si se adoptaran pequeñas instalaciones de autoconsumo a bordo de la embarcación y/o en las estaciones de recarga, 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**²³. En este ámbito, en España estos fondos están gestionados por el MITECO²⁴, 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”.

Debido a la electrificación de las embarcaciones se espera una **mayor demanda de navegación turística** 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. Eso a su vez impulsaría en cierta medida la economía local de aquellas poblaciones que dependen del turismo en la Albufera, como El Saler y El Palmar, entre otros.

Finalmente, otra de las oportunidades son la **obtención de sellos de calidad y medio ambiente en la pesca**, como el sello azul de MSC²⁵ 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.

²³ https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_es

²⁴ <https://www.miteco.gob.es/ca/prensa/ultimas-noticias/el-plan-de-recuperaci%C3%B3n-destinar%C3%A1-m%C3%A1s-del-40-de-la-inversi%C3%B3n-a-la-transici%C3%B3n-ecol%C3%B3gica/tcm:34-525919>

²⁵ <https://www.msc.org/es>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

6.1.2. Inconvenientes de la electrificación de las barcas

6.1.2.1. Riesgos

Uno de los principales riesgos a los que se enfrenta la electrificación de las barcas de la Albufera son **falta de la aceptación social**.

Los motores eléctricos son ampliamente utilizados en la industria y cada vez más en la movilidad, sobre todo en los coches eléctricos e híbridos, en los que se ha comprobado sus excelentes prestaciones. Pero no así en la navegación, en la que todavía los sistemas eléctricos no han sido popularizados y pueden presentar incertidumbre en las personas que trabajan en el sector.

Este riesgo se soluciona siguiendo las recomendaciones de uso descritos para un correcto funcionamiento de las embarcaciones y con la experiencia de uso satisfactoria de los propios trabajadores. Adicionalmente, para una mayor seguridad en la navegación, 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.

No seguir las recomendaciones y realizar un mal uso de la embarcación pueden suponer un riesgo de **degradación acelerada de la capacidad de almacenamiento**. Por ejemplo, hacer usos intensivos con DODs superiores a la media (50%) o navegar más de las 6 horas de diseño. Lo que afectaría a la capacidad de almacenamiento de las baterías y, por tanto, a la autonomía de la embarcación y al periodo de renovación de las baterías, pues se deberían renovar en menos tiempo.

Finalmente, existe una problemática asociada con los riesgos de **robo del material eléctrico y electrónico de gran valor de las embarcaciones**. Los trabajadores han manifestado que a lo largo de los años les han robado pequeñas cosas. Respecto a ello las baterías, que son uno de los elementos de mayor valor, tienen un peso elevado, lo que dificultaría su robo.

6.1.2.2. 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, no tienen un poder adquisitivo elevado. Otra de las barreras es la **no viabilidad económica** (sección 4.5), 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 para una transición justa. Con ello, a modo ilustrativo, en la siguiente tabla se muestra el porcentaje de subvención y cantidad económica que se debería subvencionar de la inversión inicial para que cada tipo de barca sea viable económicamente y el dinero invertido se recupere en 10 años.

Tabla 53. Subvenciones para recuperar la inversión en 10 años para cada tipo de barca sin PV.

Concepto	Pesca	Pesca / Recreo	Recreo	Gran Recreo	Pasaje
Porcentaje de subvención (%) de la inversión inicial	69	71	71	69	69
Subvención (€)	15.000,00	18.000,00	18.000,00	20.000,00	22.000,00

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

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.

Otra barrera a la que se enfrenta la electrificación de la flota de barcas de la Albufera es la **necesidad de refuerzo de algunas líneas eléctricas para poder hacer recargas rápidas**. Esta barrera se puede solventar también con una serie de ayudas económicas para la subvención total o parcial de infraestructuras de recarga.

6.1.3. Infraestructura de recarga

De acuerdo con las líneas de subvención y a los cambios en la ordenanza municipal propuestos, se prevé la electrificación del 25% del total de embarcaciones en los 5 primeros años. Para ello se debe disponer de la infraestructura de recarga necesaria en los 5 primeros años, de acuerdo con la Tabla 28. Como se puede ver en los resultados, el tipo de punto de recarga que más abunda son los de carga lenta y en menor medida los puntos de recarga rápida, que se han reservado para localizaciones estratégicas.

La planificación de la instalación de puntos de recarga se hace a 5 años para, posteriormente, evaluar la evolución de la cantidad de barcas electrificadas en esos 5 años y decidir si se debe dejar de invertir o invertir más en la instalación de puntos de recarga extras.

Si resulta que no se han cumplido las expectativas respecto a la cantidad de embarcaciones electrificadas, el riesgo que corren los puntos de recarga instalados son la obsolescencia. No obstante, una característica a destacar de los puntos de recarga lenta son su bajo coste de oportunidad (supone un coste 1.000 €/punto de recarga lenta).

Y respecto a los puntos de recarga rápida, como se ha mencionado anteriormente, se pueden aprovechar para la recarga de coches eléctricos. Mas estando en puntos estratégicos como El Palmar y la Gola de Pujol, entre otros.

6.1.4. Evaluación del coste total de la electrificación

Los resultados del coste de electrificación del total de las embarcaciones (Sección 4.7) el coste de la totalidad de embarcaciones y la infraestructura de recarga pensando en los primeros 5 años representa un coste alrededor de 26 M€.

Cabe resaltar que las embarcaciones de turismo (GRAN RECREO y PASAJE) son las que menor cantidad hay registradas, pero son las que se usan más habitualmente y las que mejor rentabilidad económica presentan. Mientras que las embarcaciones de PESCA, PESCA/RECREO y RECREO son las que hay más registradas, pero son las que se usan menos habitualmente, en comparación con las de turismo.

Por otra parte, los costes de instalación de la infraestructura de recarga para los primeros 5 años, en los que se ha considerado la electrificación del 25% de embarcaciones totales, en comparación con los costes de electrificación de las embarcaciones no son tan elevados debido al menor coste de oportunidad de los puntos de recarga lenta.

6.1.5. Propuestas para impulsar la electrificación

6.1.5.1. Líneas de subvenciones

Se plantean dos líneas de subvención de las embarcaciones, para las más grandes y otra para las más pequeñas. Se consideran embarcaciones pequeñas aquellas con eslora de 6 a 8 metros, entre las que habitualmente se encuentran las de tipo PESCA, PESCA/RECREO y RECREO, mientras que las grandes aquellas con eslora de 10 y 12 metros, entre las que habitualmente se encuentran las de tipo GRAN RECREO y PASAJE. Se plantean diferentes líneas de subvención porque los usos están bastante diferenciados. Las pequeñas se usan para pesca o transporte privado, pero no de forma tan habitual, mientras que las grandes se usan principalmente para hacer paseos turísticos y de forma habitual.

Por ello, se plantean diferentes horizontes para la electrificación de la totalidad de embarcaciones de cada tipo, pero la misma estrategia. Dado que las grandes se usan más habitual y se usan más de cara al público se plantea el horizonte de 10 años, con una serie de subvenciones escalonadas en los 5 primeros años, 3 años siguientes y los últimos 2 años. Por su parte, las embarcaciones pequeñas se plantea el horizonte de 15 años, con las mismas subvenciones escalonadas los 10 primeros años y los últimos 5 años de los 15 sin subvención alguna.

Dado el coste de los tipos de barcas (Tabla 12) se propone que en los primeros 5 años para motivar a que los trabajadores se decidan a dar el paso a la electrificación de sus barcas se plantea la subvención de 15.000€ del coste total de la embarcación. Los siguiente tres años la subvención de 10.000€, y los últimos 2 años la subvención de 5.000€.

De manera ilustrativa, en la siguiente imagen se describen las subvenciones escalonadas que se proponen para las embarcaciones pequeñas y grandes.

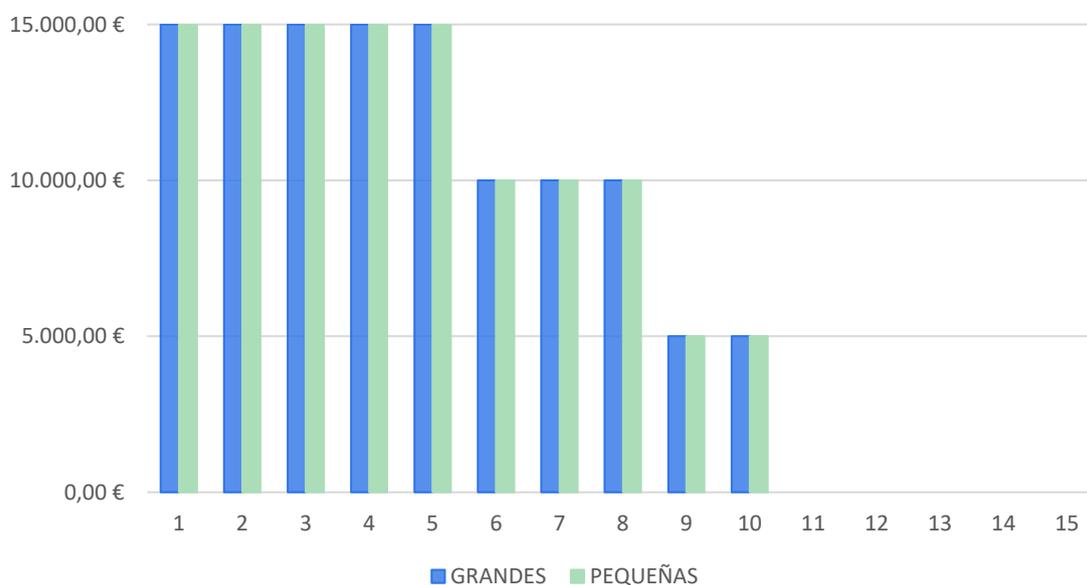


Imagen 44. Líneas de subvenciones para los tipos de barcas.

6.1.5.2. Cambios regulatorios

En este apartado se propone una serie de cambios con respecto a la normativa actual para impulsar la electrificación de las barcas de la Albufera. Con lo que se conseguirá que se reduzca la contaminación acústica, en emisiones y el cese de vertidos de hidrocarburos en el agua.

Con este mismo objetivo, como se ha mencionado anteriormente, en reservas naturales y embalses de aguas continentales numerosas confederaciones hidrográficas de España (Duero, Júcar, Tajo, entre otros) se han ido imponiendo limitaciones de navegación en diversas zonas de los cauces de los ríos. Las limitaciones han consistido básicamente en la prohibición de navegación con motor de explosión, prohibición de navegación de cualquier tipo de embarcación motorizada y prohibición de navegación y limitaciones en la distancia de aproximación a los embalses. Todo ello para favorecer la conservación de biodiversidad.

En la Confederación Hidrográfica del Júcar, en algunas zonas de los cauces del río y en embalses, se ha prohibido la navegación de embarcaciones con motores de explosión, excepto aquellas que tienen circuito de navegación secundario con el cual se evita que hidrocarburos producto de la combustión entren en contacto con el agua y excepto las embarcaciones que dispongan de motor eléctrico. En otras zonas también se ha limitado la navegación estrictamente necesaria para proteger la biodiversidad autóctona de especies invasoras como el mejillón cebra, por ejemplo.

Con el mismo objetivo, preservar la biodiversidad y favorecer la conservación del ecosistema natural, se proponen una serie de cambios en la normativa vigente relativa a la navegación en la Albufera. Cambios tales como la prohibición de navegación de embarcaciones con motores de explosión, excepto embarcaciones provistas de motor eléctrico en un horizonte a corto-medio plazo.

Dependiendo del tamaño y uso de la embarcación se proponen dos horizontes diferentes de aplicación de la prohibición de navegación de embarcaciones con motor de explosión, excepto aquellas embarcaciones provistas de motor eléctrico. Principalmente, porque las embarcaciones de turismo, las grandes, son las que más se utilizan y por tanto las que más contaminan. Por ello, se propone la prohibición de embarcaciones grandes (GRAN RECREO y PASAJE) en un horizonte de 10 años y la prohibición de embarcaciones pequeñas (PESCA, PESCA/RECREO y RECREO) en un horizonte de 15 años.

A modo ilustrativo, en la siguiente imagen se resumen las líneas de subvenciones y prohibiciones para cada los tipos de barca pequeña (PESCA, PESCA/RECREO y RECREO) y grande (GRAN RECREO y PASAJE):

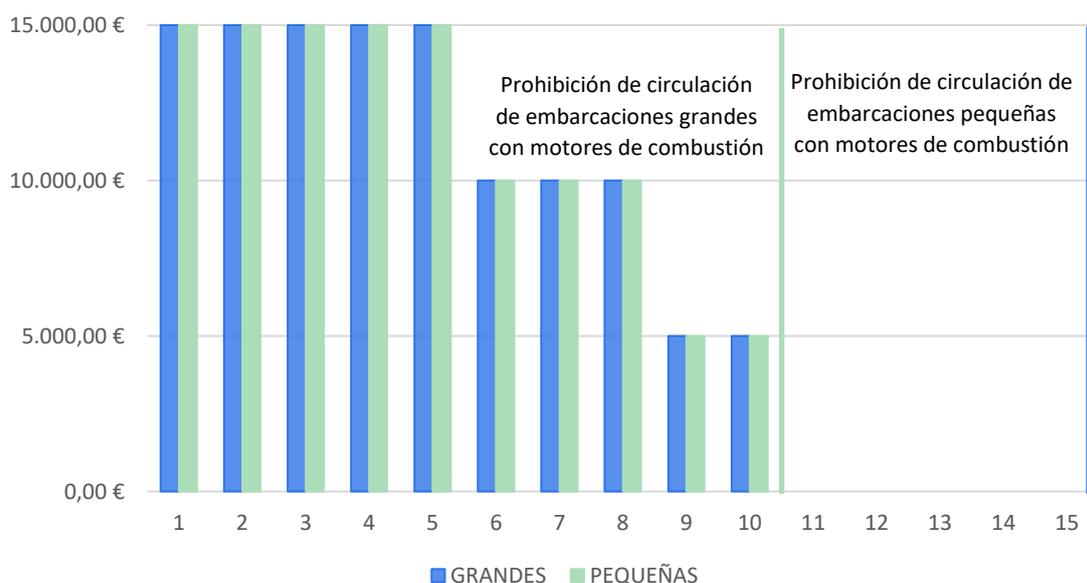


Imagen 45. Prohibiciones de navegación de embarcaciones con motores de combustión

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

6.2. Discusión de los resultados de la electrificación del regadío

6.2.1. Oportunidades del uso de sistemas PVs en el regadío de cultivos

Las principales oportunidades del proyecto son la reducción de los costes de operación, la captación de fondos europeos de recuperación, el impulso al sector agrícola y la posibilidad de obtención de sellos de calidad del cultivo con energías renovables.

Los **costes de operación**, es decir los gastos en consumo eléctrico, se ven **reducidos** al usar energía solar, y serían mayores si se tienen en cuenta el aumento de precios actuales de la electricidad. Estos costes de operación podrían ser todavía menores si además se sustituyeran aquellos motores antiguos con bajo rendimiento de funcionamiento por unos nuevos de mejor rendimiento y si, dependiendo del caso, se dispusiera de más espacio para la instalación de paneles, como una pequeña marquesina para hacer sombra, por ejemplo. Los costes de operación también se verían reducidos.

Respecto a esto, si se tiene en cuenta los beneficios del uso de sistemas PV en regadío de cultivos, una oportunidad para la **financiación** de futuros proyectos relacionados son los **fondos europeos de recuperación**. Como se ha mencionado, en España estos fondos están gestionados por el MITECO, en los que el proyecto puede encajar en varios de sus componentes de recuperación. Como la actuación “Estrategia de transición justa”, “Preservación del espacio litoral y recursos hídricos”, “Conservación y restauración de ecosistemas y su biodiversidad”, pero sobre todo con la acción “Despliegue del parque de generación renovable”. Actualmente se encuentran disponibles una serie de ayudas para el autoconsumo mediante fuentes de energías renovables en la administración de la GVA en el IVACE²⁶, además la bonificación del IBI²⁷ y ICIO²⁸ y deducciones fiscales en el IRPF²⁹ en la Comunidad Valenciana, entre otros.

Como se ha mencionado anteriormente, debido a la rentabilidad económica del uso de los sistemas PV en regadío de cultivos, una oportunidad es el **impulso del sector agrícola**. De ello, como se está haciendo en otros lugares (López-Alba et al., 2011), otra oportunidad es el aprovechamiento de toda clase de campos de cultivos (arroz, tomate, olivos, ...) para generar energía solar tanto para autoconsumo como para vender, dependiendo de la instalación, y aumentar la rentabilidad económica de los cultivos. Es decir, disponer de un **huerto solar** en los campos de cultivos, si los propietarios de los campos lo consideran oportuno. De este modo, se podrían tener dos fuentes de ingresos y se seguiría impulsando el sector agrícola.

Finalmente, otra de las oportunidades son la **obtención de sellos de sostenibilidad durante el proceso de cultivo del arroz** como el sello *Molt de Gust*, de la *Conselleria de Agricultura de la Comunitat Valenciana*, o similar. Ya que se contribuye, en mayor o menor medida, en la mejora de la calidad del agua y, por tanto, del ecosistema natural de la Albufera y a reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

²⁶ IVACE: Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial. <https://www.ivace.es/index.php/val/ajudes/energia>

²⁷ IBI: Impuesto sobre bienes inmuebles. <https://sede.valencia.es/sede/registro/procedimiento/HA.BI.55?lang=1>

²⁸ ICIO: Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras.
<https://sede.valencia.es/sede/registro/procedimiento/HA.CO.30?lang=1>

²⁹ IRPF: Impuesto sobre Renta de Personas Físicas. https://www.gva.es/es/inicio/procedimientos?id_proc=19476

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

6.2.2. Inconvenientes del uso de sistemas Pvs en el regadío de cultivos

6.2.2.1. Riesgos

La energía solar no enfrenta problemas de aceptación social, como quizás es el caso de las embarcaciones eléctricas, pues es una tecnología que durante los últimos años se ha ido introduciendo en las industrias y en las viviendas privadas, y que ha demostrado un buen funcionamiento si se ha instalado correctamente.

Por otro lado, para que el sistema PV funcione con buen rendimiento es importante realizar un adecuado mantenimiento siguiendo las recomendaciones de los fabricantes, para **evitar una degradación acelerada de los componentes** y prolongar la vida útil del sistema de éstos. Para ello algunas prácticas recomendables para un buen mantenimiento son evitar sombras en los paneles para evitar que la producción de energía se vuelva ineficiente, mantener limpios los paneles y evitar problemas con aves, y procurar que el inversor solar se encuentre en un recinto en el que se tenga un rango de temperaturas adecuado (entre 0°C y 40°C habitualmente).

Finalmente, podría existir una problemática relacionada con los **robos de material electrónico de gran valor**. Por ejemplo, si se decide instalar un sistema de almacenamiento (baterías), éstas pueden ser objetivo de hurto. La mayoría de los motores tienen acceso libre al público, no así al interior del recinto donde se encuentra el motor.

6.2.2.2. Barreras

La principal barrera a la que se enfrenta la instalación solar es el **alto coste de inversión inicial** pues los trabajadores que se dedican a la agricultura, que a veces lo compaginan con otros trabajos, no tienen un poder adquisitivo elevado. Por ello, se están dando ayudas para el autoconsumo en Valencia, como los descritos anteriormente.

6.2.3. Evaluación de los resultados del uso de sistemas PVs para el regadío de cultivos

Los resultados del coste de la instalación de sistemas PV como fuente alternativa de energía en los motores de la Albufera (Sección 5.4) representa un coste alrededor de 441.000 €.

En este caso, los motores de regadío los meses de diciembre, enero y febrero habitualmente están sin funcionar, mientras que los motores de los *tancats* humedales artificiales funcionan todo el año. No obstante, a pesar de ello, se obtienen ligeramente mejores resultados de rentabilidad económica en el caso de los motores de regadío. Ello se debe principalmente a que el caso tipo de motor de regadío dispone de más paneles que el caso tipo del *tancat* humedal artificial.

Con ello, se destaca que la rentabilidad económica aumenta con la cantidad de paneles instalados y, por tanto, con el área disponible para su instalación.

6.2.4. Propuestas para impulsar la instalación de sistemas PV en los motores de la Albufera

6.2.4.1. Líneas de subvenciones

Se plantean dos líneas de subvención para impulsar la transición energética en el sector agrícola.

Primeramente, teniendo en cuenta las ayudas existentes para el autoconsumo, se propone una línea de subvención propia para la instalación de sistemas PV para abastecer parcial o

totalmente la demanda de energía de los motores. Quien obtenga esta ayuda no puede obtener otra ayuda de la misma naturaleza, si las bonificaciones y deducciones fiscales descritas anteriormente. Y, en segundo lugar, se propone una línea de subvención para la sustitución de los motores térmicos por uno eléctrico.

Según los resultados observados, en ambos casos tipo la inversión inicial es alrededor de 7.000€ y se recupera en alrededor de 7 años, lo cual para los trabajadores puede ser un tiempo considerable. Se propone, entonces, la subvención de la mitad de la inversión inicial para que se pueda recuperar en la mitad del tiempo y durante 5 años, para motivar la transición energética. Por lo que, se propone subvencionar la mitad del coste de la inversión inicial de los sistemas PV de los motores de la Albufera, esto es 3.500€ durante 5 años.

Por lo que, teniendo en cuenta la cantidad de motores registrados (Tabla 34), a modo ilustrativo en la siguiente imagen se muestra el dinero subvencionable por término municipal.



Imagen 46. Subvención de sistemas PVs para suplir parcial o totalmente la demanda de energía de los motores.

Por otra parte, se propone ayudas para la sustitución de aquellos motores que sean térmicos y antiguos próximo a su ciclo de vida por un motor eléctrico nuevo más eficiente. Los costes de la sustitución considerando solamente la mano de obra y el coste del motor eléctrico nuevo de drenaje sería alrededor de 4.000-8.000€, dependiendo de la potencia del motor y modelo a instalar³⁰. El precio aumentaría si se necesitara hacer cambios en el sistema de bombeo (tubería, válvula, etc.) y/o no existiera cuadro eléctrico.

Concretamente se propone la subvención del 50% del coste de inversión inicial durante cinco años y del 25% durante los cinco años siguientes. Si la inversión inicial fuera 6.000€, el propietario agrícola con motor podría recibir 3.000€ durante los cinco primeros años, y 1.500€ durante los cinco años siguientes.

A modo ilustrativo en la siguiente imagen se muestran las líneas de subvención.

³⁰ <https://www.bombasideal.com/wp-content/uploads/2022/01/TARIFA-IDEAL-ENERO-2022.pdf>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

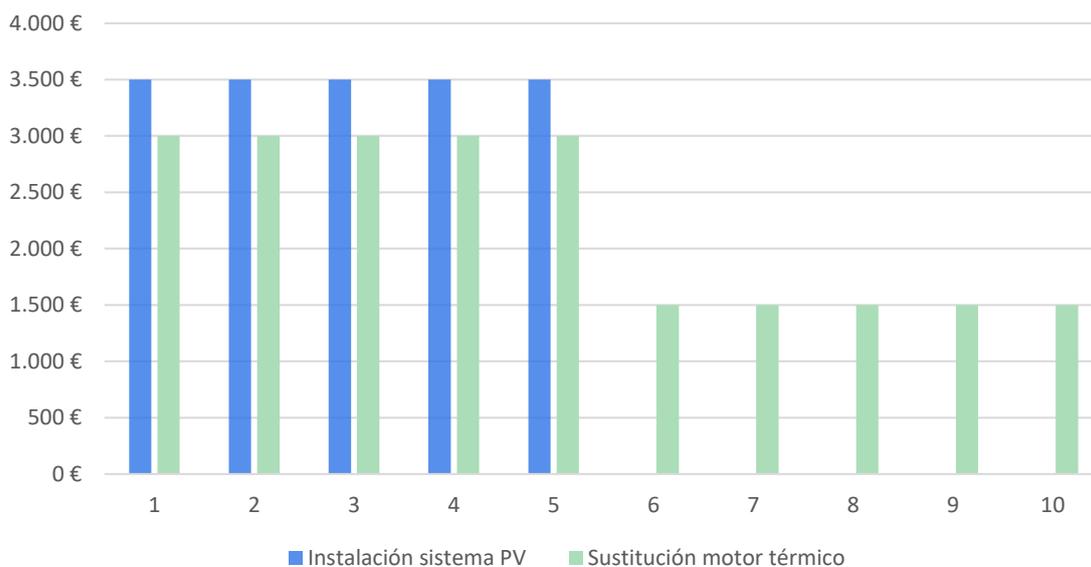


Imagen 47. Líneas de subvención de los sistemas PV en los motores de la Albufera.

Si se diera el caso de que el recinto del motor térmico antiguo no dispone de conexión a red eléctrica se debe considerar la posibilidad de hacer la instalación aislada de la red, como es el caso de la Tancadeta, o poner un punto de conexión a red.

En la siguiente imagen se muestra el sistema PV de la Tancadeta.



Imagen 48. Sistema PV de la Tancadeta.

6.2.4.2. Cambios regulatorios

En este apartado se propone una serie de modificaciones de la normativa actual para impulsar la transición energética en el sector agrícola. Con lo que se reducirán las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y se impulsará el sector agrícola.

La modificación consiste en la prohibición de instalación de motores térmicos para riego de los campos de la Albufera desde el año 0 y la prohibición de su uso en un horizonte de 10 años, de acuerdo con las ayudas económicas propuestas. Con ello, en la siguiente imagen se muestran las líneas de subvención descritas anteriormente y la fecha de prohibición.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

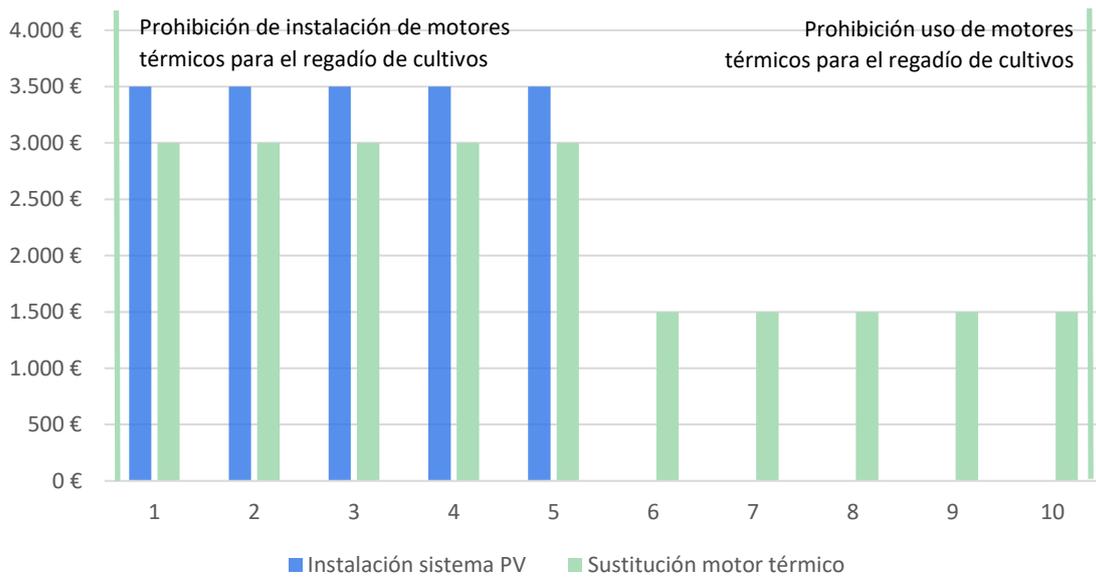


Imagen 49. Prohibiciones relativas a los motores de la Albufera.

Por otro lado, también se propone que los propietarios agrícolas de los motores beneficiarios de cualquiera de las dos ayudas que se han propuesto a cambio hagan recircular el agua usando los motores para su oxigenación cuando los sistemas PVs estén generando lo suficiente pero el motor esté parado. Como se ha dicho anteriormente, los meses de diciembre a febrero es cuando más parados están los motores. Y de esta manera, mejore la calidad del agua y con ellos las condiciones de hábitat de la flora y la fauna.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

Después de analizar la evolución y el estado actual de los usos productivos de la Albufera, de recopilar información de las embarcaciones y motores de regadío de la Albufera y realizar el dimensionado para su electrificación renovable se han escalado los resultados y se han obtenido los resultados descritos en los anteriores apartados.

Los resultados de la electrificación de las embarcaciones de la Albufera reflejan que no es un proyecto rentable económicamente pues no se recupera la inversión inicial. Por lo que requeriría financiación adicional a través de ayudas dado el beneficio social y ambiental asociado. Se reduce las emisiones de gases contaminantes y contaminación acústica, y cesan los vertidos de hidrocarburos producto de la combustión. Con todo ello, se mejora, en mayor o menor medida, el ecosistema del parque natural, mejorando las condiciones de hábitat de la fauna y flora y el confort durante los viajes en barca. Debido a ello, además, se impulsa el sector pesquero y turístico de la Albufera, entre otros, y de poblaciones que se dependen de ello, como la pedanía de El Palmar.

Por ello, se proponen cambios en la legislación para la electrificación de las embarcaciones de la Albufera. Siguiendo con las prohibiciones en aguas continentales como las de la CHJ, entre otras, se propone la prohibición de navegación de embarcaciones con motor térmico en un horizonte de 10 años para las embarcaciones grandes (PASAJE y GRAN RECREO) y 15 años para las pequeñas (PESCA, PESCA/RECREO y RECREO). Para lo cual, para todas se propone una línea de subvenciones escalonadas durante los 10 primeros años: 15.000€ durante los 5 primeros años, 10.000€ durante los siguientes 3 años y 5.000€ durante los siguientes 2 años.

Por su parte, los resultados de la electrificación renovable de los motores de regadío de los campos de cultivos de la Albufera reflejan que es un proyecto rentable económicamente, pues se consigue recuperar la inversión inicial y se obtienen ahorros económicos, energéticos y en emisiones pues parte de la energía demandada por los motores se abastece mediante energía solar. Y, debido, a ello representa una oportunidad para impulsar el sector agrícola.

Por ello, se propone cambios en la legislación para que todos los motores de la Albufera sean eléctricos y cubran parcial o totalmente su demanda energética, según se disponga de área disponible para su instalación. Cambios tales como la subvención de cada motor con 3.500€ (alrededor de la mitad de la inversión inicial de los dos casos tipo), a cambio de aprovechar los momentos en que éstos este apagados para encenderlos para hacer recircular el agua con la energía solar. Y de esta manera ayudar en la oxigenación del agua y en la mejora de su calidad contribuyendo a solucionar los problemas de eutrofización del lago.

Finalmente, debido a la importancia ecológica internacional, la cantidad de especies de fauna y flora y las características del lago, el Parque Natural de la Albufera es un reclamo turístico en la ciudad de Valencia. Y, por su parte, aunque la pesca y la agricultura, en menor medida, han ido perdiendo peso en la Albufera son necesarios e importantes dentro del marco del parque

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

natural, pues el género pescado y cultivado se sirve en la hostelería. Lo cual es otro de los reclamos del Parque Natural.

Por ello, a la vista de los resultados y los beneficios, el uso de sistemas PV en la agricultura es una acción claramente a considerar para impulsar la transición energética, el sector agrícola y mejorar las condiciones del ecosistema natural de La Albufera. Y, aunque no sea rentable económicamente, debido a los beneficios la electrificación de las embarcaciones es también una acción clara a considerar para impulsar la transición energética, el sector pesquero, turístico y hostelero y mejorar las condiciones del ecosistema natural de la Albufera. Por ende, en este trabajo se han planificado las acciones y se han propuesto cambios legislativos necesarios para su consecución.

ANEXOS

8.1. Organización del Anexo

Listado de las fichas técnicas:

- Motor y controlador del sistema de propulsión eléctrico.
- Cargadores de las baterías de las barcas.
- Baterías de las barcas eléctricas.
- Módulos fotovoltaicos del sistema PV de regadío.
- Inversor solar del sistema PV de regadío.

8.2. Fichas técnicas.

8.2.1. Motor y controlador del sistema de propulsión eléctrico.



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

8.2.2. Cargadores de las baterías de las barcas.

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, hwxwx	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	I/Uo, 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

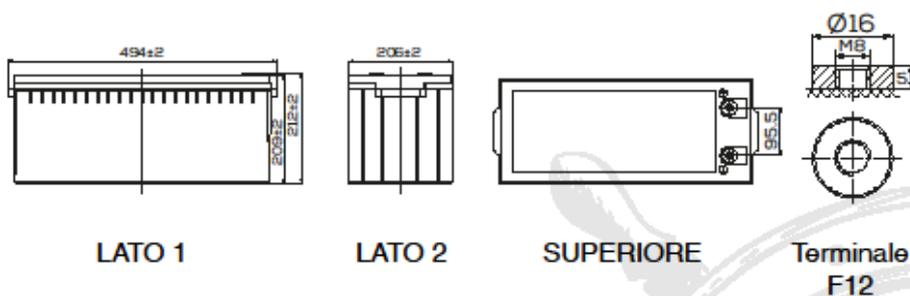


Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

8.2.3. Baterías de las barcas eléctricas.

nautik

SCHEDA TECNICA
Modello: NTK 12-200



DIMENSIONI E PESO		TERMINALE	
Lunghezza	494±2mm (19,45 inch)	Tipo	F12
Larghezza	206±2mm (8,11 inch)	Materiale	Rame
Altezza	209±2mm (8,23 inch)	TENSIONE DI ESERCIZIO	
Altezza totale	212±2mm (8,35 inch)	Mantenimento	da 13,6 a 13,8 V
Peso approssimativo	54 kg (119,1lbs) ±4%	Carica (ciclico)	da 14,5 a 14,9 V
STRUTTURA E TECNOLOGIA		CORRENTE DI ESERCIZIO	
Tecnologia	Batteria AGM	Carica (MAX)	54 A
Contenitore esterno	ABS UL94-HB	Scarica (MAX)	1400A (5 sec.)
TENSIONE NOMINALE		TEMPERATURA NOMINALE	
12 V		25°C ± 3°C (77°F ± 37,4°F)	
CAPACITÀ (25°C)		TEMPERATURA DI ESERCIZIO	
10HR (10,8 V)	200 Ah	Scarica	-20°C~60°C (-4°F~140°F)
5HR (10,5 V)	170 Ah	Carica	-10°C~50°C (14°F~122°F)
1HR (9,60 V)	119 Ah	Stoccaggio	-20°C~60°C (-4°F~140°F)
SPUNTO		RESISTENZA INTERNA (FULL CHARGE, 25°C)	
1150A (EN)		Approx. 3,3 mΩ	
CERTIFICAZIONI		ASPETTATIVA DI VITA	
UL, CE		4-7 anni	

Questa scheda ha valore indicativo. NDS Energy si riserva il diritto di apportare in qualunque momento, senza preavviso, modifiche per ragioni tecniche o commerciali agli articoli illustrati.
Data ultimo aggiornamento: 01/01/2017



TUTTA L'ENERGIA CHE TI SERVE
ALL THE ENERGY YOU NEED

P.1

8.2.4. Módulos fotovoltaicos del sistema PV de regadío.



A-xxxM GS (ES) [max = potencia nominal]

Características eléctricas	A-340M GS	A-345M GS	A-370M GS	A-395M GS	A-400M GS
Potencia Máxima (Pmax)	380 W	385 W	390 W	395 W	400 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	40.50 V	40.80 V	41.10 V	41.40 V	41.70 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	9.39 A	9.44 A	9.49 A	9.55 A	9.60 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	48.90 V	49.10 V	49.30 V	49.50 V	49.80 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	9.75 A	9.92 A	10.12 A	10.23 A	10.36 A
Eficiencia del Módulo (%)	19.16	19.42	19.67	19.92	20.17
Tolerancia de Potencia (W)				0/+5	
Máxima Serie de Fusibles (A)				15	
Máxima Tensión del Sistema (IEC)				DC 1000 V	
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)				45±2	

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m², espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).
Test in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%.

Dimensiones (incluyendo sistema) / Características mecánicas	Dimensiones (± 2 mm.)	1979x1002x40 mm.	Material / Características mecánicas	Cubierta frontal (material/tipo/espesor) (*)	Crystal templado alta transmisión/bajo nivel hierro/3.2 mm
Peso (± 5 %)	22.5 kg		Células (cantidad/tipo/dimensiones)	72 pzas (6x12)/Mono PERC/158.75 x 158.75 mm	
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	2400 Pa		Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado /plata	
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa		Caja de conexiones (grado de protección)	IP67/3 diodos	
			Cable (longitud/sección) / Conector	1.200 mm. /4 mm² /MC4 compatible/IP67	

(*) Con capa anti-reflectante

Vista general construcción módulo

Características de temperatura

Coef. Temp. de Isc (TK Isc)	0.048% /°C
Coef. Temp. de Voc (TK Voc)	-0.28% /°C
Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.37% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 to +85 °C

Embalaje

Módulos/país	27 pzas
País/contenedor 40' HQ	22 países
Módulos/contenedor 40' HQ	594 pzas
País/contenedor 20'	8 países
Módulos/contenedor 20'	216 pzas

Temperatura Varía (A-400M GS)

Irradiación Varía (A-400M GS)

NOTA: El dibujo no está a escala.

NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

www.ateras.com • atars@elecover.com
 Madrid (España) +34 915 176 452 • Valencia (España) +34 961 088 430

Revisado: 16/12/19
 Ref.: HU-6M 6x12 GS (ES)(3)-B
 © Aterras SL, 2016



8.2.5. Inversor solar del sistema PV de regadío.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS SYMO

/ Máxima flexibilidad para las aplicaciones del futuro





/ Tecnología
SapInverter



/ Comunicación
de datos integrada



/ Diseño
SuperFlex



/ Seguimiento
inteligente GMPP



/ Smart Grid
Ready



/ Inyección cero

/ Con un rango de potencia nominal entre 3,0 y 20,0 kW, el Fronius Symo es el inversor trifásico sin transformador para todo tipo de instalaciones. Gracias a su flexible diseño, el Fronius Symo es perfecto para instalaciones en superficies irregulares o para tejados con varias orientaciones. La conexión a Internet a través de WLAN o Ethernet y la facilidad de integración de componentes de otros fabricantes hacen del Fronius Symo uno de los inversores con mayor flexibilidad en comunicaciones en el mercado. El inversor Fronius Symo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además, que el inversor no incluya energía a la red eléctrica.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Máxima corriente de entrada ($I_{in, máx. 1} / I_{in, máx. 2}^4$)				16 A / 16 A		
Máx. corriente de cortocircuito por serie PV (MPP ₁ /MPP ₂) ⁵				24 A / 24 A		
Mínima tensión de entrada ($U_{in, mín.}$)				150 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{in, servicio}$)				200 V		
Tensión de entrada nominal ($U_{in, nom.}$)				505 V		
Máxima tensión de entrada ($U_{in, máx.}$)				1.020 V		
Rango de tensión MPP ($U_{mppt, mín.} - U_{mppt, máx.}$)	200 - 820 V	250 - 300 V	300 - 800 V		150 - 800 V	
Número de seguidores MPP		1			2	
Número de entradas CC		3			2+2	
Máxima salida del generador PV ($P_{in, máx.}$)	6,0kW _{pvac}	7,4kW _{pvac}	9,0kW _{pvac}	6,0kW _{pvac}	7,4kW _{pvac}	9,0kW _{pvac}
DATOS DE SALIDA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Potencia nominal CA (P_{out})	3.000 W	3.700 W	4.500 W	3.000 W	3.700 W	4.500 W
Máxima potencia de salida	3.020 VA	3.700 VA	4.500 VA	3.020 VA	3.700 VA	4.500 VA
Máxima corriente de salida ($I_{out, máx.}$)	4,3 A	5,3 A	6,5 A	4,3 A	5,3 A	6,5 A
Acompañamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)					
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)					
Coefficiente de distorsión no lineal	< 3 %					
Factor de potencia (cos ϕ_{out})	0,70 - 1 Ind. / cap.			0,85 - 1 Ind. / cap.		
DATOS GENERALES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)				645 x 431 x 204 mm		
Peso	16,0 kg			19,9 kg		
Tipo de protección				IP 65		
Clase de protección				1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) ⁶				2 / 3		
Consumo nocturno				< 1 W		
Concepto de Inversor				Sin Transformador		
Refrigeración				Refrigeración de aire regulada		
Instalación				Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente				-25 - +60 °C		
Humedad de aire admisible				0 - 100 %		
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)					
Tecnología de conexión CC	3 x CC+ y 3 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm ²			4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm ²		
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²			5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ²		
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/AL, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777 ⁴ , CEI 0-21 ⁴ , NRS 097					

⁴ Esto se aplica a Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M y 4.5-3-M.
⁵ De acuerdo con IEC 62109-1.
⁶ 16 mm² sin necesidad de terminales de conexión. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

BIBLIOGRAFIA

- Aghaei, M., Ebadi, H., de Oliveira, A. K. V., Vaezi, S., Eskandari, A., & Castañón, J. M. (2020). New concepts and applications of solar PV systems. *Photovoltaic Solar Energy Conversion*, 349–390. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819610-6.00011-9>
- Ahadme Yahyai, H. (2017). *Estudio y diseño de una embarcación de 18,5 metros de eslora*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/107573>
- Antão-Geraldes, A. M., Oterino Guillén, A., & de Salvador Velasco, D. (2019). An innovative model for environmental interpretation in freshwater ecosystems: the case of a solar-wind cruise through Lake Sanabria (NW Spain). *Ecotourism*, 18(2). <https://doi.org/10.1080/14724049.2018.1492127>
- Bejarano Cáceres, D. S. (2019). *Proyecto de planificación de la electrificación de la flota de barcas de la Albufera*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/126898?tl=a>
- 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*, 18(June 2020). <https://doi.org/10.24084/repqj18.254>
- Bellver, C. C., & Yebra, D. (2018). *Estudio y diseño de una hélice para el yate Viudes 45*. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/119369/136766_TFG.pdf
- Bergadà Graño, J. M. (2006). Mecánica de fluidos. Problemas resueltos. In *Mecánica de Fluidos Cap. 3: Cinemática de fluidos* (Primera Edición). Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL. https://www.academia.edu/17937201/Mecanica_de_fluidos_problemas_resueltos_jose_p_m_bergada_grano_1_
- Bigerna, S., Micheli, S., & Polinori, P. (2019). Willingness to pay for electric boats in a protected area in Italy: A sustainable tourism perspective. *Journal of Cleaner Production*, 224, 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.266>
- Brix, H., Sorrell, B. K., & Lorenzen, B. (2001). ¿Are phragmites-dominated wetlands a net source or net sink of greenhouse gases? *Aquatic Botany*, 69(2–4), 313–324. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(01\)00145-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(01)00145-0)
- CEDEX. (2017). *Estudio de la afección del cultivo del arroz en la calidad de agua de la Albufera de Valencia*. https://www.chj.es/es-es/medioambiente/albufera/Documents/Estudio_de_la_afeccion_del_cultivo_del_arroz_en_la_calidad_de_agua_de_la_Albufera_de_Valencia.pdf
- Çengel, Y. A., Cimbala, J. M., & Balderas Tapia, L. (2018). *Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones: Vol. XXI* (4th ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

- Chávez Miranda, J. R. (2006). *Ruido laboral*. Ciencia y Trabajo. www.cienciaytrabajo.cl
- Clairand, J. M., Rodríguez-García, J., & Álvarez-Bel, C. (2020). Assessment of Technical and Economic Impacts of EV User Behavior on EV Aggregator Smart Charging. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 8(2), 356–366. <https://doi.org/10.35833/MPCE.2018.000840>
- Clairand, J.-M., Rodríguez-García, J., & Álvarez-Bel, C. (2018). Electric Vehicle Charging Strategy for Isolated Systems with High Penetration of Renewable Generation. *Energies*, 11(11), 3188. <https://doi.org/10.3390/en11113188>
- Comunitat de Pescadors de El Palmar. (2021). Diseño de una embarcación piloto y recomendaciones de uso. *Naus Amb Energia Neta. Estudio de La Implementación de Barcas Con Motor Eléctrico En La Albufera de València*.
- Dhonde, M., Sahu, K., & Murty, V. V. S. (2022). The application of solar-driven technologies for the sustainable development of agriculture farming: a comprehensive review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 2022*, 1–29. <https://doi.org/10.1007/S11157-022-09611-6>
- Domenech-Canosa, D., Ribo-Perez, D., & Alcazar-Ortega, M. (2020). Design and inclusion of an electric propulsion system in a traditional boat in La Albufera. *2020 Global Congress on Electrical Engineering (GC-ElecEng)*, 112–117. <https://doi.org/10.23919/GC-ElecEng48342.2020.9286271>
- García, A., Laurín, M., Llosá, M. J., González, V., Sanz, M. J., & Porcuna, J. L. (2008). *Contribución de la agricultura ecológica a la mitigación del cambio climático en comparación con la agricultura convencional*. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/169>
- Hernández Ferrer, A., & González Medina, R. (2017). *Energía Fotovoltaica y Electrónica de Potencia*.
- Jansen, A., van Deursen, B., & Howe, C. (2012). The aerodynamics of sailing apparel. *Procedia Engineering*, 34, 50–55. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2012.04.010>
- Juan-García Aguado, J. M. de. (1993). *Principios de teoría del buque: dinámica* (Primera edición). Universidad de La Coruña.
- Jutglar Banyeras, L. (2012). *Generación de energía solar fotovoltaica* (Primera Edición). marcombo.
- Krantz, S. G. (2003). *Calculus demystified*. McGraw-Hill. <http://weblibrary.apeiron-uni.eu:8080/WebDokumenti/14192-Pages from Calculus Demystified McGraw-Hill.pdf>
- Kuss, Fred R y Graefe, Alan R y Vaske, J. J. (1990). *Visitor Impact Management*. 1, 187--217.
- Lewandowski, E. M. (2004). *The dynamics of marine craft: maneuvering and seakeeping* (Vol. 22). World Scientific.
- Lodge, M. E. D. (2018). *MahaRaja Eco Dive Lodge*. <https://www.maharajaecodivelodge.com/blog/2018/11/2/for-the-first-time-maharaja-eco-dive-lodge-is-introducing-electric-dive-boats-in-raja-ampat>
- Longworth & McKenzie. (1986). Survey of Existing and Potential Recreation Uses of the Water Board's Catchments and Storages. *Metropolitan Water*, 1. https://www.vgls.vic.gov.au/client/en_AU/VGLS-

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

- Ribó, M., Albiach, R., Pomares, F., & Canet, R. (2017). *Alternativas de gestión de la paja de arroz en la Albufera de Valencia*.
https://iviva.gva.es/documents/161862582/162455759/Nota+t%C3%A9cnica_Alternativas+de+gesti%C3%B3n+de+la+paja+de+arroz+en+la+Albufera+de+Valencia.pdf/cc127504-cf3c-4142-9345-d33e5c56c649
- Ribó-Pérez, D., van der Weijde, A. H., & Álvarez-Bel, C. (2019). Effects of self-generation in imperfectly competitive electricity markets: The case of Spain. *Energy Policy*, 133, 110920. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110920>
- Sharma, A. K., & Kothari, D. P. (2018). Solar PV potential for passenger ferry boats in India's National Waterways. *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Systems and Control, ICISC 2018*, 120–130. <https://doi.org/10.1109/ICISC.2018.8399035>
- Symington, W. P., & Desjardins, C. (2017, June). *El pequeño ferry establece un gran ejemplo en el transporte fluvial urbano - Comunidad de electrificación del transporte IEEE*.
<https://tec.ieee.org/newsletter/june-2017/the-little-ferry-setting-a-big-example-in-urban-river-transport>
- 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)
- Thandasherry, S. (2018). *Economics of ADITYA - India's First Solar Ferry*.
<https://www.swtd.kerala.gov.in/>
- U.S. Department of energy. (2021). *Electric Vehicle Basics*.
https://afdc.energy.gov/files/u/publication/electric_vehicles.pdf
- Vázquez Meco, R. (2020). *Energías Renovables en la Red de Parques Nacionales Energía Solar Fotovoltaica*. https://www.miteco.gob.es/en/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/red-parques-nacionales/laenergiasolar-raquelvazquez_tcm38-168872.pdf
- 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.
- Wu, S., Kusch, P., Brix, H., Vymazal, J., & Dong, R. (2014). Development of constructed wetlands in performance intensifications for wastewater treatment: A nitrogen and organic matter targeted review. *Water Research*, 57, 40–55.
<https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2014.03.020>
- Zhang, H., & Shi, D. (2020). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Research on wind-assisted solar power ship system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 446. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/446/2/022079>

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

En el presente documento se elabora un presupuesto detallado de la realización del estudio de la electrificación de las barcas y motores de regadío de la Albufera de Valencia.

1.1. Calendario y presupuesto del proyecto

El estudio se llevó a cabo durante aproximadamente 10 meses en total, en los que está incluido el tiempo dedicado a la revisión de la literatura, adquisición de datos, desarrollo de modelos y la redacción del documento.

En las próximas secciones se desglosa el presupuesto según los costes de recursos y gastos generales, durante un periodo de 10 meses.

1.1.1. Coste de los recursos humanos

Los recursos humanos que participaron en el estudio fueron un ingeniero junior, un estudiante de doctorado en ingeniería eléctrica y un profesor.

Las tareas llevadas a cabo por el ingeniero junior fueron:

- Revisión de la literatura: comprender el estado actual de la Albufera de Valencia y sus usos productivos y de las acciones que se han llevado a cabo en otros parques naturales similares para reducir su impacto e impulsar los sectores agrícola, pesquero y turístico. Así como la normativa relacionada con la navegación en aguas continentales en España y autoconsumo para los sistemas PV.
- Adquisición de datos: estudio de los datos disponibles de los casos iniciales de estudio de motores de regadío y embarcaciones y la cantidad y características registradas de ambos; y descarga de datos de los recursos solares, tiempo meteorológico, etc. como datos de entrada para las metodologías de cálculo.
- Generación y aplicación de la metodología de cálculo a los dos usos productivos: elaboración de la metodología de cálculo del sistema PV para el regadío y modificación y adaptación del modelo de dimensionamiento de las embarcaciones eléctricas (Bejarano-Cáceres et al., 2020) a los diferentes tipos de embarcaciones.
- Elaboración de documentos: desarrollo y elaboración del entregable y visualizaciones del trabajo final de máster.

Las tareas llevadas a cabo por el estudiante doctoral y del profesor ha consistido en adaptar la estructura y el contenido del trabajo de fin de máster a través de reuniones y asesorar al ingeniero junior, así como las revisiones del trabajo, y han aportado ideas y recursos clave para mejorar el estudio. Sobre todo, en lo que respecta al sistema de propulsión de las baterías y

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

dimensionado del sistema PV de los motores de regadío. En la siguiente tabla se muestra el coste total de los recursos humanos.

Tabla 54. Costes de recursos humanos.

Tarea	Tiempo h	Recurso humano	Coste unitario €/h	Coste €
Revisión de la literatura	100	Ingeniero junior	30	3.000
Adquisición de datos	250	Ingeniero junior	30	7.500
Generación y aplicación de la metodología	390	Ingeniero junior	30	11.700
Elaboración de documentos	300	Ingeniero junior	30	9.000
Revisión y orientación	20	Profesor	70	1.400
Revisión y orientación	30	Estudiante doctoral	50	1.500
Total	1.090	-	-	34.100

1.1.2. Coste de software y de amortización de hardware

El hardware utilizado en el estudio consiste en tres ordenadores pertenecientes al ingeniero junior, al estudiante doctoral y al profesor. Entre ellos, solo el equipo del primero se ha amortizado durante los seis meses (los otros dos ordenadores se han amortizado en 20 y 30 horas de uso por parte del profesor y estudiante doctora, respectivamente, durante alrededor de un mes).

Respecto al software y la adquisición de datos nos hemos centrado en el uso de programas disponibles para la comunidad universitaria (Microsoft Office, AutoCAD) y plataformas (PVGIS).

Tabla 55. Costes del equipamiento.

Equipamiento	Precio €	Amortización completa Años	Periodo de uso Meses	Coste €
HP Pavilion 13,5" (Ingeniero junior)	800	5	10	133,33
PC Pentium V 2,5GHz (Profesor)	1.700	5	1	28,33
Macbook Pro 13" (Estudiante doctoral)	1.000	5	1	16,67
Total	-	-	-	178,33

1.1.3. Costes generales

En esta sección se consideran los costes generales de viaje, internet y conexión eléctrica necesarios para realizar el estudio.

Se han realizado diversos viajes en coche al Palmar y a Catarroja en la que se han tenido reuniones con los pescadores y agricultores. Los gastos de facturación de internet y electricidad se han calculado en proporción al número de habitantes de la vivienda en la que reside y trabaja el autor.

Tabla 56. Costes generales.

Componente	Cantidad ud	Coste unitario €/ud	Coste €
Viajes	15	20	300
Factura de internet mensual	10	10	100
Factura de electricidad mensual	10	10	100
Total	-	-	500

Análisis de viabilidad técnica, económica y medioambiental de la electrificación de las actividades productivas de la Albufera de Valencia: planificación, evaluación y propuesta de cambios regulatorios.

1.2. Resumen del presupuesto.

A continuación, se resumen los tres componentes de los costes en un presupuesto bruto agregado, basado en el coste total del estudio. Además, se tiene en cuenta el margen de beneficio que se obtiene al calcular el presupuesto industrial. Y, finalmente, se tienen en cuenta los impuestos para calcular el presupuesto contractual total del estudio.

El presupuesto contractual total es cuarenta y cuatro mil seiscientos siete euros con cero céntimos, IVA incluido.

Tabla 57. Detalle del presupuesto contractual.

Componente	Coste €
Coste recursos humanos	34.100,00
Amortización Hardware	178,33
Costes generales	500,00
Presupuesto bruto	34.778,00
Beneficio industrial (6%)	2.086,70
Presupuesto industrial	36.865,00
IVA 21%	7.741,66
Presupuesto contractual	44.607,00

PLANOS

PLANOS

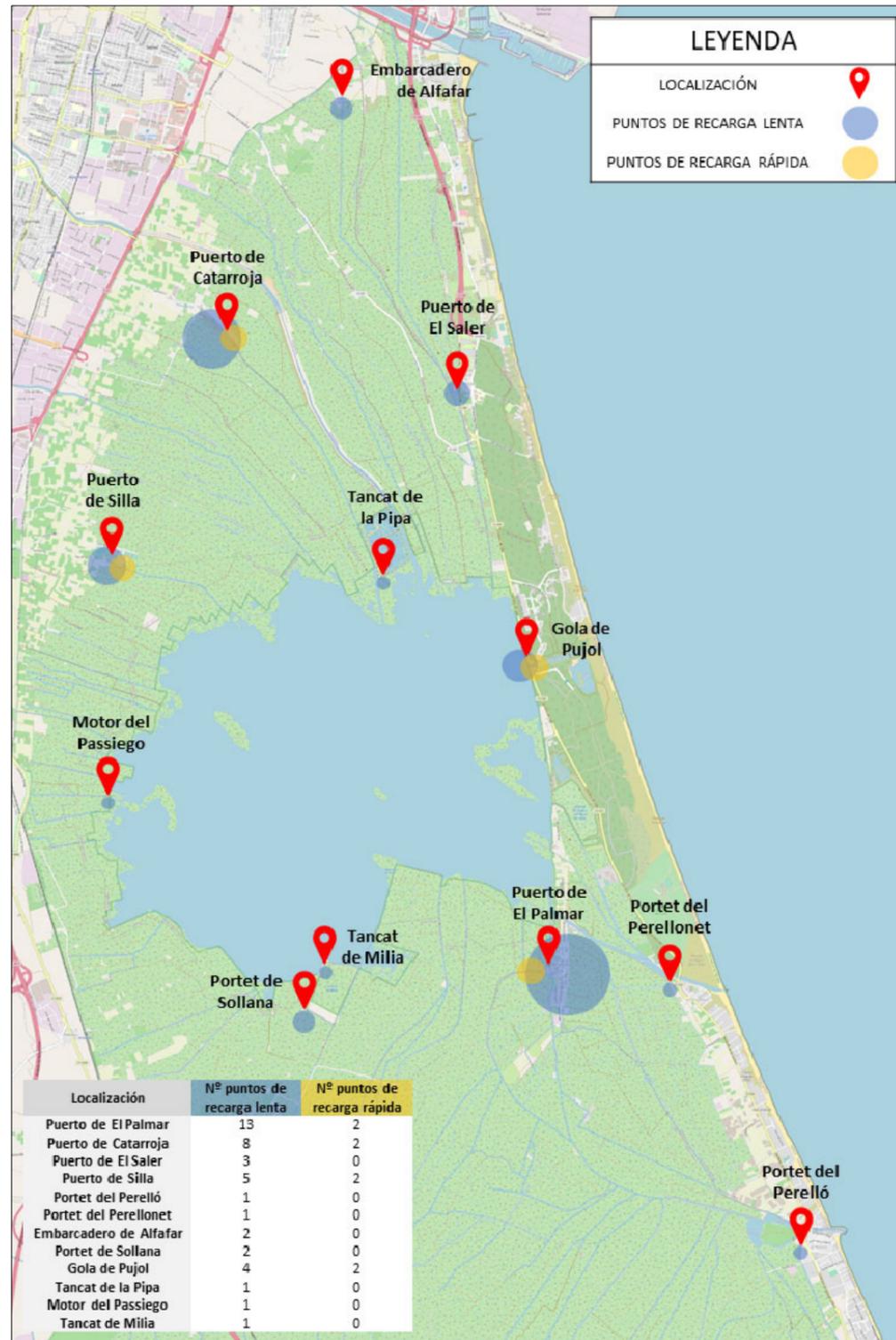
1.1. Organización de los planos

- **Plano 1:** Mapeo de la cantidad de embarcaciones registradas y la instalación de los puntos de recarga eléctricos planificados.
- **Plano 2:** Mapeo de la cantidad de motores de regadío y motores de humedales artificiales de la Albufera de Valencia (1 de 3).
- **Plano 3:** Mapeo de la cantidad de motores de regadío y motores de humedales artificiales de la Albufera de Valencia (2 de 3).
- **Plano 4:** Mapeo de la cantidad de motores de regadío y motores de humedales artificiales de la Albufera de Valencia (3 de 3).
- **Plano 5:** Distribución del sistema eléctrico de una embarcación eléctrica de 6,5 metros.

1.2. Formato y presentación

Dichos planos se representarán a continuación en formato A3 (420 x 270 mm) y se doblarán conforme a la norma, por lo pliegues facilitados por el cajetín de la ETSII.

Mapa de los puntos de recarga planificados para los primeros 5 años de la electrificación de las embarcaciones, considerando que se electrifican un 25% del total.

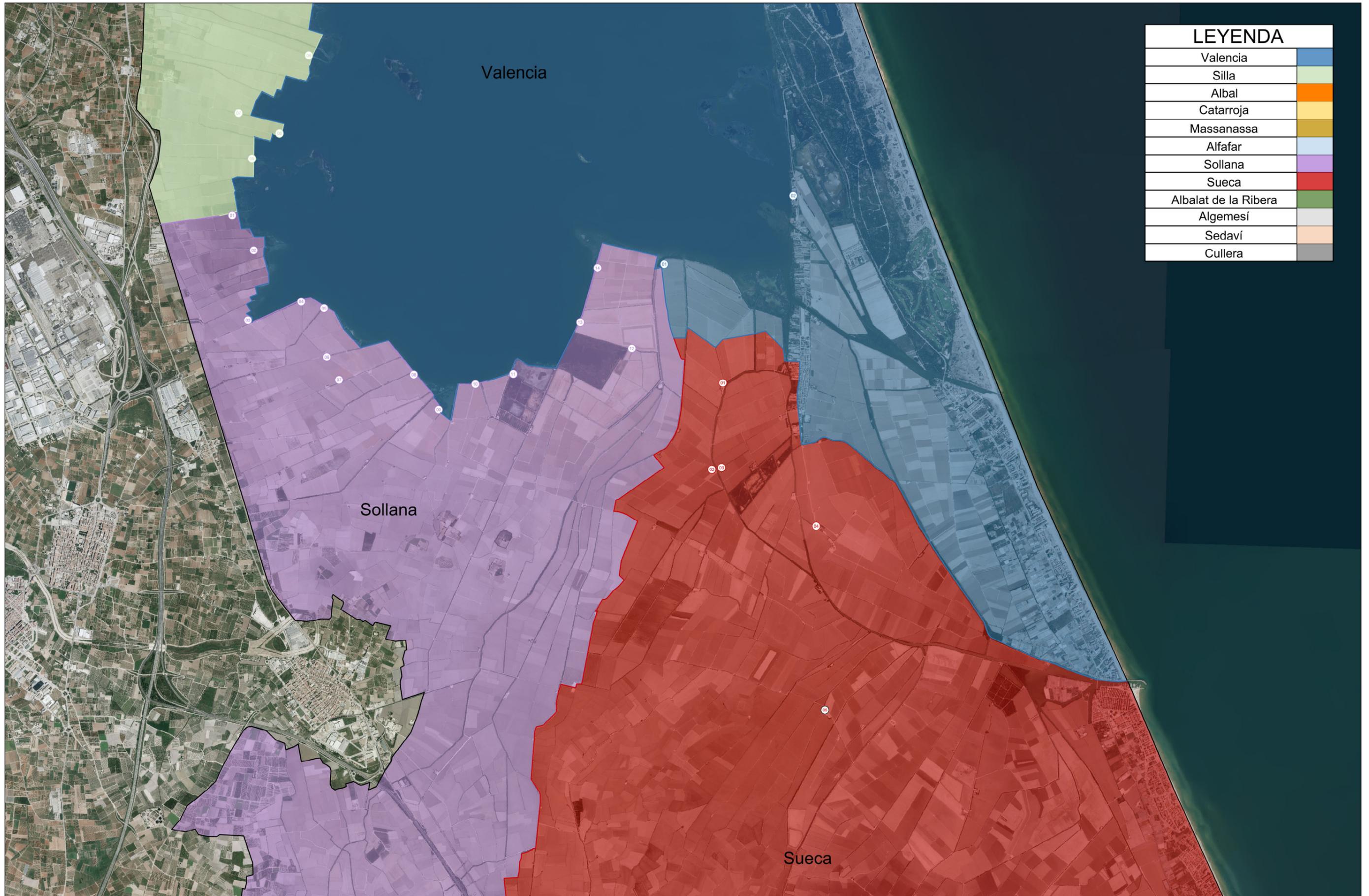


Mapa de calor de los recorridos habituales y cantidad registrada de las embarcaciones en los diferentes términos municipales y puertos de la Albufera.

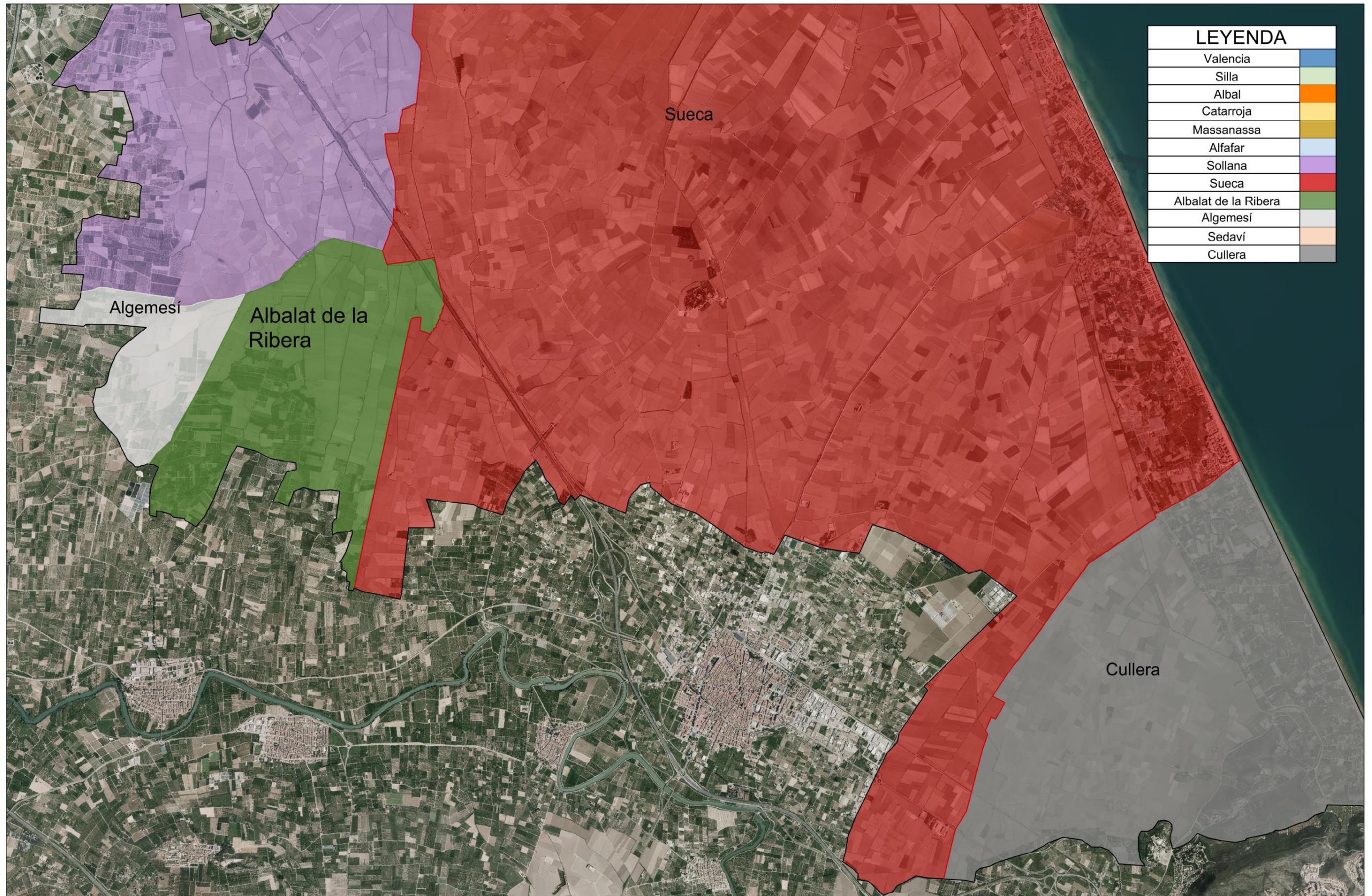




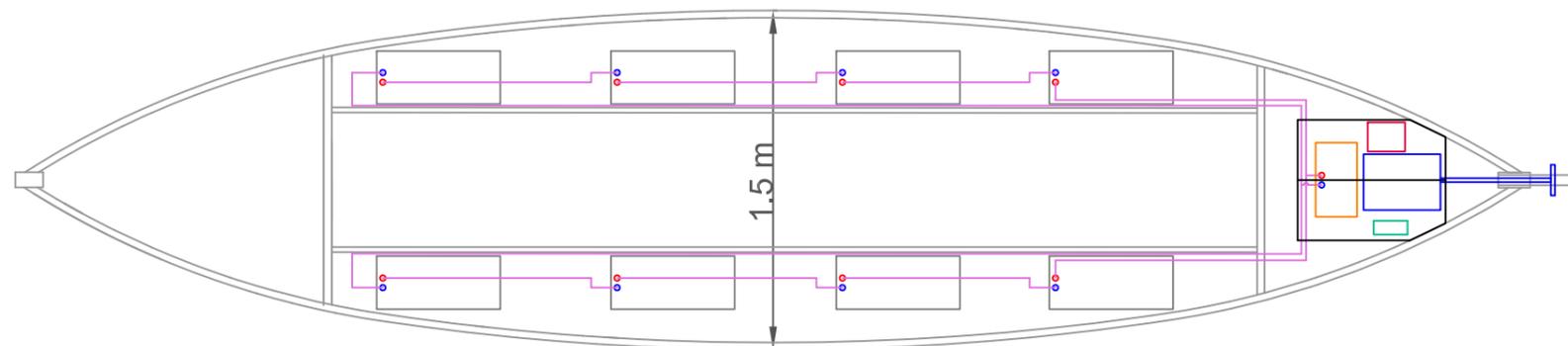
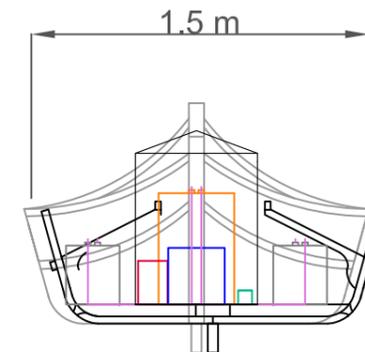
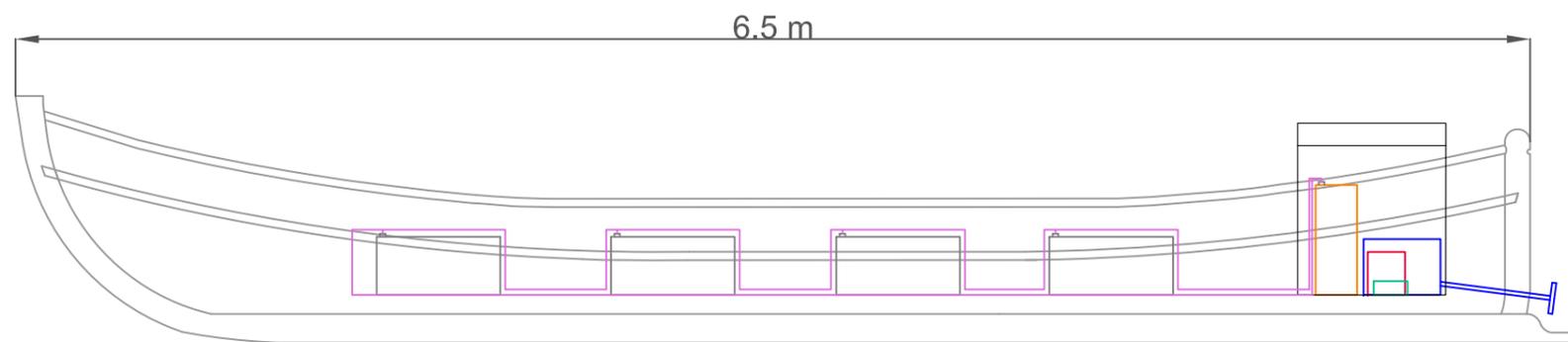
LEYENDA	
Valencia	
Silla	
Albal	
Catarroja	
Massanassa	
Alfafar	
Sollana	
Sueca	
Albalat de la Ribera	
Algemesí	
Sedaví	
Cullera	



LEYENDA	
Valencia	
Silla	
Albal	
Catarroja	
Massanassa	
Alfafar	
Sollana	
Sueca	
Albalat de la Ribera	
Algemesí	
Sedaví	
Cullera	



LEYENDA	
Valencia	
Silla	
Albal	
Catarroja	
Massanassa	
Alfafar	
Sollana	
Sueca	
Albalat de la Ribera	
Algemesí	
Sedaví	
Cullera	



LEYENDA	
Caseta	—
Baterías	—
Cableado	—
Cargador	—
Motor elec.	—
Controlador	—
Refrigeración	—