



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Organización Industrial**

**ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES DE LA ENERGÍA EÓLICA MARINA EN  
ESPAÑA. PERSPECTIVAS DE FUTURO Y VIABILIDAD.**

**Autora:**

**Espinosa Grandmontagne, Carlota**

**Tutor:**

**Arauzo, José Alberto**

**Fecha**

**12 de julio de 2022**

**RESUMEN**

El presente Trabajo de Fin de Grado consiste en la elaboración de un análisis tanto energético como económico de las oportunidades de desarrollo de la energía eólica marina en España.

Este análisis forma parte del conjunto de elementos estratégicos clave en la descarbonización de la economía española.

Se fija un triple objetivo. En primer lugar, conseguir que España sea un punto de referencia europeo para el desarrollo tecnológico y la innovación ambiental asociado a la energía eólica marina. En segundo lugar, conseguir que España sea un referente internacional en capacidades industriales y en el conjunto de la cadena de valor del sector. Y, en tercer lugar, impulsar un desarrollo de la energía eólica marina compatible y sostenible desde un punto de vista ambiental y social.

Para ello, se ha realizado un análisis energético y económico que concluirá si estos objetivos son o no viables.

## **PALABRAS CLAVE**

Eólica marina, energías renovables, capacidad industrial, análisis energético, análisis económico.

## **SUMMARY**

This Final Degree Project consists of the elaboration of both an energy and economic analysis of the development opportunities of offshore wind energy in Spain.

This analysis is part of the set of key strategic elements in the decarbonization of the Spanish economy.

A triple objective is set. Firstly, to make Spain a European reference point for technological development and environmental innovation associated with offshore wind energy. Secondly, to make Spain an international benchmark in industrial capacities and in the sector's entire value chain. And, thirdly, to promote a compatible and sustainable development of offshore wind energy from an environmental and social point of view.

To this end, an energy and economic analysis has been carried out that will conclude whether or not these objectives are viable.

## **KEY WORDS**

Offshore wind, renewable energies, industrial capacity, energy analysis, economic analysis.

# Índice de Contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Justificación.....	9
1.2. Objetivos.....	10
1.3. Contenido del documento.....	10
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE.....	13
2.1. CONTEXTO Y SITUACIÓN PREVIA.....	13
2.1.a. Contexto general energético en España.....	14
2.1.b. Situación actual de la Energía Eólica Marina en Europa.....	17
2.1.c. Situación actual de la Energía Eólica Marina en España.....	18
2.2. EÓLICA MARINA:.....	20
2.2.a. Eólica Marina vs Terrestre.....	23
2.2.b. Ventajas Eólica Marina.....	26
2.2.c. Barreras Eólica Marina.....	26
2.2.d. Análisis DAFO del Sector Eólico Marino Flotante en España.....	26
CAPÍTULO 3. AGENDAS 2030 Y 2050 Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA.....	29
3.1. NECESIDAD DE UNA SOSTENIBILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL:.....	30
3.1.a. Impacto ambiental de la energía eólica marina.....	31
3.1.b. Impacto social.....	32
CAPÍTULO 4. CADENA DE SUMINISTRO Y CADENA DE VALOR.....	34
4.1. ESLABONES DE LA CADENA DE VALOR DE UN PARQUE EOLICO MARINO.....	34
4.2. SINERGIAS PRODUCIDAS.....	38
4.3. ANÁLISIS DEL ECOSISTEMA DE SUMINISTROS PARA LA EÓLICA MARINA EN ESPAÑA: ...	41
4.3.a. Jugadores.....	41
4.3.b. Análisis de capacidad industrial en España.....	43
4.3.c. España como centro de suministro de apoyo a Europa.....	45
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	49
5.1. MARCO JURIDICO, APROBACIONES Y REGULACIÓN:.....	49
5.1.a. Procesos administrativos.....	49

5.1.b. Plan de Ordenación del Espacio Marítimo “POEM” .....	51
5.1.c. Hoja de Ruta Eólica Marina en España .....	53
5.2. OPORTUNIDADES DE DESARROLLO DE EÓLICA MARINA EN ESPAÑA. ....	55
5.3. COMPETIDORES INDUSTRIALES. ....	60
5.4. EVOLUCION DE LOS COSTOS DEL Mwh DE LA ENERGIA EOLICA MARINA. ....	62
5.5. MECANISMOS DE FINANCIACION PARA INVERSIONES EOLICAS MARINAS. ....	67
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE VIABILIDAD ENERGÉTICA / ECONÓMICA.....	76
6.1 VIABILIDAD ENERGÉTICA.....	77
6.1.1. EMPLAZAMIENTO.....	77
6.1.2. INSTALACIONES.....	81
6.1.3. CALCULO DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA.....	87
6.2 VIABILIDAD ECONÓMICA. ....	94
6.2.1. ANALISIS DEL MERCADO OFFSHORE.....	94
6.2.2. ESTIMACION DE COSTES. ....	95
6.2.3. ESTIMACIÓN DE INGRESOS. ....	100
6.2.4. ANALISIS DE RESULTADOS.....	103
6.2.5 COMPARATIVA CON OTRA ENERGIAS.....	106
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.....	111
ANEXOS .....	114
Anexo 1: Normativa aplicable.....	114
Anexo 2: Mapa de la Cadena de Suministro Eólico en España.....	117
Anexo 3: Cálculos.....	141
Bibliografía .....	149

# Índice de Figuras

Figura 1. Evolución de la generación renovable/no renovable y emisiones de CO2 asociadas a la generación de energía eléctrica. Fuente: (Red Eléctrica de España, 2021) .....	14
Figura 2. Evolución de la potencia instalada renovable [MW]. Fuente: (Red Eléctrica de España, 2021) .....	15
Figura 3. Evolución de la generación renovable [GWh]. Fuente: (Red Eléctrica de España, 2021) .....	15
Figura 4. Potencia instalada nacional desolada en % y en [MW]. Fuente: (Red Eléctrica de España, 2022) .....	16
Figura 5. Potencia eólica instalada nacional desglosada por comunidades autónomas en [MW]. Fuente: (Red Eléctrica de España, 2021).....	16
Figura 6. Potencia Eólica instalada en Europa. Fuente: (IEA, 2022).....	18
Figura 7. Evolución de la Potencia Eólica instalada en España. Fuente: (AEE, 2022) .....	19
Figura 8: Etapas desde que el viento hace girar las palas hasta que la electricidad es transportada a través de la red hasta los hogares. Fuente: (Edición Propia) .....	20
Figura 9. Diferentes tecnologías de cimentación fija (a). Monopilote, (b). Apoyo por gravedad. (c) Jackets. Fuente: (MITECO , 2022).....	21
Figura 10. Tecnologías de eólica flotante: (a) plataforma de apoyo en tensión (TLP), (b) plataforma semisumergible y (c) monopilar flotante o “spar”. Fuente: (MITECO , 2022) .....	23
Figura 11. Tabla comparativa entre las diferencias de la eólica marina y la eólica terrestre. Fuente: (Edición propia).....	25
Figura 12. Análisis DAFO del Sector Eólico Marino Flotante en España. Fuente: (EIT-Innoenergy, 2022) .....	27
Figura 13. Objetivos españoles 2030 / 2050 establecidos para la Transición Energética. Fuente: (AEE, 2022) .....	30
Figura 14. Descripción de la Cadena de valor de la energía eólica desagregada en ocho fases principales. Fuente: (Edición Propia) .....	35
Figura 15. Representación de la Cadena de valor de la energía eólica desagregada. Fuente: (Edición propia) .....	36
Figura 16. Descripción de componentes específicos de la eólica marina añadidos a la Cadena de valor de la energía eólica descrita anteriormente. Fuente: (Edición propia) .....	37
Figura 17. Clasificación de los campos con los que produce sinergias la energía eólica marina. Fuente: (Edición propia).....	40

Figura 18. Clasificación de los stakeholders. Fuente: (Edición propia) .....	41
Figura 19. España como centro de suministro de apoyo a Europa. Fuente: (MITECO, 2021) ...	47
Figura 20. Ventaja competitiva de la oferta española. Fuente: (Edición propia) .....	48
Figura 21. Esquema del Procedimiento Ordinario vigente de Tramitación de Instalaciones renovables Marinas de potencia superior a 50 MW. Fuente: (MITECO , 2022) .....	50
Figura 22. Cronograma orientativo para el desarrollo de los Parques Eólicos Marinos en España. Fuente: (MITECO, 2021) .....	51
Figura 23. Itinerario de la Hoja de Ruta para el despliegue de la Eólica Marina y las Energías del Mar en España. Periodo 2021-2030. Fuente: (MITECO , 2022) .....	55
Figura 24. Evolución del precio de la luz (2021-2022) Fuente: (Selectra, 2022).....	56
Figura 25. Precio de la gasolina y diésel HOY en las gasolineras de España. Fuente: (Diesel o Gasolina, 2022).....	57
Figura 26. Emisiones de carbono por tecnología energética a lo largo del ciclo de vida. Fuente: (ETIP Wind, 2022).....	59
Figura 27. Instalaciones operativas globales de fabricación de componentes de energía eólica en 2019. Fuente: (Wind Europe , 2020) .....	61
Figura 28. Instalaciones operativas europeas por país y número de instalaciones por componente. Fuente: (Wind Europe , 2020) .....	61
Figura 29. Participación de las instalaciones de producción por tipo de empresa y participación de las instalaciones propiedad de OEM por región. Fuente: (Wind Europe , 2020).....	62
Figura 30. Evolución del LCOE de la eólica marina hasta 2020 junto con precios de adjudicación de subastas europeas a futuros. Fuente: (MITECO , 2022).....	63
Figura 31. Desglose típico de LCOEs de un proyecto eólico marino representativo en un mercado emergente, incluyendo el impacto de los “parámetros físicos clave”. Fuente: (MITECO, 2021)63	63
Figura 32. Valor actual y previsión a futuro del coste total, LCOE e inversión anual media de los proyectos de eólica marina. Fuente: (IRENA, 2019) .....	64
Figura 33. Comparativa de la reducción del LCOE de la eólica marina flotante, con eólica marina de cimentación fija y eólica terrestre. Fuente: (IEA, 2022).....	65
Figura 34. Reducción del LCOE de la eólica flotante hasta 2030. Fuente: (Wind Europe , 2022) .....	66
Figura 35. Reducción del LCOE de la Eólica Marina flotante en función de la potencia instalada acumulada. Fuente: (Wind Europe, 2019) .....	66
Figura 36. Tabla resumen/comparativa instrumentos europeos. Fuente: (MITECO, 2021).....	73
Figura 37. Demarcaciones marinas españolas y Galicia. Fuente: (MITECO, 2021) .....	76
Figura 38. Zonificación ambiental marina para parques eólicos. “Instituto para la diversificación y ahorro de energía”. Fuente: (MITECO, 2021).....	77
Figura 39. Profundidad marina media en la costa Norte de Galicia. Fuente: (Comision Europea , 2022) .....	79
Figura 40. Potencial Eólico Marino en la Demarcación Noratlántica española. Fuente: (MITECO, 2021) .....	80

Figura 41. Zonas de estudio para el emplazamiento. Fuente: (AEMET. Gobierno de España, 2022)	80
Figura 42. Plano de situación de las seis áreas analizadas para el emplazamiento. Fuente: (Edición propia)	81
Figura 43. Plataforma semi sumergible utilizada. Series WFAE de NAVANTIA (El Ferrol).	83
Figura 44. Sistema de amarre en catenaria.	84
Figura 45. Utilización de cadenas en el amarre en catenaria de las plataformas flotantes.	84
Figura 46. Ancla de empotramiento. Fuente: (Vryhof Stevshark, 2022)	85
Figura 47. Cable trifásico submarino XLPE de ABB. Fuente: (ABB, 2022)	86
Figura 48. Subestación eléctrica offshore.	87
Figura 49. Estimación del ritmo de deterioro de los aerogeneradores en función del tiempo de operación. Fuente: (Staffell & Green, 2014)	89
Figura 50. Área de implantación del nuevo parque eólico en el Mapa de Alta Resolución de la costa gallega suministrado por el IDEA. Fuente: (IDAE, 2022).	90
Figura 51. Parámetros Zona 6 (43,48 ° N, -8,60 W). Fuente: (IDAE, 2022)	91
Figura 52. Curva de potencia del aerogenerador SG 8.0-167 DD. Fuente: (Edición propia)	92
Figura 53. Rosa de los vientos de Zona 6 (43, 48° N, -8,60 W). Fuente: (IDAE, 2022)	92
Figura 54. Distribución de frecuencias de la velocidad del viento en la Zona 6 (43, 48° N, -8,60 W). Fuente: (IDAE, 2022)	93
Figura 55. Estimación del LCOE de la eólica marina hasta 2025. Fuente: (MITECO, 2021)	95
Figura 56. Evolución del precio eléctrico mayorista en España en el año 2022. Fuente: (OMIE, 2022)	100
Figura 57, Estimación del precio eléctrico mayorista en España. Fuente: (Elaboración propia).	101
Figura 58. Retribución a la inversión. (RD 413/2014 y Orden TED/171/2020).	102
Figura 59. Estructura de la producción eléctrica española. Fuente: (Red Eléctrica de España, 2022)	106
Figura 60. Visión comparativa de los LCOE de los diferentes tipos de tecnologías de producción eléctrica. Fuente: (Edición Propia)	108
Figura 61. Comparación de impactos ambientales de diferentes tecnologías de producción eléctrica. Fuente: (Fundación Naturgy, 2020)	109
Figura 62. Comparativa de emisiones CO2 de diferentes tecnologías de producción eléctrica. Fuente: (Fundación Naturgy, 2020)	110

# Índice de Tablas

Tabla 1. Características de los dos aerogeneradores finalistas antes de la selección final. Fuente: (Edición propia). .....	82
Tabla 2. Características geométricas de la plataforma flotante. Fuente: (Edición propia).....	83
Tabla 3. Cálculo de datos generales en Zona 6 (43,48°N, -8,60 W). Fuente: (Edición propia)..	91
Tabla 4. Producción anual por cada aerogenerador montado. Fuente: (Edición propia).....	93
Tabla 5.1 Costes de la Inversión inicial. Fuente: (Edición propia).....	97
Tabla 5.2 Costes de la Inversión inicial (Continuación). Fuente: (Edición propia). .....	98
Tabla 6. Costes de Explotación. Fuente: (Edición propia). .....	100
Tabla 7. Estimación de los Ingresos. Fuente: (Elaboración propia). .....	102
Tabla 8. Costes y LCOE de diferentes tipos de tecnologías de producción eléctrica. Fuentes:	108
Tabla 9. Estimación de los costes de explotación anual. Fuente: (Elaboración propia). .....	141
Tabla 10. Pago de préstamo para la inversión inicial. Fuente: (Elaboración propia).....	142
Tabla 11. Estimación de las amortizaciones e intereses. Fuente: (Elaboración propia). .....	143
Tabla 12. Estimación de los Ingresos. Fuente: (Elaboración propia). .....	144
Tabla 13. Flujo de caja y criterios de inversión. Fuente: (Elaboración propia). .....	145
Tabla 14. Cálculo del valor actual neto. Fuente: (Elaboración propia). .....	146
Tabla 15. Cálculo del tasa interna de rentabilidad. Fuente: (Elaboración propia).....	147
Tabla 16. Cálculo del levelized cost of energy. Fuente: (Elaboración propia). .....	148



# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

## 1.1. Justificación.

Este Trabajo de Fin de Grado presenta el desarrollo de las energías renovables, en concreto la energía eólica marina, como posible productor de electricidad y como alternativa a las energías tradicionales cuya industria se está viendo golpeada a raíz de la crisis causada por el COVID-19 y por su cada vez más creciente escasez al tratarse de una fuente de recursos finita.

Los combustibles fósiles forman parte de los combustibles más demandados y codiciados por la industria, pero, por desgracia, estas fuentes de energía son limitadas y además tanto su extracción, como su consumo, como su tratamiento provocan un gran impacto ambiental y además contribuyen al efecto invernadero.

En los últimos años se está detectando que existe una diferencia creciente entre el ritmo real de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y los compromisos que fueron asumidos por los Estados Parte del “Acuerdo de París” de 2015 sobre cambio climático. Por lo tanto, existe la necesidad acuciante de responder urgentemente a la amenaza del cambio climático y rectificar la situación actual para poder cumplir de manera eficaz con las obligaciones en materia de clima y desarrollo sostenible e inclusivo, todo ello en concordancia con la Comisión Europea en su documento sobre el Pacto Verde Europeo y en la Estrategia Europea de descarbonización planteada para el año 2050.

El tema del Trabajo de Fin de Grado (TFG) tiene importancia debido a la incertidumbre que hay en la actualidad causada por el agotamiento de las fuentes no renovables de la energía proveniente de la tierra y la cual no es reemplazada de forma artificial en un periodo corto de tiempo. El grueso del problema es la escasez del petróleo, el carbón y el gas natural, los cuales se van a ver reemplazados por la energía generada por fuentes renovables como la energía eólica.

La energía es uno de los factores fundamentales en el desarrollo económico y social de cualquier país, de tal forma que el consumo per cápita de la energía eléctrica es uno de los indicadores de desarrollo de una sociedad.

En las últimas décadas las sociedades ya no solamente exigen un suministro fiable y continuo, sino que han entrado en juego otras variables como son el costo de la energía para que pueda ser accesible a todos los miembros de la población y para disponer de una industria competitiva y viable, la lucha contra el cambio climático que nos asegure unos procesos renovables y de economía circular, o la independencia energética que nos independice de los recursos del exterior como pueden ser para España los combustibles fósiles o algún tipo de materiales de los que no disponemos en el interior.

Como respuesta a esta situación, la opción de la producción eléctrica a través de las energías renovables es una posibilidad que se hace imprescindible a medio y largo plazo, ya que cumple con los requisitos comentados y con las políticas fijadas en Europa para llegar al año 2050 con una sociedad ecológica neutra en los procesos de consumo energético.

Dentro de las energías renovables, la energía Eólica Marina es un recurso, que por sus características funcionales responde a las necesidades actuales y en los últimos años se está implantando en diferentes países europeos, como son los casos de Alemania, UK, Holanda, Dinamarca...etc., con resultados muy satisfactorios en todos los factores de producción de esta.

## 1.2. Objetivos.

El objetivo principal de este trabajo de fin de grado es estudiar la viabilidad de la implantación de un parque eólico marino en España además de su potencial energético.

En segundo lugar, una vez desarrollado el tema de forma teórica se realizará un análisis económico con el cual se estudiarán las oportunidades y la generación de valor de esta fuente en España a medio-largo plazo.

Con este trabajo se pretende, además de solventar los problemas mencionados anteriormente, ser un referente para otros países tanto en la creación de oportunidades, de valor y de I+D+i, como en el desarrollo de energías verdes.

Aplicando una metodología centrada en el desarrollo de las oportunidades y la generación de valor, se estudiarán todos los puntos clave dentro de la cadena de suministro para llevar a cabo el plan, de tal forma que se realicen todas las actividades, entregables y fases del proyecto en el periodo establecido, potenciando las fortalezas y las capacidades de España en este sector y a su vez, teniendo en cuenta las debilidades o amenazas que puedan aparecer durante el desarrollo del proyecto y/o su ejecución.

## 1.3. Contenido del documento.

Este documento tiene por objetivo demostrar la viabilidad técnica y energética de la producción de energía eólica marina en España, demostrar su viabilidad económica, su mínima influencia desde el punto de vista ambiental y el gran impacto económico que produce en el PIB del país, y con todo ello demostrar que la energía eólica marina, en estos momentos, es una energía estratégica para los cambios energéticos necesarios, es una tecnología ya madura, es económicamente rentable en la actualidad y con las perspectivas que lo sea más durante las próximas décadas, proporciona grandes beneficios en la economía y en puestos de trabajo del país además de su propio funcionamiento energético, y por último, es vital para conseguir los objetivos ambientales y luchar contra el cambio climático.

Para cumplir con lo anteriormente indicado, el documento está estructurado de la siguiente forma:

Capítulo 1. Introducción: Fija las justificaciones y los objetivos que se persiguen en el desarrollo del documento.

Capítulo 2. Estado del arte: Identifica el contexto actual de la energía eólica en general, y de la eólica marina en particular, tanto en Europa como en España. Remarca los diferentes tipos de parques eólicos existentes hoy en día y muestra las ventajas e inconvenientes de la producción eléctrica a través de la eólica marina en sus diferentes modos, así como se realiza una comparación con la energía eólica terrestre ya desarrollada en nuestro país, mostrando sus ventajas respecto a esta. Finalmente se realiza un análisis DAFO de la energía eólica marina donde se analizan con profundidad las debilidades, oportunidades, las fortalezas y las amenazas de la misma

Capítulo 3. Agendas 2030 y 2050 y transición energética: Remarca la necesidad de una producción eléctrica sostenible social y ambientalmente, y la idoneidad de la energía eólica marina para el cumplimiento de este objetivo. Por otra parte, identifica los objetivos marcados por la CEE y el Gobierno de España en el sentido del cumplimiento de las Agendas 2030 y 2050, objetivos muy ambiciosos que hace que sea imprescindible el incremento del desarrollo de las energías renovables, y entre ellas y de forma muy relevante la eólica marina.

Capítulo 4. Cadena de suministro y cadena de valor: Se identifica los diferentes eslabones de la cadena de valor de suministro para la generación de parques eólicos marinos y las sinergias que produce esta industria en otro tipo de industrias, que, no siendo nucleares en la industria eólica, sí que producen una serie de suministros adicionales que producen un gran desarrollo en el país.

Se realiza un análisis de la capacidad del ecosistema industrial eólico marino en España y de su potencialidad, tanto para la industria interna como para la exportación y apoyo a la industria eólica mundial y principalmente europea.

Capítulo 5. Análisis económico: Se realiza un análisis de la normativa jurídica que regula la energía eólica en España, en sus diferentes niveles de responsabilidad (europeo, Gobierno Nacional e Instituciones Autónomas). Se repasan los hitos más relevantes de los planes de desarrollo español, Plan de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM), Hoja de Ruta Eólica Marina en España y los procesos administrativos fijados para todo el proceso de montaje de un parque eólico marino.

Se remarcan las oportunidades de desarrollo de la energía eólica en España en los momentos actuales, los competidores industriales de la industria española, también se analiza la posible evolución de los costes del MWh, y los posibles mecanismos de financiación disponibles en estos momentos para la construcción de parques eólicos marinos.

Capítulo 6. Análisis de viabilidad energética / económica: Este capítulo desarrolla dos partes diferenciadas, en la primera se analiza la viabilidad tecnológica y de la producción energética del desarrollo de un parque eólico en las costas de Galicia. Se desarrollan y calculan los parámetros del emplazamiento, batimetría, características del recurso eólico de la zona, aerogeneradores utilizados, plataformas flotantes, sistemas de amarre, sistemas eléctricos, y finalmente se realizan los cálculos de la energía potencial que puede producir el parque diseñado y finalmente la duración de la vida útil productiva del mismo.

En segundo término, se realiza un análisis de la viabilidad económica del parque eólico diseñado, donde partiendo de un análisis del mercado offshore, se analizan los costes de la inversión inicial, costes del montaje, costes de la operación y mantenimiento, otros costes y finalmente los costes del desmantelamiento del parque.

Posteriormente se analiza la previsión de ingresos durante la vida útil de la instalación. Finalmente se realiza un análisis de resultados analizando los diferentes parámetros esenciales de idoneidad para el análisis de una inversión, VAN, TIR, LCOE, ratio coste/potencia instalada y periodo de recuperación de la inversión.

Capítulo 7. Conclusiones: Se llega a la conclusión de que la energía eólica marina, en estos momentos, es una energía estratégica para los cambios energéticos necesarios, es una tecnología ya madura, es económicamente rentable en la actualidad y con las perspectivas que lo sea más durante las próximas décadas, proporciona grandes beneficios en la economía y en puestos de trabajo del país además de su propio funcionamiento energético, y por último, es vital para conseguir los objetivos ambientales y luchar contra el cambio climático.

Finalmente se indican las diferentes razones que soportan estas afirmaciones

Anexos: Incluyen la diferente normativa que regula el desarrollo, montaje y explotación de la energía eólica en España, las empresas más relevantes que disponemos en España de las cadenas de suministro y valor relacionadas con la energía eólica marina, y finalmente las hojas de cálculo utilizadas para el análisis económico de la nueva instalación, así como de los índices de idoneidad de la inversión prevista.

Bibliografía: Se indican las fuentes de información consultadas para la elaboración de este documento.

# CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE.

## 2.1. CONTEXTO Y SITUACIÓN PREVIA.

Este proyecto surge, entre otras cosas, de la necesidad de encontrar una energía la cual tenga la capacidad de generar la energía suficiente para soportar la cada vez más incontrolable escasez de petróleo, carbón y gas natural en el mundo.

Estos recursos están dentro de los recursos energéticos denominados combustibles fósiles los cuales provienen de hidrocarburos, que con el paso del tiempo y con unas auto transformaciones a altas temperaturas y presiones, han desarrollado unas propiedades que los hacen esenciales para la creación de energía, y por ello son parte de los combustibles más demandados y codiciados por la industria, pero, por desgracia, estas fuentes de energía son limitadas y además tanto su extracción, como su consumo, como su tratamiento provocan un gran impacto ambiental ya que pueden contaminar tanto el agua como el suelo y además de ser energías no renovables, contribuyen al efecto invernadero.

¿Se puede mantener el ritmo de vida actual sin petróleo?

Uno de los mayores problemas surge relacionado con el tema del transporte, ya que actualmente más del 90% de los transportes se realizan gracias a los derivados de estos hidrocarburos, en concreto, el petróleo (Diesel, Gasolina, Queroseno, etc.) ya que tanto los aviones, como los coches, camiones, autobuses, etc.... requieren de este bien para funcionar. Por un lado, surge la idea de coches y autobuses eléctricos (de biocombustible o de hidrogeno) como alternativa para el transporte de personas o pequeñas mercancías, pero, por otro lado, sigue existiendo el problema del transporte de aviones, camiones y barcos de grandes mercancías lo que resulta mucho más complicado de resolver.

¿Qué fuentes de energía alternativas tenemos?

Aparecen aquí las energías renovables (Eólica, Solar, Hidráulica, etc.) como el grueso de las fuentes alternativas al petróleo, carbón y gas natural.

Se entiende como energía renovable a aquella energía inagotable que se obtiene a partir de fuentes naturales, la cual se denomina inagotable bien porque es capaz de regenerarse por sí sola o por medios naturales o bien por la inmensa cantidad de energía que tienen. Dicha energía se obtiene mediante aerogeneradores que aprovechan la energía cinética para transformarla en energía eléctrica.

Desde el punto de vista de la lucha contra el Cambio Climático, en 2012, la Comisión Europea consideró la Estrategia de Crecimiento Azul, que tenía en cuenta todas las actividades económicas que dependen del mar e indicaba la importancia de los mares y océanos como motores de la economía europea.

El Pacto Verde Europeo desarrolla una visión estratégica europea a largo plazo con el objetivo de alcanzar una economía competitiva y climáticamente neutra en 2050 (sin impacto ambiental), y reconoce que la economía suministrada por los mares y océanos tendrá que desempeñar un papel vital en el suministro energético del futuro.

De acuerdo con esto, el 19 de noviembre de 2020, la Comisión Europea adoptó la “Estrategia UE sobre las Energías Renovables Marinas”, que establece el objetivo de aumentar la capacidad de producción de energía Eólica Marina en la Unión Europea desde su nivel actual de 11 GW a, como mínimo, 65 GW para 2030 y 3200 GW para 2050.

### 2.1.a. Contexto general energético en España.

Durante estos últimos años en los que el entorno energético mundial se ha visto interrumpido por la pandemia del COVID-19, las instituciones europeas han seguido apostando por las distintas propuestas que forman el Pacto Verde Europeo (European Green Deal) el cual plantea una visión alternativa a las actuales para llegar a convertirse en una sociedad basada en una economía próspera, justa y eficiente con el consumo de recursos y cuyo objetivo principal será alcanzar la neutralidad climática en el 2050. Para ello, se plantea un progreso por el cual en el año 2030 las previsiones sean una reducción del 55% respecto a los niveles de 1990.

En el año 2011, como se puede observar en la Figura 1 obtenida del informe (RED ELÉCTRICA ESPAÑOLA, 2020), la generación de energía en el territorio español correspondía en un 69,0% a las energías no renovables, generando alrededor de 105 millones de toneladas de dióxido de carbono.

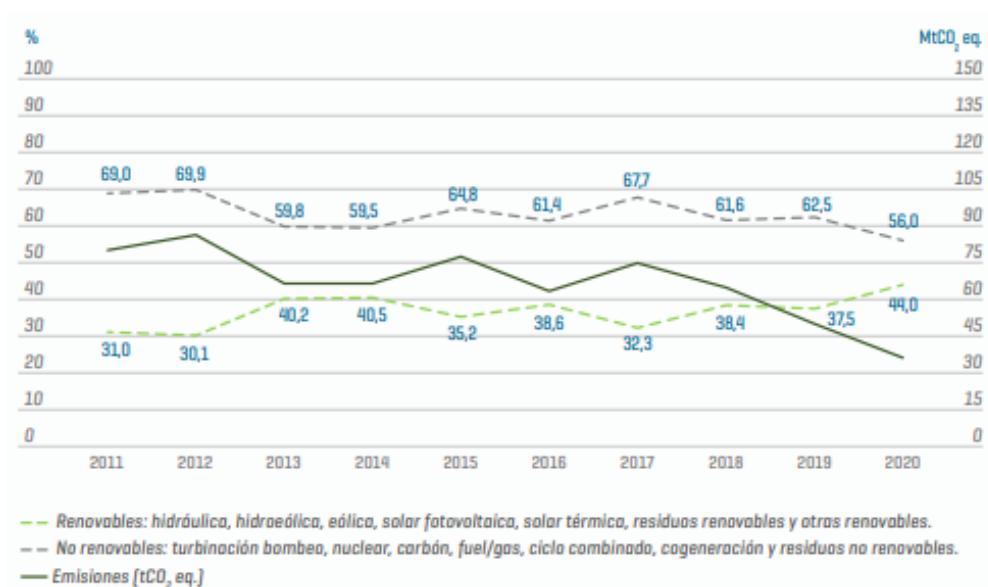


Figura 1. Evolución de la generación renovable/no renovable y emisiones de CO2 asociadas a la generación de energía eléctrica. Fuente: (Red Eléctrica de España, 2021)

A partir de este año, comenzó un periodo de crecimiento y desarrollo de la generación de energía renovable aumentando desde los 45000 MW hasta los 60000 MW de potencia renovable instalada. Este aumento supuso una reducción considerable de las emisiones de CO2 alcanzando casi los 30 millones de toneladas liberadas a la atmósfera.

En la figura 2, se observa que a lo largo de los diez años en los que se realiza el estudio, son la tecnología eólica y solar las grandes impulsoras de este incremento en la potencia renovable suponiendo casi el 70% de crecimiento respecto al año 2011. En este informe se detalla que la eólica es la principal fuente renovable de generación eléctrica en España, con 27057 MW de capacidad instalada a finales de 2020. Gracias a esto, el país ocupaba el segundo lugar en potencia eólica instalada de entre los países de la Unión Europea.

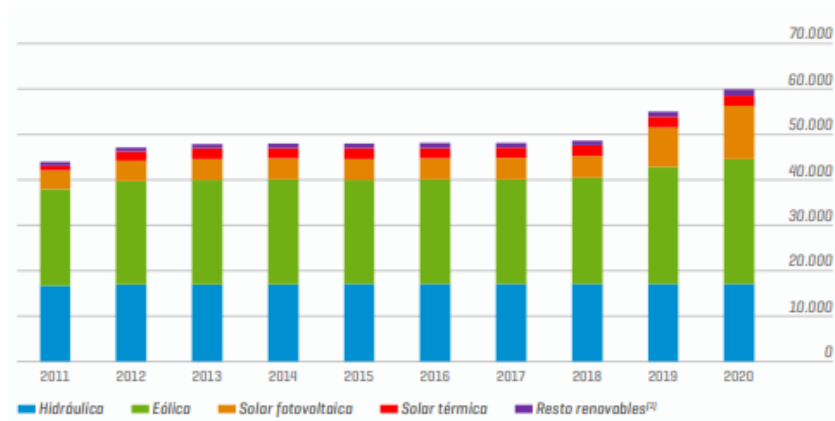


Figura 2. Evolución de la potencia instalada renovable [MW]. Fuente: (Red Eléctrica de España, 2021)

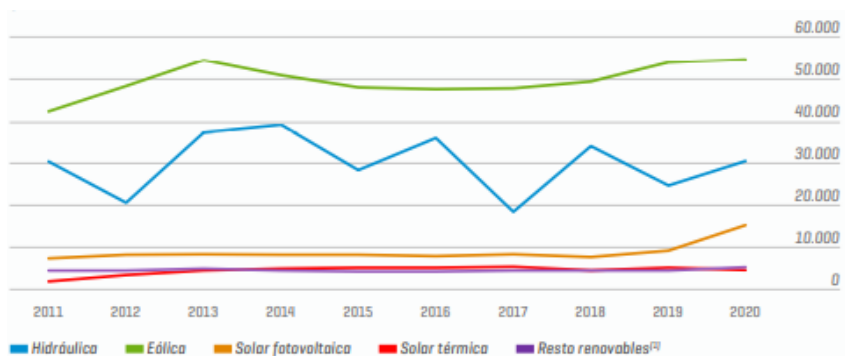


Figura 3. Evolución de la generación renovable [GWh]. Fuente: (Red Eléctrica de España, 2021)

En el último informe de la Red Eléctrica Española (RED ELÉCTRICA ESPAÑOLA, 2022) relativo a la energía renovable en España en el año 2022 se observa que el 54,0% de la potencia eléctrica instalada corresponde ya a las energías renovables. Este dato se puede observar de manera visual en la Figura 4.

Esto supone que, en territorio español, hay alrededor de 69000MW de potencia instalada proveniente de fuentes de energía renovables. La generación eólica se mantiene como la principal fuente renovable en España, con una potencia instalada de 28597MW. Se observa también que la totalidad de la energía eólica que se genera en España proviene de parques eólicos situados en el suelo, siendo Castilla y León la autonomía con mayor potencia eólica instalada. Esto implica que no se ha explotado todavía la energía eólica marina.

España todavía no cuenta con ningún parque eólico off-shore. Por este motivo, debemos estudiar la viabilidad de estos en nuestro litoral ya que se postulan como una alternativa ante una creciente falta de suelo y recurso eólico.



Figura 4. Potencia instalada nacional desolada en % y en [MW]. Fuente: (Red Eléctrica de España, 2022)

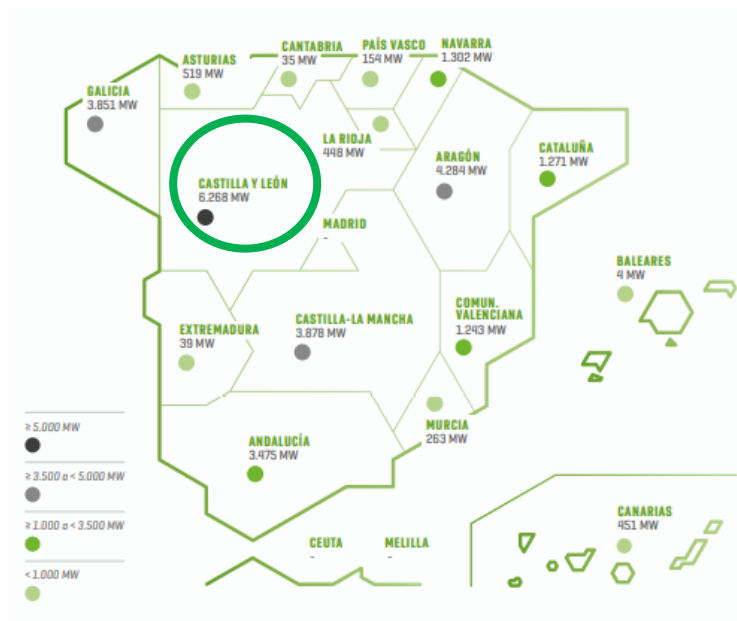


Figura 5. Potencia eólica instalada nacional desglosada por comunidades autónomas en [MW]. Fuente: (Red Eléctrica de España, 2021)

En España, el Marco Estratégico de Energía y Clima contiene varios elementos fundamentales y legislativos que tienen como misión marcar las principales líneas de acción en la dirección hacia la neutralidad climática de nuestro país. Este Marco Legislativo está compuesto de diversos documentos, entre los que se pueden destacar:



- Plan Nacional de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 en el que se prevé una penetración de energías renovables de al menos el 42% sobre el consumo de energía primaria final, llegando incluso al 74% en el caso de la producción eléctrica.
- Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050, que incluye el camino de transformación del sistema energético para los años 2030 a 2050, indicando la evolución del país hacia la neutralidad climática antes del 2050.
- Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética donde se establece el marco jurídico, así como las hitos reguladores y económicos que marquen el camino hacia la neutralidad climática en España.
- Estrategia de Transición Justa que tiene como misión principal la optimización de la Transición Ecológica para la generación de empleo y para dotar que personas y regiones implicadas puedan utilizar y beneficiarse de las oportunidades que salgan como consecuencia del desarrollo de esta estrategia.
- Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024 es un instrumento que suministra una definición oficial sobre la pobreza energética, establece indicadores para su seguimiento y corrección de esta.

### 2.1.b. Situación actual de la Energía Eólica Marina en Europa.

Europa dispone en la actualidad de 205 GW de capacidad de energía eólica; 181 GW son eólica terrestre y 23 GW eólica marina. Esto representa aproximadamente el 30,5% de la energía eólica terrestre mundial y el 74,5 % de la capacidad eólica marina mundial.

En 2021 los parques eólicos de la Unión Europea generaron 440 TWh de electricidad, energía suficiente para alimentar el 16% de la demanda de eléctrica europea.

La instalación de parques eólicos ha crecido una media de 12 GW/año durante la última década. No obstante, este crecimiento en Europa ha sido desigual, por lo que 5 países disponen del 66% de toda la potencia instalada. Alemania tiene el 31% de la potencia instalada, seguida de España con un 14% y Reino Unido con un 11%. Francia con un 8% e Italia con 5% les siguen. Otros seis países tienen más de 5 GW instalados y cinco de más de 3 GW. Ver Figura 6.

Los factores de producción de los parques eólicos de la Unión Europea son del 26 % en tierra y 39% en alta mar. Los modelos de aerogeneradores recién instalados tienen palas cada vez más grandes y generadores con capacidades de potencia mayores, que pueden alcanzar en el futuro factores de producción del superiores al 30% en tierra y hasta el 50 % en el interior marino.

En el primer semestre de 2020, la demanda eléctrica en la mayoría los países europeos sufrieron una disminución de hasta un 21% en el peor momento de la pandemia de COVID-19 (marzo mayo). Esto, unido con condiciones de viento muy favorables, hizo que los operadores del sistema eléctrico europeo experimentan situaciones no esperadas y que no se habían producido en la vida histórica de estas instalaciones, no obstante, las centrales eólicas produjeron 250 TWh cubriendo el 18% de la demanda eléctrica europea.

El sistema eléctrico eólico respondió con una gran resiliencia y confiabilidad para entregar electricidad donde se necesitaba. Esta situación dificultó a las administraciones públicas a autorizar y realizar subastas de energías renovables lo que hizo que muchos gobiernos adaptaran sus planes rápidamente para suministrar certeza y flexibilidad a los inversionistas de las compañías explotadoras de energía eólica.

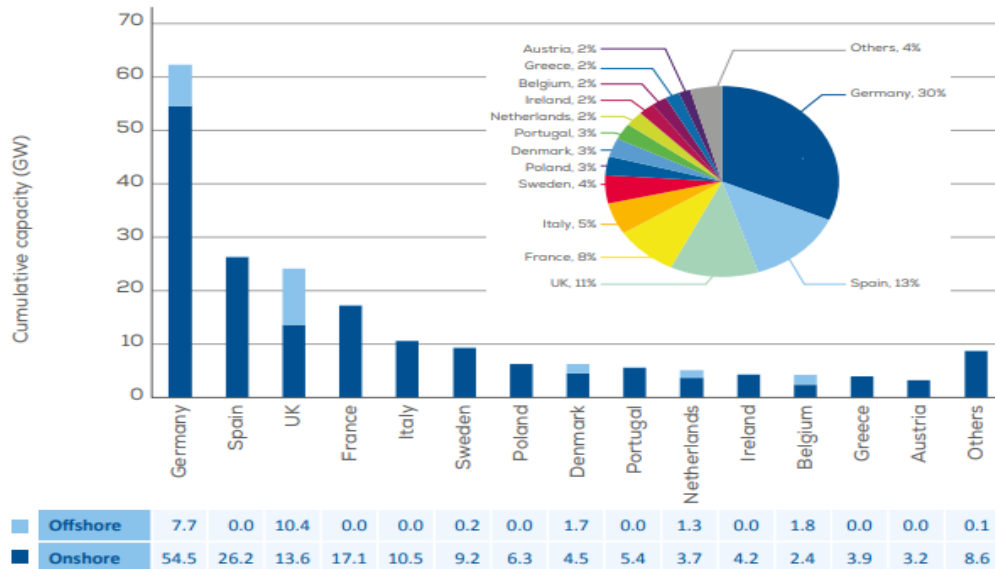


Figura 6. Potencia Eólica instalada en Europa. Fuente: (IEA, 2022)

En la actualidad los planes estimados para 2030, suponen que la energía eólica podría alcanzar los 400 GW en 2030: 290 GW en tierra y 110GW en alta mar. Esto supone un aumento del 65% en capacidad eólica terrestre y un aumento de casi el 500% en costa afuera. La estimación de la producción es de 954 TWh de electricidad, que cubrirán el 30% de la demanda de energía de Europa. Esto contribuiría a que la UE reúna el 33 % de su demanda final de energía en 2030, lo suficiente para cumplir el objetivo actual de energías renovables en toda la unión europea que es del 32 %, pero muy por debajo de lo que se necesitaría para cumplir con el objetivo de reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que es del del 55 %.

### 2.1.c. Situación actual de la Energía Eólica Marina en España.

Europa dispone en la actualidad de 28,3 GW de capacidad de energía eólica; todos ellos de eólica terrestre, no disponemos actualmente de energía eólica marina. Esto representa aproximadamente el 14% de la energía eólica total producida en Europa. España es la quinta potencia mundial en potencia eólica instalada detrás de China, EE. UU, Alemania e India.

En 2021 los parques eólicos españoles generaron 53645 GWh de electricidad, energía eléctrica que representa el 22% de la producción nacional.

Disponemos de 1265 parques eólicos terrestres, con una instalación de 21419 aerogeneradores, que producen un ahorro de emisiones de 29.000 toneladas de CO2.

España dispone de 237 centros de ingeniería, fabricación, operación, montaje y mantenimiento, distribuidos por 16 Comunidades Autónomas, y pertenecientes a diferentes empresas, muchas de ellas líderes en su especialidad a nivel mundial (ver Anexo 2), estos centros suministran del orden de los 27.000 puestos de trabajo a finales de 2021.

Desde el punto de vista económico, la industria eólica representó en 2021 un aporte al Producto Interior Bruto (PIB), del país de 4.073 millones de euros, y unas exportaciones de 2.062 millones de euros.

Desde el punto de vista de la Energía Eólica Marina, disponemos de un gran potencial industrial en este campo, así como un gran nivel técnico para lanzar este tipo de parques, teniendo como objetivo en estos momentos disponer el 2030 de 3 GW de potencia instalada y operando.

En la Figura 7, se muestra la evolución de la potencia de la Energía Eólica en España en los últimos años antes de la pandemia del COVID19. Toda la potencia instalada responde a eólica terrestre.



Figura 7. Evolución de la Potencia Eólica instalada en España. Fuente: (AEE, 2022)

## 2.2. EÓLICA MARINA:

Uno de los propósitos más actuales para toda la humanidad es conseguir un planeta verde y sostenible. Para ello y como ya se ha expuesto anteriormente una de las posibles alternativas son el desarrollo, la investigación y la innovación de las energías renovables, las cuales jugarán un papel decisivo para lograrlo. En este proyecto en concreto, nos centraremos en la energía eólica marina, una de las energías con mayor proyección hasta el momento.

La energía eólica marina es una fuente de energía renovable y limpia que se obtiene al explotar la fuerza del viento que se genera en alta mar, dado que es ahí, donde debido a la libertad total de barreras, la fuerza alcanza su punto óptimo de mayor velocidad y constancia. En segundo lugar, jugará también un papel crucial en la neutralidad climática, ya que al tratarse de una energía limpia fomentará el proceso de reducción de emisiones de carbono, en concreto, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), a la atmosfera.

El funcionamiento de la energía eólica marina se consigue a través de la implantación de parques eólicos en el mar, que, mediante la instalación de aerogeneradores, turbinas y la fuerza del viento son capaces de generar una energía totalmente sostenible, inagotable y libre de CO<sub>2</sub>. De una forma más detallada, las etapas que acontecen desde que el viento hace girar las palas hasta que la electricidad es transportada a través de la red hasta los hogares son las siguientes (Ver Figura 8):

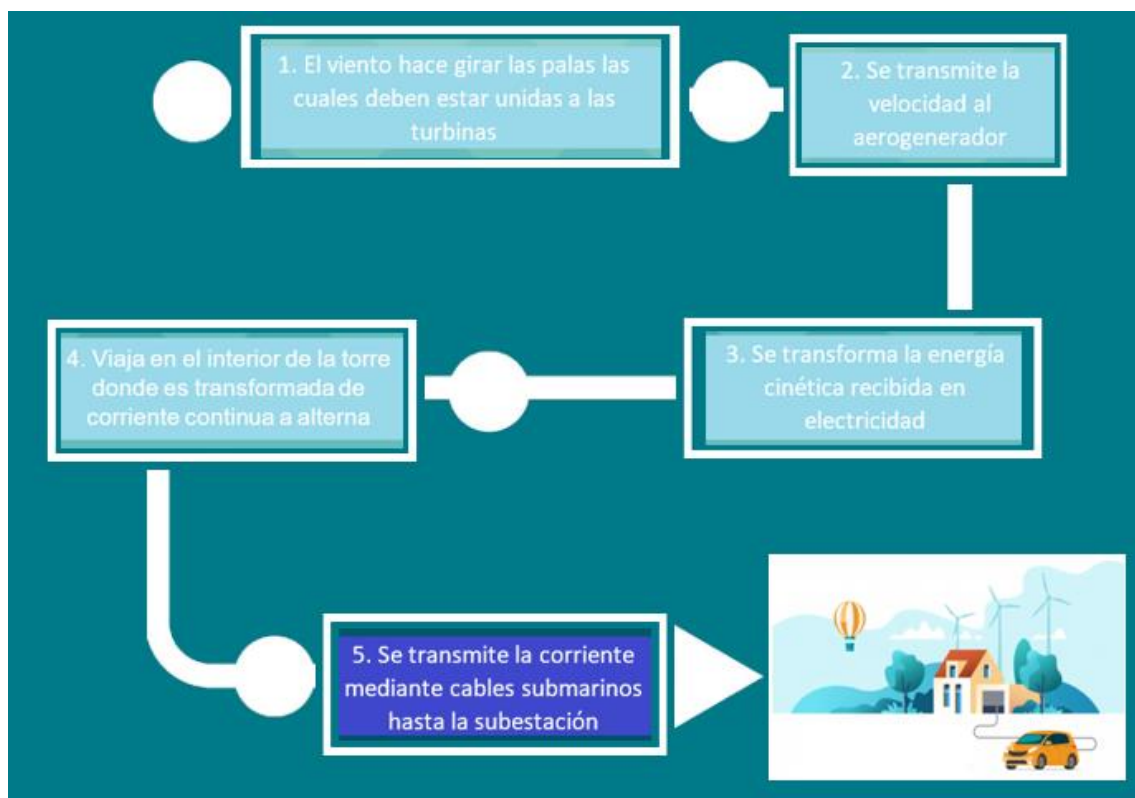


Figura 8: Etapas desde que el viento hace girar las palas hasta que la electricidad es transportada a través de la red hasta los hogares. Fuente: (Edición Propia)

La energía eólica representa la principal fuente de generación de energía renovable en España, representando alrededor del 25% de la potencia nacional instalada, y el 22% de la energía eléctrica producida, lo cual la coloca como la tecnología más participativa en el pool eléctrico nacional. Actualmente se cuenta con la energía eólica terrestre y la energía eólica marina (en menor escala, pero en un desarrollo exponencial), las que, a pesar de tener un mismo motor, el viento, tienen grandes diferencias estructurales y de rendimiento en la producción.

Dentro de la eólica marina también podemos diferenciar dos tipos según el tipo de instalación: aerogeneradores marinos con cimentación fija y aerogeneradores marinos sobre plataforma flotante.

Los aerogeneradores marinos con cimentación fija se caracterizan por ser estructuras montadas sobre el suelo marino y se pueden clasificar en función a la profundidad que se vayan a instalar:

- “Monopilote”, solución aplicada para bajas profundidades, ubicadas por debajo de los 15 metros de profundidad. Son estructuras sencillas compuestas por un cilindro de acero enterrado en el lecho marino que sujeta la torre del aerogenerador.
- “De apoyo por gravedad”, utilizado en profundidades comprendidas entre 15 y hasta 60 metros en las soluciones en desarrollo tecnológico, que consiste en una plataforma de hormigón o de acero que requiere preparación previa del lecho marino.
- “Jackets” o “trípode”, a partir de los 30 metros de profundidad se requieren estructuras de soporte y sujeción más complejas, en las que las cimentaciones incorporan 3 o 4 puntos de anclaje al fondo marino.

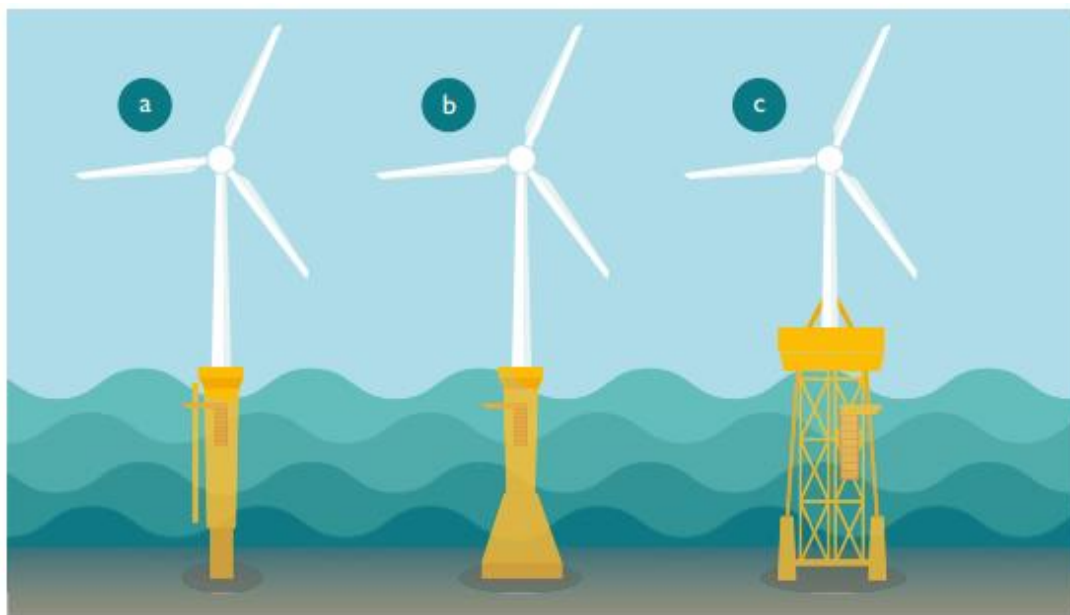


Figura 9. Diferentes tecnologías de cimentación fija (a). Monopilote, (b). Apoyo por gravedad. (c) Jackets. Fuente: (MITECO , 2022)

Por otra parte, la energía eólica marina flotante consiste en estructuras flotantes sobre las que se sustentarán los aerogeneradores. Al igual que en la cimentación fija se puede hacer una clasificación de plataformas flotantes la cual dependerá de las condiciones del mar y del fondo marino, la profundidad, el tamaño de los aerogeneradores, el viento de la zona, la disponibilidad y el precio de los materiales entre otros factores. La clasificación será la siguiente:

- Barge (Barcaza en español). El concepto es parecido al de un barco en lo que se refiere a dimensiones. Es decir, el tamaño de manga y eslora (largo y ancho) es sensiblemente mayor al del calado (altura). La plataforma flotante presenta mucha superficie de contacto con el agua, que es precisamente lo que le da estabilidad. Están hechos para moverse y evitar sobreesfuerzos y tensiones en la estructura. Para minimizar esos movimientos, la plataforma suele dotarse de placas de arfado (heave plates), que son unas superficies que se sitúan debajo de la línea de flotación.
- Semi-submersible (Semi-sumergible en español). Este diseño busca minimizar la superficie expuesta al agua, pero siempre maximizando el volumen, que es el que realmente desplaza la masa de agua y aporta flotabilidad. Se dividen los volúmenes que otorgan flotabilidad en varios cilindros (o paralelepípedos) verticales que se unen mediante vigas y tirantes para crear una superficie donde instalar la turbina. Su estabilidad viene dada por su tamaño y la distancia entre ellos.
- Spar. En este modelo se coloca la mayor parte del peso en el punto más bajo posible para dar estabilidad. La flotabilidad se la da la geometría del cilindro, mientras que la estabilidad se la da el peso en el punto más bajo. Como las turbinas son cada vez más grandes, obliga a cilindros muy largos para compensar los pesos, lo que hace esta solución muy difícil de fabricar, transportar e instalar.
- Tensioned Legs Platform (TLP). El concepto más novedoso y, actualmente, de mayor riesgo técnico: la plataforma realmente no flota como tal una vez que la turbina se ha instalado sobre ella. El objetivo es reducir al máximo las dimensiones para bajar el coste de fabricación. Antes de instalarlo, para evitar que el conjunto se dé la vuelta al subir el centro de gravedad del conjunto, sobre la plataforma TLP se acoplan flotadores temporales y reutilizables, lo que a su vez permite su remolque hasta el sitio de fondeo en alta mar. Una vez llega allí, se conectan cables de acero tensionados o tendones y se desconectan los flotadores temporales para ser reutilizados en la siguiente plataforma TLP a instalar.

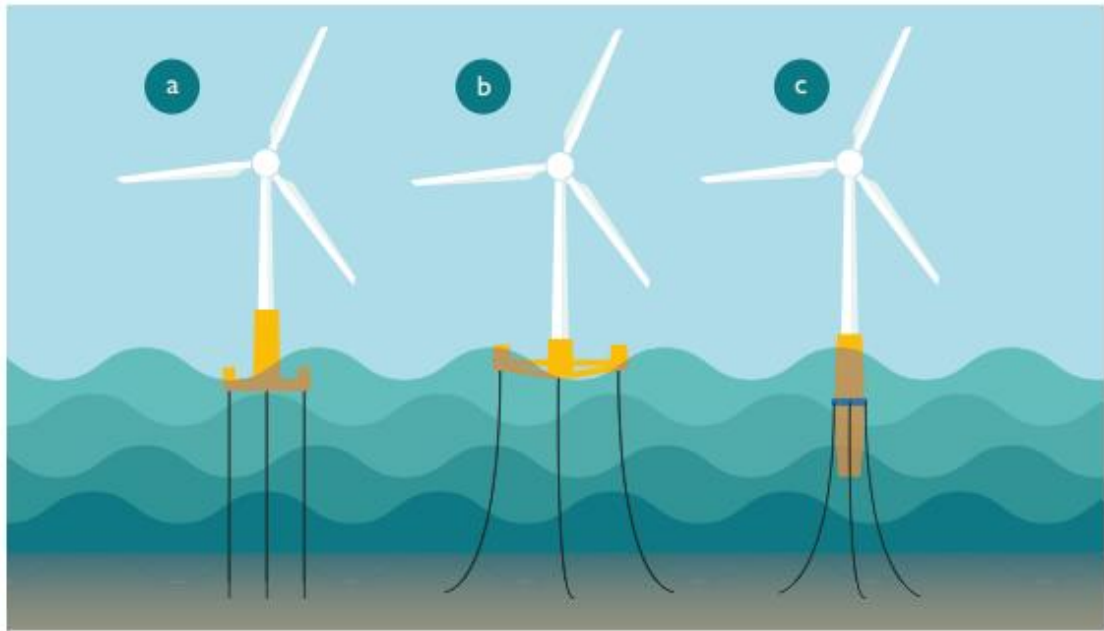


Figura 10. Tecnologías de eólica flotante: (a) plataforma de apoyo en tensión (TLP), (b) plataforma semisumergible y (c) monopilar flotante o "spar". Fuente: (MITECO , 2022)

### 2.2.a. Eólica Marina vs Terrestre.

Actualmente se cuenta con la energía eólica terrestre y la energía eólica marina (en menor escala, pero en un desarrollo exponencial), que utilizan un mismo motor, el viento, pero tienen diferencias importantes pudiéndose adaptar cada una de ellas a las situaciones particulares del terreno y de las características de los diferentes países.

Las diferencias que se deben tener en consideración son:

#### Ubicación

Los parques eólicos terrestres se ubican en áreas rurales normalmente despobladas. Deben tener en cuenta características y factores meteorológicos, variaciones de velocidad y dirección del viento, condiciones del suelo de emplazamiento, accesibilidad de los terrenos para su operación y mantenimiento y cumplir con la legislación vigente.

Por el contrario, el parque eólico marino no tiene limitaciones de espacio dentro del mar y el espacio marino, el impacto visual y acústico de los aerogeneradores es muchísimo menor, se pueden ubicar en las costas o mar adentro, pudiendo estar los aerogeneradores anclados al fondo marino de forma fija o sobre plataformas flotantes ancladas a los fondos. Igualmente deben cumplir la legislación vigente y los Planes de Ordenación del Espacio Marítimo.

#### Potencia

El parque eólico marino puede ofrecer más potencia en los aerogeneradores montados que el terrestre.

El promedio de los aerogeneradores terrestres, montados en la actualidad, es de 5MW, siendo el promedio de las turbinas marinas instaladas es 7 MW, potencias que pueden llegar a 12 y hasta 15 MW, en los desarrollos que se están realizando por los fabricantes en la actualidad.

Por otra parte, existe una diferencia importante en los factores de producción, así en los parques eólicos terrestres es del orden del 26% (2.280 horas anuales), siendo en los parques marinos del orden del 38% (3330 horas anuales).

La motivación de estas diferencias es:

- Una mayor regularidad y fuerza de los vientos marítimos debido a la falta de obstáculos y barreras geográficas. El viento es más laminar y libre de turbulencias.
- Menor altura requerida de las torres de los aerogeneradores en los parques marinos.
- Menores limitaciones para el transporte de los componentes para realizar el montaje de los parques marinos.

### Costos

La instalación de un parque eólico marino es más costosa que montar uno terrestre. Los gastos más costosos son la logística, la construcción y montaje inicial. Los materiales y equipamientos, los costes de conexión a la red eléctrica terrestre, y el mantenimiento de las instalaciones.

Estos encarecimientos son debidos a las dificultades de acceso a los aerogeneradores y equipos necesarios para realizar los trabajos en el mar.

La diferencia de los valores de coste, en los momentos actuales, hace que prácticamente se dupliquen las instalaciones marinas a las de las instalaciones terrestres a igualdad de potencia instalada.

Otro tema para considerar es que cada vez los parques marinos deben instalarse más lejos de las orillas marinas por agotamiento de los recursos costeros, o por limitaciones operativas de algunas zonas de las costas.

También puede encarecer el coste de montaje el no disponer de plataformas continentales con fondos marinos limitados en cuyo caso se tendría que ir a montajes totalmente flotantes.

### Madurez de la tecnología

En la actualidad, la generación de energía eólica terrestre dispone de una mayor madurez que la marítima. Los avances en los últimos años han sido muy grandes en investigación tecnológica y se ha ganado experiencia con el montaje de los últimos parques eólicos, pero todavía no se conoce con gran precisión algunas cuestiones, como, por ejemplo, el impacto ambiental a largo plazo, o la vida útil final efectiva de las instalaciones.

Los fabricantes de aerogeneradores se inclinan en la actualidad más por la producción de equipos terrestres (mayor demanda de mercado y producción más asentada), por otra parte, en estos momentos, existe una menor disponibilidad de equipamientos y de personal capacitado para la eólica marina.



## Innovación

La tecnología de generación de energía eólica terrestre ha llegado a un punto de madurez en el que ya no es fácil muchas innovaciones más allá de la optimización del diseño, de los rendimientos y de los costes de producción. Por el contrario, los parques eólicos marinos dan lugar a estrategias y tecnologías innovadoras aun no descubiertas y experimentadas, por ejemplo, se podrían combinar paneles solares (solar fotovoltaica), y aerogeneradores de viento que permitirían proveer energías renovables a costos muy competitivos y con factores de rendimiento muy altos.

Por otra parte, la implantación de parques marinos supondría una sinergia muy importante sobre una serie de sectores industriales (puertos marinos, construcción naval, ingenierías especializadas, suministro de equipos, formación de personal...etc.), que repercutirían de una forma muy relevante en el desarrollo de las economías de los países.

Por lo tanto, se puede concluir con que un parque eólico marino es un área de la energía eólica que tiene un enorme potencial y está atrayendo, en estos momentos, un gran número de inversores públicos y privados debido a su atracción en el futuro por los rendimientos económicos y por los condicionantes inevitables de la lucha contra el cambio climático.

Su capacidad de generación, y su fiabilidad operativa, en comparación con las terrestres, permite asegurar que puede satisfacer las necesidades de la demanda de energía eléctrica presentes y futuras, a partir de un recurso (el viento), limpio y renovable, libre de emisiones de CO<sub>2</sub> y con mínimo impacto ambiental.

<b>COMPARATIVA EOLICA TERRESTRE / MARINA</b>			
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>EOLICA TERRESTRE</b>	<b>EOLICA MARINA</b>	
		<b>CIMENTACION FIJA</b>	<b>FLOTANTE</b>
Ubicación.	Terrestre.	Cerca de la costa. Plataforma continental.	Alejado de la costa. Profundidad superior a 60m.
Calidad del viento.	Baja	Media	Alta
Potencia aerogenerador.	Baja (5MW)	Media (7MW)	Alta (10MW)
Factor de producción.	Bajo (26%)	Medio (32%)	Alto (40%)
Inversión inicial.	Baja (x1)	Bajo/Alto (x3)	Alto (x5)
Costos de mantenimiento.	Bajos	Bajos/Altos	Altos
Impacto visual y sonoro.	Alto	Bajo/Medio	Bajo
Madurez tecnológica.	Alta	Baja/Media	Baja
Innovación.	Baja	Media/Alta	Alta

Figura 11. Tabla comparativa entre las diferencias de la eólica marina y la eólica terrestre. Fuente: (Edición propia)

### 2.2.b. Ventajas Eólica Marina.

1. Al igual que la energía eólica terrestre, se trata de una energía limpia e inagotable lo que se puede ver reflejado en la independencia de los combustibles fósiles.
2. La energía eólica es capaz de generar electricidad sin necesidad de que exista algún proceso de combustión el cual produzca contaminación y pueda afectar al medioambiente.
3. La electricidad generada en los parques eólicos marinos no necesita el uso de combustibles para su transporte, ya que termina casi de forma directa en los hogares sin prácticamente salir de misma red de distribución.
4. El flujo de viento, como ya se ha comentado anteriormente, es muy constante ya que no cuenta con barreras como pueden ser islas, por ejemplo, ni con superficies rugosas que puedan influir en su trayectoria e incluso disminuir su velocidad.
5. Los parques eólicos marinos son fácilmente instalables en países con alta densidad de población ya que su impacto tanto visual como acústico es mínimo y no afecta a la vida humana.

### 2.2.c. Barreras Eólica Marina.

1. Una de las grandes barreras de la energía eólica marina son los elevados costes de su instalación, que en ocasiones puede duplicar el coste de una instalación eólica terrestre por lo que hay que tener en cuenta factores económicos que pueden ser determinísticos a la hora de invertir en proyectos de este tipo.
2. Tanto el mantenimiento de las instalaciones como las operaciones que hay que llevar a cabo tienden también a ser elevadamente costosas ya que al tratarse de un trabajo en un entorno marino se requiere de instrumentos y material especializado. Por esta razón, la energía eólica terrestre es la más desarrollada y la más utilizada.
3. Al ser una tecnología tan novedosa, aunque los beneficios de esta semana mayores que las pérdidas, la inversión económica es muy grande, por lo que no está tan desarrollada y asentada como la eólica terrestre, lo que influye en la confiabilidad y en la disponibilidad.
4. El factor de producción es del orden del 40%, muy inferior al de las centrales eléctricas convencionales.
5. La producción eléctrica no responde a la demanda de consumo eléctrico, sino que depende de la situación meteorológica del momento.

### 2.2.d Análisis DAFO del Sector Eólico Marino Flotante en España.

El análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) es una buena herramienta para comenzar cuando se plantea un proyecto de cualquier tipo (Empresarial, Social, de Investigación, etc.) ya que sirve de ayuda para establecer estrategias para que este sea viable.

El análisis DAFO se subdivide en dos partes:

1. Análisis interno:
  - Fortalezas y Debilidades

## 2. Análisis externo:

- Amenazas y Oportunidades

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aunque varios desarrolladores han expresado su interés en implantar esta tecnología en la Península Ibérica, aún no se ha materializado en una cartera de proyectos concretos.</li> <li>2. En la actualidad los Planes Nacionales de Energía y Clima en España y Portugal incluyen objetivos muy bajos o no específicos para la energía offshore hasta 2030.</li> <li>3. Las inversiones en el desarrollo de nuevos proyectos -y aún más en la cadena de suministro- requieren una perspectiva política a largo plazo.</li> <li>4. La normativa existente requiere una actualización en ambos países en lo que respecta a planificación del espacio marítimo, la agilización de los procedimientos administrativos y el establecimiento de un marco retributivo adecuado.</li> <li>5. La inversión pública es necesaria para promover el desarrollo de una demanda interna de proyectos (por ejemplo, mecanismos de apoyo).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se esperan importantes reducciones de costes en los próximos años que harán que se reduzca el LCOE en un 66% de media.</li> <li>2. La Comisión Europea estima 450 GW de eólica marina para 2050, de los cuales entre 100-150 GW se prevé que sean flotantes.</li> <li>3. WindEurope estima que Iberia podría instalar hasta 22 GW de eólica marina para 2050 y se espera que sea mayoritariamente flotante dada la profundidad de las aguas.</li> <li>4. Una demanda interna de proyectos activará y fortalecerá el tejido industrial y la cadena de valor, permitiendo salir al mercado exterior.</li> <li>5. La eólica flotante podría tener un impacto significativo para la economía de la región ibérica. La contribución anual al PIB podría alcanzar un valor entre 4.681 y 7.752 millones de euros. La creación de empleo estimada se encontraría entre 43.669 y 77.825 puestos de trabajo.</li> </ol>
--	--



<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La Península Ibérica cuenta con un importante recurso eólico marino y, dadas su condiciones de profundidad del agua, se espera que la energía eólica flotante sea la tecnología adecuada para ello.</li> <li>2. La región ibérica cuenta con sólidas capacidades en casi toda la cadena de valor de la eólica flotante, lo que da lugar a un posicionamiento relativamente ventajoso frente a otras regiones competidoras.</li> <li>3. Además, la región ibérica es muy fuerte en algunas capacidades transversales que tienen una baja replicidad (posicionamiento geográfico, cadena de suministro, infraestructura portuaria, competitividad de los costes de fabricación, etc.).</li> <li>4. La Ventaja de ser el "primero en llegar": Hay varias tecnologías de eólica flotante que se están desarrollando en la región, con un proyecto pre-comercial en funcionamiento en Portugal. Los astilleros españoles han construido las estructuras flotantes para algunos de los proyectos de eólica flotante más relevantes de fondeo marino.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Competencia con otras fuentes de energías renovables.</li> <li>2. Los niveles actuales de LCOE para eólica flotante aún no son competitivos frente a otras tecnologías de generación.</li> <li>3. Competencia con otros centros tecnológicos e industriales potenciales.</li> <li>4. Hay otros países/regiones que están bien posicionados para el desarrollo de la eólica flotante y que podrían amenazar el posicionamiento de la Península Ibérica.</li> </ol>
---	---

Figura 12. Análisis DAFO del Sector Eólico Marino Flotante en España. Fuente: (EIT-Innoenergy, 2022)

### **DEBILIDADES**

1. En la actualidad el Plan Nacional de Energía y Clima en España, incluyen objetivos muy limitados o poco específicos para la energía offshore hasta 2030.
- 2- En la Península Ibérica, aún no se ha concretado en una cartera de proyectos eólicos marinos.
3. Se requiere una actualización en lo que respecta a planificación del espacio marítimo.
4. Las inversiones en el desarrollo de nuevos proyectos -y aún más en la cadena de suministro- requieren una perspectiva política a largo plazo.
5. Se requiere el establecimiento de un marco retributivo adecuado.
6. Se requiere la agilización de los procedimientos administrativos.
7. Se necesita la inversión pública para promover el desarrollo de una demanda interna de proyectos.

### **OPORTUNIDADES**

1. Una demanda interna de proyectos activará y fortalecerá el tejido industrial español y la cadena de valor.
2. La Comisión Europea estima la necesidad de disponer de 450 GW de eólica marina para 2050.
3. Wind Europe estima que España podría instalar hasta 22 GW de eólica marina para 2050.
4. Necesidad de suministro y estabilización de la producción de energía eléctrica ante la crisis de suministros y precios de los combustibles fósiles.
5. La economía de escala permitiría salir al mercado exterior.
6. Se esperan importantes reducciones de costes en los próximos años que harán que se reduzca el LCOE.
7. La eólica flotante podría tener un impacto significativo para la economía española.
8. Se crearían del orden de los 65000 puestos de trabajo en España para el 2050.
9. La contribución anual al PIB podría alcanzar un valor entre 5.000 y 7.800 millones de euros anuales.

### **FORTALEZAS**

1. Aprovechar la ventaja de ser el “primero en llegar”.
2. España cuenta con un importante recurso eólico marino en sus costas.
3. España cuenta con sólidas capacidades en casi toda la cadena de valor de la eólica flotante.
4. España es muy fuerte en capacidades transversales que tienen una baja repetibilidad: (posicionamiento geográfico, cadena de suministro, infraestructura portuaria, competitividad de los costes de fabricación, etc.).
5. Experiencia en construido de estructuras flotantes en proyectos de eólica flotante muy relevantes y en amarres de fondeo marino.
6. Energía limpia que responde a las agendas 2030 y 2050 en la lucha por evitar el cambio climático.
7. Responde a la necesidad de autonomía energética de España respecto al exterior.

### **AMENAZAS**

1. Los niveles actuales de LCOE para eólica flotante aún no son competitivos frente a otras tecnologías de generación.
2. Competencia con otras fuentes de energías renovables.
3. Competencia con otros centros tecnológicos e industriales potenciales.
4. Hay otros países/regiones que están bien posicionados para el desarrollo de la eólica flotante en España.
5. Respuesta social ante el impacto sobre los espacios marítimos.

# CAPÍTULO 3. AGENDAS 2030 Y 2050 Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA.

En los últimos años se está detectando que existe una diferencia creciente entre el ritmo real de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, Metano, gases fluorocarbonados, gases sulfurosos...etc.) y los compromisos que fueron asumidos por los Estados Parte del “Acuerdo de París” de 2015 sobre cambio climático. Por lo tanto, existe la necesidad acuciante de responder urgentemente a la amenaza del cambio climático y rectificar la situación actual para poder cumplir de manera eficaz con las obligaciones en materia de clima y desarrollo sostenible e inclusivo, todo ello en concordancia con la Comisión Europea en su documento sobre el Pacto Verde Europeo y en la Estrategia Europea de descarbonización planteada para el año 2050.

Los objetivos que se indican en el informe especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático expresan que el calentamiento global no debería superar 2 °C (y si fuera posible 1,5 °C), sobre los niveles preindustriales, en el año 2050, y en todo caso, se deberá alcanzar la neutralidad climática para estas fechas de mediado del siglo XXI.

De forma complementaria, deberemos tener en cuenta que estudios más sectoriales indican que el calentamiento en la península Ibérica es aproximadamente 0,5 °C. superior a la media europea, por lo que deberemos realizar un esfuerzo añadido para el cumplimiento de estos compromisos.

Este objetivo global del Acuerdo de París se considera que es posible alcanzarlo, pero será necesario que se tomen medidas políticas y económicas enormemente ambiciosas y precisas y que se planifiquen inversiones correctamente orientadas y sistemáticas en los próximos veinte años, periodo que va a ser vital para alcanzar metas tan exigentes.

A su vez el cumplimiento de estos objetivos dependerá de las acciones de lucha contra el cambio climático que se implanten, de una forma perfectamente coordinada entre los Gobiernos, el sector privado, así como por el resto de la sociedad.

La Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética, establece para España los objetivos mínimos nacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, energías renovables y eficiencia energética de la economía española para los años 2030 y 2050. Ver Figura 13.

<b>Objetivos 2020</b>	20% reducción de emisiones de GEI frente a niveles de 1990	20% de energías renovables en la UE	20% de mejora de la eficiencia energética	
<b>Objetivos 2030</b>	40% reducción de emisiones de GEI frente a niveles de 1990	32% de energías renovables en la UE	32,5% de mejora de la eficiencia energética	15% para interconexiones eléctricas
<b>Objetivos 2050</b>	85-90% reducción de emisiones de GEI frente a niveles de 1990			

Figura 13. Objetivos españoles 2030 / 2050 establecidos para la Transición Energética. Fuente: (AEE, 2022)

### 3.1. NECESIDAD DE UNA SOSTENIBILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL:

España dispone de más de 3000 Km de costa dividida en tres zonas, Mediterránea, Atlántico Norte y Atlántico Sur, por lo que existe una gran dependencia económica, industrial y social de los recursos de todo tipo obtenidos del ambiente marino y oceanográfico.

Debido a todo ello se debe considerar la gran necesidad del mantenimiento de la sostenibilidad ambiental y social de nuestros mares, teniendo en cuenta:

- Que algo más del 12% de la superficie marina es protegida, y que se espera que para el 2030, lleguemos al 30%, todo ello debido a diferentes Convenios de Diversidad Biológica del mundo marino.
- La población que vive en las costas es aproximadamente una tercera parte de nuestro país, en contradicción con que el terreno que representan es del orden del 7%.
- La zona costera son objeto de riesgos derivados del cambio climático y de las presiones derivadas de las distintas actividades y usos del entorno marítimo-terrestre:
  - ✓ Aumento de la temperatura del agua.
  - ✓ Incremento de su nivel de acidez.
  - ✓ Disminución del nivel de oxígeno.
  - ✓ Incremento de la violencia de los temporales en el mar.
  - ✓ Aumento en la frecuencia e intensidad de temporales costeros.
  - ✓ Inundación permanente por la subida del nivel del mar.
  - ✓ El incremento de la erosión de las costas.
  - ✓ Pérdida de ecosistemas clave como consecuencia del calentamiento del agua del mar.
- Dependen de los mares para la alimentación, los productos farmacéuticos, los minerales, la navegación, el transporte y el ocio.

- Suministro de necesidades energéticas.

Por tanto, se hace necesario asegurar la compatibilidad de la utilización y actividades en el espacio marino entre sí, con la conservación del medio marino, de acuerdo con los Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM), además de tener en cuenta la creciente afectación sobre estos ambientes y las actividades que se desarrollan que suponen el cambio climático y otros procesos de cambio local.

Por lo tanto, nos vemos avocados a limitar en la mayor medida que podamos, el cambio climático, y con ello minimizar los efectos que pueden impactar de forma negativa sobre nuestras costas, y además de una forma sostenible.

### 3.1.a. Impacto ambiental de la energía eólica marina.

El primer parque eólico marino del mundo se instaló frente a la costa sur de Dinamarca, en Vindeby, en 1991. Entonces, pocos creían que esto podría ser más que una propuesta inalcanzable. Después de 30 años, la eólica marina es una tecnología asentada a gran escala que proporciona energía a millones de personas en todo el mundo.

Las instalaciones nuevas tienen factores de capacidad altos y los costos han disminuido durante los últimos 10 años constantemente. La energía eólica marina produce electricidad libre de residuos que compite con la tecnología basada en combustibles fósiles.

Es una historia de liderazgo industrial y tecnológico europeo indiscutible: las industrias europeas están desarrollando una gama de otras tecnologías para aprovechar el poder de nuestros mares para producir electricidad limpia.

La ventaja de Europa como pionera en energías renovables en alta mar puede basarse en el enorme potencial que ofrecen los mares de la Unión Europea, desde el Mar del Norte y el Mar Báltico hasta el Mediterráneo, desde el Atlántico hasta el Mar Negro, así como los mares que rodean la UE. las regiones ultraperiféricas y los países y territorios de ultramar.

Aprovechar este potencial tecnológico es crucial si Europa quiere alcanzar sus objetivos propuestos para 2030/2050: reducir las de emisiones de carbono y convertirse en climáticamente neutral. La Comunicación del European Green Deal (Pacto Verde Europeo) reconoció plenamente este potencial para contribuir a una economía competitiva y eficiente en el uso de los recursos. El plan de objetivos climáticos para 2030 expone cómo y por qué deberían reducirse las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 55 % para 2030 en comparación con 1990. Esto requerirá un aumento de la industria eólica marina, que se estima que requiere menos del 3 % del espacio marítimo europeo y, por lo tanto, puede ser compatible con los objetivos de la Estrategia de Biodiversidad de la UE.

Europa tiene una gran oportunidad para aumentar el uso directo de la electricidad para un espectro más amplio de usos finales y aumentar la generación de energía. Partiendo de la capacidad eólica marina instalada actual de 12 GW, la Comisión estima que el objetivo de tener una capacidad instalada de al menos 60 GW de energía eólica marina para 2030, con miras a alcanzar para 2050, 300 GW de capacidad instalada, es realista y alcanzable. Alcanzar estos objetivos generaría importantes ganancias en términos de descarbonización de la generación de electricidad, permitiría la descarbonización de sectores difíciles de reducir con hidrógeno renovable y generaría importantes beneficios en términos de empleo y crecimiento, contribuyendo así a la recuperación y el posicionamiento posteriores al COVID-19.

Las fuerzas del mercado, los avances tecnológicos y la evolución de los precios seguirán impulsando el crecimiento de las energías renovables en alta mar en los próximos años. No obstante, dicho cambio de ritmo requiere superar una serie de obstáculos y garantizar que a lo largo de la cadena de suministro todos los actores puedan acelerar y mantener este aumento en la tasa de implementación. La UE y los Estados miembros necesitan un marco a largo plazo para las empresas y los inversores que promueva una sana coexistencia entre las instalaciones en alta mar y otros usos del espacio marino, contribuye a la protección del medio ambiente y la biodiversidad y permite el desarrollo de comunidades pesqueras prósperas.

Por lo tanto, dado el largo plazo de ejecución de los proyectos de energías renovables esta estrategia establece una dirección estratégica y las condiciones que la acompañan en un momento crucial para garantizar que las tecnologías renovables en alta mar pueden marcar la diferencia para lograr nuestros objetivos climáticos para 2030 y 2050.

### 3.1.b. Impacto social

Alcanzar los objetivos de neutralidad climática y contaminación cero:

Una economía azul sostenible ofrece muchas soluciones para alcanzar los objetivos del Pacto Verde Europeo. Es necesario reducir la huella de carbono de muchas actividades que se realizan actualmente, y las nuevas actividades sin emisiones de carbono deben ocupar un lugar central. La economía azul puede contribuir al objetivo de neutralidad en emisiones de carbono mediante el desarrollo de la energía renovable marina y la ecologización del transporte marítimo y los puertos.

La economía circular y la prevención de residuos:

Reducir el impacto de la actividad humana en el mar es una responsabilidad colectiva. La economía azul puede desempeñar un papel esencial en muchos aspectos del trabajo para combatir la contaminación y puede beneficiarse de las nuevas oportunidades que surjan de ese trabajo.

La biodiversidad y la inversión en la naturaleza:

La conservación y la protección de la biodiversidad deberían considerarse principios fundamentales de la actividad económica marítima. La biodiversidad marina no solo es una condición indispensable para la existencia de actividades económicas como la pesca, la biotecnología y el turismo. La conservación y la restauración de la biodiversidad también presentan oportunidades económicas.



- Trabajar con los Estados miembros, las regiones y la Agencia Europea de Medio Ambiente para establecer y designar zonas marinas protegidas adicionales y definir la protección estricta para finales de 2021.

- Proponer, a finales de 2021, un nuevo plan de acción para conservar los recursos pesqueros y proteger los ecosistemas marinos.

Resiliencia costera:

Proteger nuestros recursos e infraestructuras económicos y naturales significa adaptarse a las inevitables consecuencias del cambio climático. En vez de construir más «infraestructuras grises» (presas, diques o barreras protectoras de hormigón), la adaptación al cambio climático debe apoyarse en soluciones naturales y basadas en la naturaleza: humedales, como las marismas saladas, los lechos de vegetación marina, los manglares y las dunas, por ejemplo. En las regiones costeras, el desarrollo de infraestructuras verdes permitirá preservar la biodiversidad, los ecosistemas costeros y los paisajes, lo cual reforzará el desarrollo sostenible del turismo y de la economía de estas regiones. Estas actividades de adaptación se convertirán en un nuevo sector de la economía azul por derecho propio.

La nueva estrategia de adaptación al cambio climático de la UE establece un marco de respuesta a través de una adaptación más inteligente, más rápida y sistémica en la UE y una acción internacional más firme para aumentar la resiliencia al clima. Mediante la aplicación de las directrices de dicha estrategia, la Comisión hará lo siguiente:

- Trabajar para colmar las lagunas de conocimiento y estimular la innovación a fin de aumentar la resiliencia frente al cambio climático de las zonas de costa.

- Ayudar a los Estados miembros en la planificación a largo plazo de la introducción gradual de las inversiones, con el apoyo de los fondos de la UE.

# CAPÍTULO 4. CADENA DE SUMINISTRO Y CADENA DE VALOR.

## 4.1. ESLABONES DE LA CADENA DE VALOR DE UN PARQUE EOLICO MARINO.

En este capítulo se va a hacer un enfoque conceptual de la cadena de suministro y la cadena de valor de un parque eólico marino, lo que permite ver de manera específica la función que cada empresa desempeña en la elaboración de un producto o un servicio. También es interesante analizar el tipo de relaciones que mantienen los diferentes jugadores de la cadena de valor entre ellos, además de identificar la forma más o menos competitiva de integración de las empresas nacionales en los mercados y detectar los puntos fuertes de cada empresa para potenciarlos y ver los puntos débiles de estas para proponer una mejora alcanzable. En este capítulo también se desarrolla de modo general la cadena de valor del sector eólico marino y de la fabricación de las estructuras necesarias, así como de los aerogeneradores.

La cadena de valor es un modelo que permite de una forma teórica describir el desarrollo de las actividades que cada empresa desempeña en la elaboración de un producto o servicio. Dentro de este desarrollo, se realizará la clasificación de los diferentes jugadores de la industria eólica marina.

Como ejemplo de dicha clasificación se tomará la industria automovilística la cual resulta más fácil de entender ya que es más familiar a todos los niveles. En primer lugar, los proveedores de primer nivel o "Tier 1" son productores de sistemas que van incorporados directamente al bien final, como los frenos, el motor o la caja de cambios en automoción. En segundo lugar, los proveedores de segundo nivel o "Tier 2" son los proveedores de componentes principales, y siguiendo con la automoción, pueden ser elementos tales como las ruedas, los volantes o las llantas. En tercer lugar, los proveedores de tercer nivel o "Tier 3" son aquellos que fabrican los componentes genéricos, como las lunas o los asientos, y, en cuarto lugar, los proveedores de cuarto nivel o "Tier 4", por su parte, proveen materiales como plástico, metal, etc. En el último eslabón de la cadena se encuentran los productores finales de las grandes empresas o marcas líderes.

En el caso de la industria eólica marina la clasificación será la siguiente:

Primer nivel o "Tier 1": Generador, inversor, multiplicadora o equipos de control electrónico.

Segundo nivel o "Tier 2": Palas, góndolas, ejes y bujes o transformadores.

Tercer nivel o "Tier 3": Torres o jackets.

Cuarto nivel o “Tier 4”: Metal, plástico o componentes generales para equipos eléctricos.

Ultimo nivel: Productores finales de las grandes empresas o marcas líderes.

La cadena de valor está organizada de forma que depende de varios factores diferentes, algunos de ellos están relacionados con la tecnología, otros con la producción y otros con los mercados.

En la Figura 14 se representa la cadena de valor de la energía eólica marina desagregada en 8 fases principales las cuales se clasificarán a continuación, desde la fase inicial (Promoción del proyecto) hasta la venta de la energía y la obtención de esta en el mercado doméstico, residencial e industrial:

FASES	DESCRIPCIÓN
(1) Fase inicial: Promoción del proyecto	Incluye, entre otros, la selección del emplazamiento y el análisis de viabilidad técnica-económica del proyecto de parque eólico. En esta fase también es necesario obtener las autorizaciones de la administración pública y adquirir los arrendamientos y los derechos de explotación eólica. Aquí se tratan, asimismo, los temas de financiación de los proyectos y las decisiones de inversión.
(2) Segunda fase: Diseño del proyecto	Se especifican el diseño del parque eólico y su distribución.
(3) Tercera fase: Aerogeneradores	Fabricación de los aerogeneradores, compuestos de múltiples partes y componentes.
(4) Cuarta fase: Construcción del emplazamiento	Incluye la preparación de las vías de acceso y la instalación de las bases para los aerogeneradores.
(5) Quinta fase: Transporte y ensamblaje	Una vez fabricado el aerogenerador, se transportan los componentes del aerogenerador hasta el emplazamiento del parque eólico. Se trata de una fase importante, ya que implica el manejo de componentes con gran peso y longitud, y formas especiales. Después se lleva a cabo el montaje del aerogenerador.
(6) Sexta fase: Conexión a red	
(7) Séptima fase: Operaciones de mantenimiento	Las operaciones incluyen la planificación del personal del emplazamiento, puesta en marcha del aerogenerador, y gestión de los fallos y parones. El mantenimiento incluye el mantenimiento preventivo y el predictivo, es decir, la planificación de los servicios de prevención (los inspecciones periódicas de los equipamientos, el cambio de aceite y filtros, la calibración de sensores electrónicos, la limpieza de las palas) y la organización de los servicios para reparar el mal funcionamiento de los componentes.
(8) Fase final: Generación y venta de energía	Finalmente la energía es generada y vendida al mercado bien doméstico, industrial o residencial.

Figura 14. Descripción de la Cadena de valor de la energía eólica desagregada en ocho fases principales. Fuente: (Edición Propia)

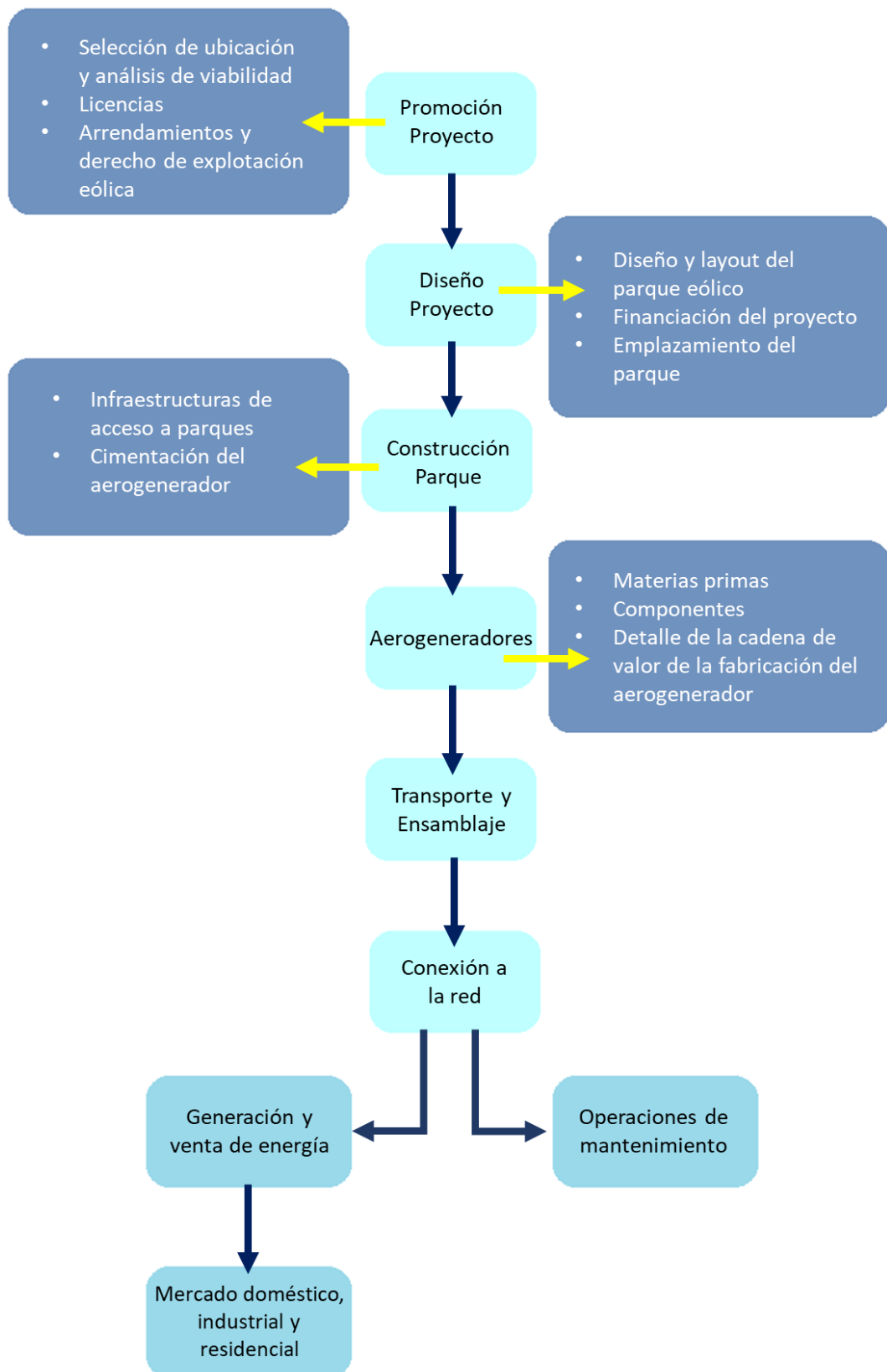


Figura 15. Representación de la Cadena de valor de la energía eólica desagregada. Fuente: (Edición propia)

A la cadena de valor representada anteriormente hay que añadirle los componentes, equipos y servicios específicos de la energía eólica marina:

ESLABÓN	DESCRIPCIÓN
1	Estudios de ingeniería, emplazamiento y evaluación de recurso marino y condiciones de clima marítimo.
2	Campañas geofísicas, estudios batimétricos y geotécnicos.
3	Sistemas flotantes con tecnología Lidar para la medición recurso eólico marino.
4	Estructuras de soporte de aerogeneradores, fijas o flotantes, que pueden ser de acero, hormigón o mixtas.
5	Estructuras tipo Jack-up para instalación de aerogeneradores.
6	Sistemas de anclaje (cadenas) para estructuras marinas.
7	Buques de instalación y buques de apoyo a parques eólicos marinos, para instalación de las estructuras soporte y/o de los propios aerogeneradores, así como para su mantenimiento y desmontaje. Debido a las grandes dimensiones de los aerogeneradores offshore, la instalación de parques eólicos marinos requiere de buques muy especializados que incorporan grúas de grandes dimensiones, de los cuales existe poca oferta en el mercado.
8	Buques y plataformas para la instalación de las estructuras soporte y/o de los aerogeneradores, así como para su mantenimiento y desmontaje.
9	Subestaciones eléctricas offshore de corriente continua o alterna.
10	Fabricación e instalación de cables submarinos.

Figura 16. Descripción de componentes específicos de la eólica marina añadidos a la Cadena de valor de la energía eólica descrita anteriormente. Fuente: (Edición propia)

Dentro de la cadena de valor, las operaciones clave que se mantienen dentro de la empresa normalmente puede centrarse en la promoción del proyecto, la fabricación de los aerogeneradores y la generación y venta de la energía.

El comienzo de la fabricación de aerogeneradores se caracterizó por la integración vertical, lo cual era el mejor camino para el desarrollo de las economías de escala. Este sistema de fabricación supuso que las cadenas de valor operaran meramente de forma jerárquica. A partir del año 2006, se empieza a apreciar el cambio en la organización de la producción, enfocándose a formatos más relacionales y modulares. Se empieza a buscar un equilibrio entre la forma de fabricación que se había llevado a cabo hasta el momento (integración vertical) y la subcontratación de aquellos elementos, actividades y componentes a los proveedores más cercanos a las regiones donde se encontraban los emplazamientos elegidos para la creación de los nuevos parques eólicos.

Con ello se consigue que la relación entre los proveedores de elementos, actividades o componentes y los fabricantes de los productos finales sea cada vez más importante, lo que busca, por una parte, tener una capacidad mayor para ser capaces de adaptar los diseños de los aerogeneradores a las necesidades locales y, por otra parte, seguir siendo competitivo dentro del sector.

## 4.2. SINERGIAS PRODUCIDAS.

En el caso de la energía eólica marina, cabe destacar el elevado potencial en la reducción de sus costes de generación con tecnología flotante, lo que se ve reflejado en una adaptación de sus niveles de competitividad, poniendo el foco en las sinergias con sectores estratégicos como pueden ser la ingeniería civil, astilleros, construcción naval, industrias electro intensivas, etc. y en la consolidación y competitividad del ámbito industrial.

Asimismo, en cuanto a las relaciones con el entorno, existen sinergias entre la energía eólica marina y el sector pesquero e incluso hay ya ejemplo de ambas industrias trabajando juntas, uniendo los puntos fuertes de cada una para un fin conjunto como pueden ser la experiencia, el valor del conocimiento o las capacidades relacionadas con el entorno marino que ya posee el sector pesquero.

La pesca en parques eólicos está permitida en algunos mercados europeos, maximizando la compatibilidad entre actividades también a efectos de zonificación. En este sentido, la Estrategia europea de energías renovables marinas identifica los sectores de la pesca y acuicultura como claves a la hora de valorar la compatibilidad entre las distintas actividades. En ella, la Comisión propone organizar una Conferencia Europea de Alto Nivel de Energías Renovables Marinas, con presencia de estos sectores junto con Estados Miembro y sociedad civil para promover intercambio de mejores prácticas y discutir retos comunes. Se ha constatado la existencia de experiencias positivas en países del norte de Europa que llevan años investigando las posibles sinergias entre la actividad pesquera y la presencia de parques eólicos.

A su vez, la eólica marina y otras energías del mar tienen un enorme potencial de interacción con otros avances relevantes en el ámbito energético. Destaca, entre otros, el potencial de hibridación de la eólica marina con otras tecnologías de generación renovable y con sistemas de almacenamiento, que permitiría aumentar la eficiencia de las instalaciones para un aprovechamiento óptimo del recurso renovable y dotar al sistema eléctrico de flexibilidad para poder integrar grandes cantidades de generación renovable, asegurando una operación segura y económicamente eficiente, en línea con lo previsto en la Estrategia de Almacenamiento Energético. Por otra parte, la generación de hidrógeno renovable a partir de la energía eólica marina es una alternativa que contribuye al acoplamiento de sectores, con el potencial de optimizar el aprovechamiento, en su caso, de los excedentes de generación de la instalación offshore en momentos de excedente de generación renovable o en casos de limitada capacidad de conexión a red. Si bien en el caso de España, el elevado recurso fotovoltaico y eólico terrestre es una de las bases para el desarrollo del hidrógeno renovable en condiciones de elevada competitividad, priorizando los usos de cercanía y acoplando oferta y demanda en línea con la Hoja de Ruta del Hidrógeno, existen sinergias a explorar en el desarrollo tecnológico, industrial y energético.

La Eólica Marina constituye una oportunidad para que España pueda aprovechar su potencial de desarrollo industrial y de innovación.

La eólica marina en España presenta además sinergias muy importantes con otros sectores estratégicos, como son la industria de construcción naval (astilleros), el sector marítimo-portuario y la ingeniería civil, para los que la eólica marina se ha convertido en un mercado potencial muy importante en sus estrategias de diversificación de negocio y estabilización de cargas de trabajo. Muchas de las empresas nacionales han estado involucradas de una manera muy importante en el desarrollo de los parques eólicos marinos en Europa y ya están jugando un papel destacado en la cadena de suministro de los primeros arrays de aerogeneradores flotantes en el continente, siendo español el principal suministrador de las cimentaciones flotantes.

El posicionamiento relevante de la industria española en los ámbitos eólico y naval ha permitido que las empresas del país ya jueguen un rol en el despliegue de la eólica marina a nivel europeo y global.

Debido a las sinergias geográficas e interacciones entre agentes existentes en el sudoeste europeo, se propone una alianza amplia de cooperación regional que permita trabajar sinergias con los Estados Miembro vecinos. Como ejemplo, se destaca la alianza estratégica Supercluster Atlantic Wind (SAW), donde los principales clústeres industriales de las regiones del norte de España han firmado un acuerdo de colaboración. El objetivo de esta alianza es desarrollar una estrategia compartida que posicione al norte de España como un referente internacional de la energía eólica offshore, tanto en el desarrollo de proyectos de demostración y en el impulso comercial de esta alternativa eólica, como en la consolidación de una cadena de valor propia con proyección internacional.

#### OBJETIVOS:

1. Visibilizar las oportunidades sociales, laborales, territoriales, ambientales e industriales de las energías renovables marinas, así como su compatibilidad y complementariedad con otros usos y actividades marinas y costeras. Descripción: Participación y acompañamiento a los agentes del sector en sus eventos, campañas y actuaciones de información que promuevan potenciar la participación de agentes sociales, en la exploración de soluciones con visión de largo plazo ambiental y socioeconómica, relativas al despliegue de las energías renovables en el entorno marino. Estas acciones buscarán sinergias con otros sectores y elementos que compatibilicen, en lo posible, otras actividades marítimas en el espacio marino.
2. Establecimiento de foros de encuentro entre los representantes de actividades económicas multisectoriales asociadas a los usos del espacio marino, incluidos tráfico marítimo y seguridad de la navegación, para estudiar las interacciones y favorecer el uso compartido del espacio, la búsqueda de sinergias intersectoriales y la generación de propuestas que agilicen desarrollos viables de las energías renovables marinas en las zonas idóneas identificadas, especialmente cuando presenten elevado recurso renovable.
3. Creación de un hub o foro de conocimiento ágil y versátil a disposición de los agentes y de las administraciones públicas para catalizar estrategias y programas de impulso, buscando convertir España en un líder industrial global en Eólica Marina Flotante, enfocado en la mejora continua, en el aprovechamiento de sinergias y en el posicionamiento competitivo.

Descripción: Se estudiará, junto con el sector y los ecosistemas industrial y de I+D+i, la creación de un nexo industrial, de innovación y conocimiento público-privado (hub de energías renovables marinas), que sirva como foro para identificar y hacer el seguimiento del estado de situación del conjunto de la cadena de valor, impulsar actuaciones sinérgicas entre agentes públicos y privados así como las sinergias entre los propios sectores energéticos e industriales, así como para ampliar el grado de conocimiento de los conceptos tecnológicos y potencialidades de la eólica marina y de las energías del mar y de las opciones que presentan.



Figura 17. Clasificación de los campos con los que produce sinergias la energía eólica marina. Fuente: (Edición propia)



### 4.3. ANÁLISIS DEL ECOSISTEMA DE SUMINISTROS PARA LA EÓLICA MARINA EN ESPAÑA:

#### 4.3.a. Jugadores.

En primer lugar, los jugadores o también conocidos como stakeholders, son de alguna manera, cualquier organización o individuo, que se ve impactado de forma o bien directa o indirecta por las acciones de una determinada empresa o sector, como es el caso de la energía eólica marina. Estas partes interesadas o grupos de interés son un factor indispensable para la planificación estratégica de cualquier negocio, ya que, de esta manera, las decisiones que tome cualquier empresa afectaran no solo a los dueños de esta sino a todos los “jugadores” que la rodean. Por eso es muy importante garantizar que todos los grupos de interés estén satisfechos con el trabajo que se realiza.

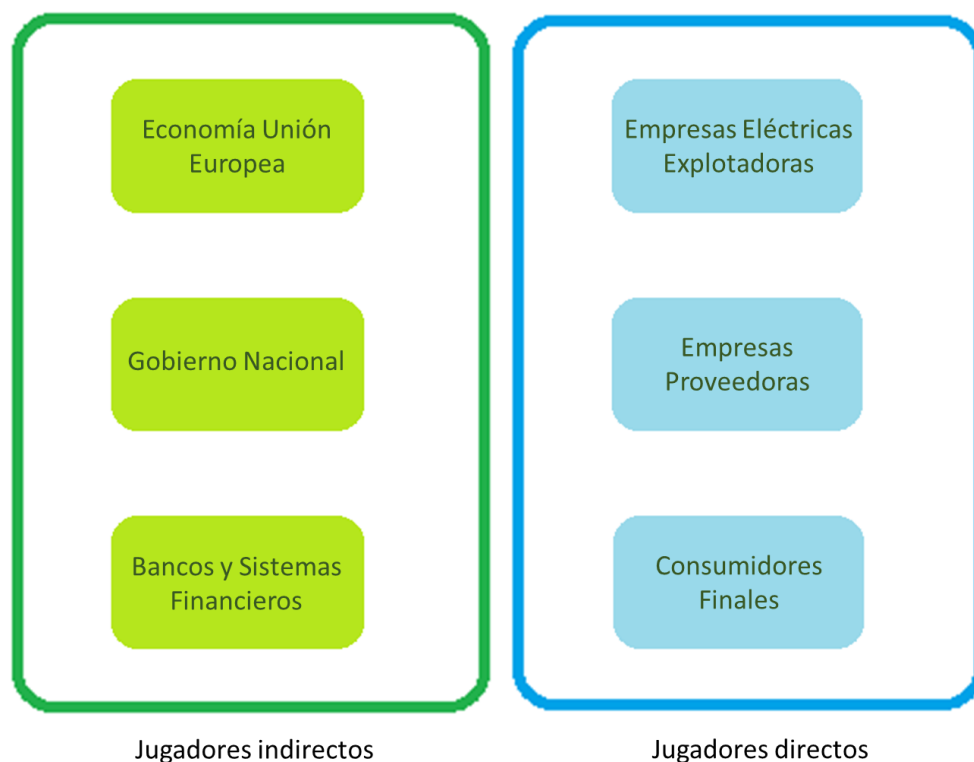


Figura 18. Clasificación de los stakeholders. Fuente: (Edición propia)

#### 1. ECONOMÍA EUROPEA, GOBIERNO NACIONAL Y SISTEMAS FINANCIEROS.

El plan de recuperación europeo debe priorizar inversiones en proyectos de energía eólica nuevos y potenciarlos, ayudar a fortalecer la cadena de valor y desplegar la infraestructura adecuada: redes eléctricas e infraestructuras físicas como puertos, que son esenciales para las instalaciones de energía eólica. La energía eólica es competitiva en costos y rica en empleo. Pero para aprovechar al máximo la energía eólica se requerirá de:

1. Gobiernos nacionales para simplificar las reglas y procedimientos de permisos para proyectos eólicos nuevos y potenciarlos, así como para la construcción de redes en alta mar y para garantizar que las autoridades tengan los recursos necesarios para autorizar suficientes sitios eólicos.
2. Gobiernos nacionales para brindar a los inversores visibilidad sobre los volúmenes de energía eólica que se implementarán hasta 2030 con un calendario claro de subastas bien diseñadas que asignan ingresos estables.
3. La UE y los gobiernos nacionales deben priorizar la regulación y adaptar los regímenes fiscales para impulsar la electrificación directa basada en energías renovables del transporte, la calefacción y los procesos industriales, y apoyar proyectos de hidrógeno renovable para la descarbonización de sectores difíciles de reducir.
4. La UE establecerá un plan maestro para entregar 450 GW de energía eólica marina para 2050, incluida la construcción de una red marina optimizada y una planificación espacial marítima preparada para el futuro como parte de su estrategia de energía renovable marina.
5. La UE aumentará el gasto en I+D para apoyar las mejoras incrementales en las tecnologías más maduras que cumplirán con el Acuerdo Verde Europeo: nuevos materiales, nuevo diseño de componentes y técnicas innovadoras de logística e instalación.
6. La UE debe adoptar políticas comerciales sensatas que garanticen que la industria eólica europea pueda aprovechar las cadenas de suministro globales y competir en mercados fuera de la UE, incluso contra jugadores con financiación respaldada por el Estado.
7. La UE debe cumplir su compromiso de descarbonización estableciendo un objetivo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de al menos un 55 % para 2030 y elevando su objetivo de energía renovable en consecuencia.

## 2. EMPRESAS Y CONSUMIDORES FINALES.

Se ha identificado la oportunidad industrial para España de reforzar la transferencia al ámbito marino de determinados conocimientos de la cadena de suministro de la tecnología eólica terrestre ya existente y fuertemente implantada en el territorio nacional. Adicionalmente, España también dispone de fuertes capacidades industriales y de talento en otros sectores importantes para el desarrollo de las energías marinas como son el sector de la construcción naval, industrias auxiliares, así como el de los sistemas eléctricos.

En 2019, la energía eólica fue responsable de 300.000 puestos de trabajo en la UE. La mayoría de estos, 160.000, fueron empleos directos. Los empleos indirectos totalizaron 140.000. Estimamos que, de los 300 000 puestos de trabajo en la UE, el 75 % o alrededor de 224 000 puestos de trabajo se encuentran en la energía eólica terrestre y el 25 % o alrededor de 77 000 en la energía eólica marina. Estas cifras representan una instantánea en el tiempo, basada en informes financieros de la empresa (empleos directos) y derivados de multiplicadores de empleo utilizando datos macroeconómicos de Eurostat (empleos indirectos). Brindan información sobre cuántas personas estuvieron empleadas durante un año calendario y nos permiten analizar las tendencias a lo largo del tiempo.

La energía eólica necesita un mercado interno fuerte para mantener estos puestos de trabajo en Europa. Los 397 GW previstos en los Planes Nacionales de Energía y Clima (NECP) significan que la energía eólica podría emplear a 450.000 personas para 2030, 250.000 en tierra y 200.000 en energía eólica marina. Eso es un 50 % más de puestos de trabajo que en 2019. Sin embargo, sin políticas detalladas para realizar estos Planes, Europa corre el riesgo de perder la oportunidad de crear más de la mitad de los puestos de trabajo potenciales en la energía eólica marina y perder un tercio de los puestos de trabajo actuales en tierra. La energía eólica emplearía entonces solo a 282.000 personas en Europa para 2030.

#### 4.3.b. Análisis de capacidad industrial en España.

España dispone de una gran capacidad industrial y de talento humano en sectores importantes para el desarrollo de las energías eólicas. Incluidas las marinas, como son, un fuerte sector de la construcción naval, industrias auxiliares, así como el de las industrias eléctricas.

La industria eólica marina representa una gran oportunidad industrial para España para reforzar la transferencia al ámbito marino de los conocimientos ya existentes de la cadena de suministro de la tecnología eólica terrestre fuertemente implantada en el territorio nacional, y apoyándose en las capacidades previas de la industria marítima propia.

En este sentido, el desarrollo de las energías eólicas marinas en España puede suponer el desarrollo de sectores muy importantes de la industria y de la economía española, siendo los ámbitos potencialmente más beneficiados:

- 1- Infraestructuras portuarias, utilizadas tanto para la fabricación y montaje y transporte de componentes, como para su utilización como puertos de operaciones.
- 2- Trabajos de mantenimiento de las instalaciones marinas y suministro de diferentes servicios, muy importantes para la industria naval española, y en general para las diferentes industrias asociadas a la energía eólica nacional.
- 3- Muchas de las empresas industriales y relacionadas con la ingeniería nacional, ya tienen participación en la ejecución de proyectos eólicos terrestres y marinos a nivel internacional.

Por otra parte, España dispone ya en estos momentos, de un gran potencial industrial y de innovación del sector eólico terrestre que es utilizable en el sector marítimo. El sector eólico español, es especialmente inversor en I+D+i, además, el sector industrial español es capaz de aportar toda la cadena de valor asociada al diseño, desarrollo, construcción y explotación de un parque eólico terrestre, y por lo tanto extensible a los parques eólicos marinos.

Como complemento, se muestra en el ANEXO 2, un listado, no exhaustivo, pero sí muy significativo de las industrias españolas relacionadas con las energías renovables, en especial con la eólica y eólica marina, donde se han incluido clasificadas por sectores y de donde se puede deducir la potencialidad y diversidad del sector, y que se verá fuertemente reforzado por el desarrollo futuro de la eólica marina.

Los sectores industriales que se han incluido son:

- 1- Asociaciones Eólicas.

- 2- Centros de Investigación I+D+I.
- 3- Empresas de Ingeniería y desarrollo de la energía eólica marina.
- 4- Fabricantes de Aerogeneradores.
- 5- Fabricantes de Componentes.
- 6- Promotores y Operadores de parques eólicos.
- 7- Empresas de Servicios.
- 8- Agentes Financieros.
- 9- Empresas de Análisis de Recursos.
- 10- Empresas de Certificación.
- 11- Consultorías.
- 12- Empresas de Formación.
- 13- Ingenierías.
- 14- Empresas de Operación y Mantenimiento.
- 15- Empresas de Suministros.

Por lo tanto, se puede establecer que España dispone de una gran potencialidad, con fortalezas y capacidades ya demostradas en la industria eólica, entre las que se pueden indicar:

- 1- Una situación geográfica privilegiada para acceder a mercados europeos, africanos y a la costa Este de América.
- 2- Se dispone de estudios geofísicos, estudios batimétricos y geotécnicos, que avalan el montaje de parques eólicos marinos en diversas zonas de nuestro litoral.
- 3- Se dispone de informes de ingeniería sobre emplazamientos y la evaluación de recursos marinos y condiciones de clima marítimo, que son favorables para la implantación de parques eólicos marinos.
- 4- Capacidad de diseñar, construir y montar palas, torres y aerogeneradores offshore, disponiendo de infraestructuras y agentes especialistas y dedicados a estas actividades.
- 5- Capacidad de diseñar y construir sistemas y plataformas flotantes para la medición del recurso eólico marino y para el montaje de aerogeneradores y plataformas auxiliares marinas.
- 6- Se dispone de capacidad y experiencia en la fabricación de sistemas de cadenas y sistemas de anclaje para estructuras submarinas y plataformas marinas.
- 7- La experiencia ya existente de eólica onshore, puede adaptarse fácilmente para acomodar elementos offshore más grandes y de características adaptadas al medio marino.

8- Se dispone de una gran capacidad para el desarrollo y el impulso del montaje de la energía eólica flotante, lo que supondrá un gran impacto en esta industria española, aumentando la demanda de construcción de:

Aerogeneradores y torres de montaje.

Plataformas de montaje, cimentadas y flotantes.

Plataformas para subestaciones eléctricas offshore.

Sistema de anclaje de plataformas.

Subestaciones eléctricas marinas en corriente continua o alterna.

Fabricación e instalación de cables submarinos.

Buques de instalación y buques de apoyo a parques eólicos marinos, para instalación de las estructuras soporte y/o de los propios aerogeneradores, así como para su mantenimiento y desmontaje.

Buques y plataformas para la instalación de las estructuras soporte de los aerogeneradores, así como para su mantenimiento.

Infraestructuras portuarias, astilleros.

#### 4.3.c. España como centro de suministro de apoyo a Europa.

### **ESPAÑA COMO CENTRO DE SUMINISTRO DE APOYO A EUROPA**

La Eólica Marina constituye una oportunidad para que España pueda aprovechar su potencial de desarrollo industrial y de innovación. La Asociación Europea de Energía Eólica, WindEurope, estima que la inversión en el sector offshore alcanzará los 16.500 millones de euros de inversión en 2030 a nivel europeo, mientras que la Estrategia europea de energías marinas reconoce que para cumplir los objetivos y maximizar los beneficios para la economía europea, la cadena de valor de las energías renovables marinas debe ser capaz de incrementar sus capacidades de producción y alcanzar ritmos más elevados de instalación.

España está en disposición de jugar un papel de liderazgo tecnológico e industrial en este contexto, para proporcionar soluciones innovadoras y rentables para la eólica marina fija y flotante, así como las energías del mar, en respuesta a este potencial de inversión.

Adicionalmente, su posición geográfica, la extensión de sus costas y la diversidad de regímenes marítimos a las que éstas están expuestas, así como el ecosistema tecnológico y de investigación, sitúan a España en una posición idónea para el desarrollo, prueba y demostración de nuevos prototipos y soluciones tecnológicas vinculadas a la eólica marina, especialmente flotante.

En relación con el potencial industrial de los aerogeneradores y el ámbito eólico propiamente dicho, se trata de un sector especialmente inversor en I+D+i. España es uno de los tres países europeos, junto con Alemania y Dinamarca, en los que se concentra el grueso de la inversión pública y privada en I+D+i en el ámbito de la energía eólica.

En concreto España cuenta con más de 800 patentes en energía eólica desde 2006, siendo el sexto país del mundo y tercero de la Unión Europea en este indicador.

España cuenta con una gran capacidad de I+D+i en eólica marina en general y en flotante en particular, existiendo importantes centros de investigación marino-marítimos, proyectos eólicos marinos singulares, prototipos de energía de las olas y corrientes y grupos de investigación punteros, así como varias plataformas de ensayos de tecnologías de generación de energías marinas del máximo nivel y apoyados desde la Administración.

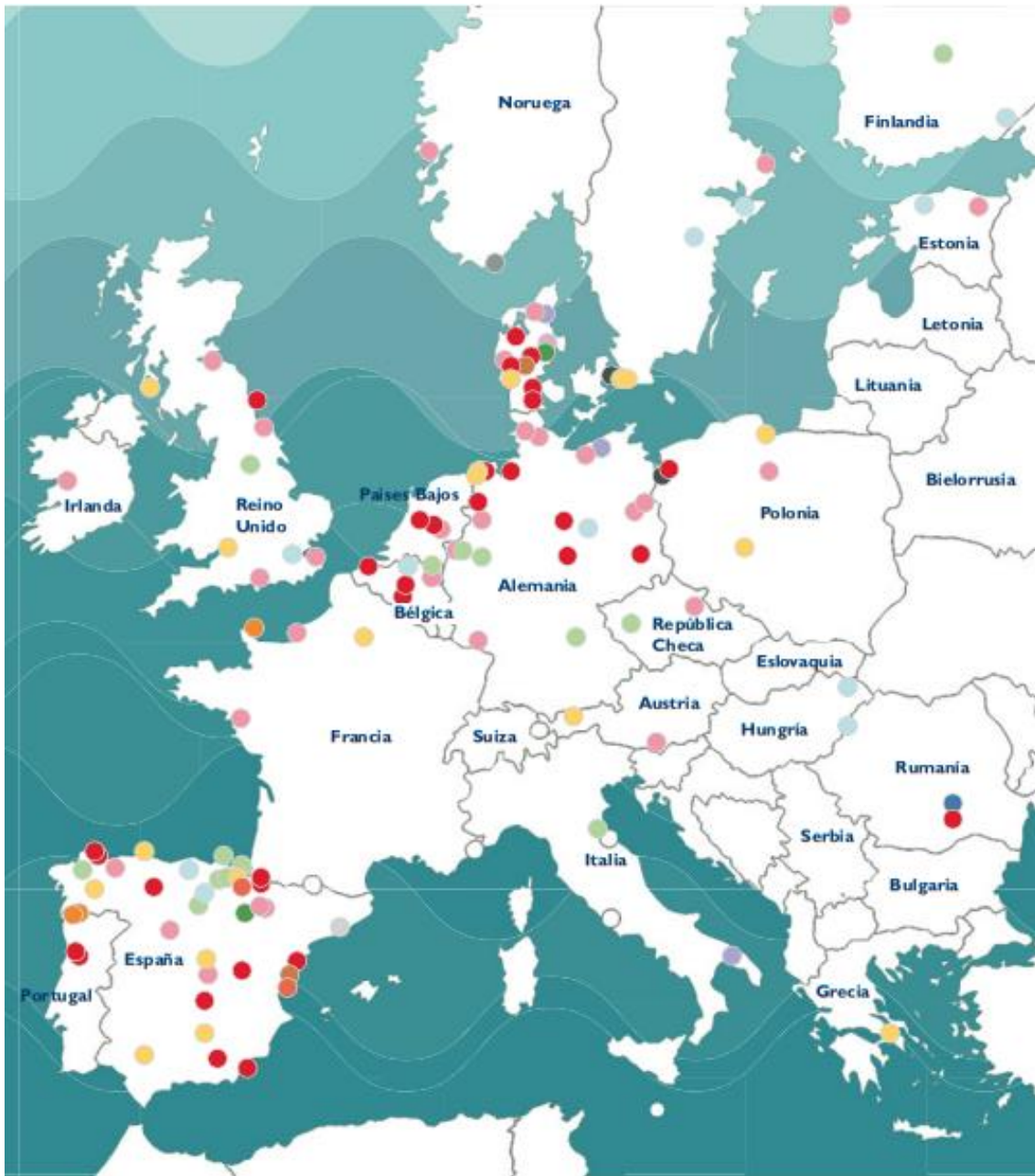
Asimismo, España también representa uno de los países en los que se están desarrollando mayor número de diseños innovadores de plataformas flotantes en alta mar. De las cerca de 27 soluciones flotantes identificadas actualmente como activas a nivel mundial, 7 son patentes españolas y son en su mayoría prototipos innovadores que buscan reducir el coste de la tecnología eólica flotante.

Además, cabe destacar que España ofrece infraestructuras de referencia internacional para el desarrollo tecnológico de las energías marinas y en particular de la tecnología flotante. La mayoría de estas infraestructuras están agrupadas por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través del programa de Infraestructuras Técnico-Singulares (ICTS), MARHIS (Maritime Aggregated Research Hydraulic Infrastructures. Según el informe recién publicado “An overview of Ocean Energy Activities in 2020” de la AIE, España es el país de la Unión Europea con más instalaciones para la I+D+i para las energías marinas y cuenta con hasta tres centros de pruebas en mar abierto, (BIMEP, PLOCAN, Punta Langosteira), perfectamente acotados y totalmente habilitados para acoger en sus aguas los dispositivos y prototipos de eólica marina y de energías del mar. Los centros de pruebas en mar abierto son un paso común en el desarrollo de las energías marinas en países de todo el mundo y son un hito clave para la innovación y desarrollo de la industria energética marina.

Además de representar toda la cadena de valor, este sector en España tiene una presencia relativamente distribuida, generando oportunidades industriales en distintos ámbitos del territorio peninsular, como ilustra la siguiente figura (Figura 19).

#### VENTAJA COMPETITIVA DE LA OFERTA ESPAÑOLA

Una empresa, un sector, un país, posee una ventaja competitiva cuando posee una ventaja sostenible y única respecto al resto de sus competidores, y esta ventaja le permite obtener mejores resultados y obtener una posición competitiva en el mercado superior. Existen muchas formas de generar este tipo de ventajas, como por ejemplo si nos referimos a una empresa, la ubicación de esta, la calidad del producto o servicio que se oferta, la innovación o menores costes. Ver figura 20.



COMPONENTES DE TURBINAS EÓLICAS

- |                           |                        |  |
|---------------------------|------------------------|--|
| Generadores               | Ensamblaje de góndolas | Palas y Torres   |
| Convertidores de potencia | Bujes y ejes           | Ensamblaje de Palas y Góndolas                           |
| Sistemas de control       | Rodamientos            | Ensamblaje de Generadores y Góndolas                     |
| Torres                    | Cimentaciones          | Ensamblaje de bujes, ejes y góndolas                     |
| Multiplicadoras           | Fundiciones            | Piezas de recambio y reparación                          |
| Palas                     | Palas y generadores    | Piezas de recambio y reparación y ensamblaje de góndolas |

Figura 19. España como centro de suministro de apoyo a Europa. Fuente: (MITECO, 2021)








VENTAJA COMPETITIVA DE LA OFERTA ESPAÑOLA		
OFERTA	FACTORES Y FORTALEZAS	SERVICIOS DESTACADOS
 Consultoría y estudios	Know how Sector pionero Desarrollo tecnológico	Wind Data Loggers Estudio de emplazamientos Promoción Planificación
 Ingeniería	Know how Sector pionero Prestigio consolidado Sinergias con otros sectores (construcción, obra civil, construcción naval, etc)	Ingeniería generalista Ingeniería especializada
 Fabricación de aerogeneradores y componentes	Know how Sector pionero Capacidad de fabricación y ubicación geográfica Calidad del producto Desarrollo tecnológico Eficiencia y mejora continua en prestaciones y costes	Fabricación de grandes componentes (torres, palas, generadores, gearboxes, forja, fundición..) Fabricación de aerogeneradores Convertidores / Electrónica de potencia Equipos de seguridad y elevación
 Logística	Know how Sector pionero Maquinaria específica Mercado local Sinergias con otros sectores (transportes excepcionales, medios navales, etc)	Transporte terrestre Transporte marítimo Soluciones innovadoras ad-hoc
 Construcción y montaje	Know how Sector pionero Prestigio internacional Sinergias con otros sectores (construcción y obra civil) Maquinaria muy especializada	Grúas especializadas y medios de elevación Fabricación de torres hormigón on-site
 Llave de mano	Know how Solvencia técnica Prestigio internacional	Oficinas de gestión integral de proyectos llave en mano
 Operación y mantenimiento	Know how Formación muy especializada Solvencia técnica Prestigio internacional	Predicción Agentes de mercado eléctrico SCADAS Mantenimiento

Figura 20. Ventaja competitiva de la oferta española. Fuente: (Edición propia)



# CAPÍTULO 5. ANÁLISIS ECONÓMICO.

## 5.1. MARCO JURIDICO, APROBACIONES Y REGULACIÓN:

### 5.1.a. Procesos administrativos

El procedimiento administrativo vigente hasta el momento para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial es el Real Decreto 1028/2007, de 20-07-2007.

Debido a las características que ofrece la plataforma continental española los proyectos de parques eólicos marinos comerciales, en concreto los proyectos con tecnologías de cimentación fija, se encontraban en zonas muy localizadas. Esto derivó en el establecimiento de una serie de procedimientos basados en la reserva previa destinados a la investigación, los cuales posteriormente han dado lugar a la concesión de explotación.

En 2007, fecha en que entra en vigor el Real Decreto, no existía un marco normativo nacional y europeo enfocado a la ordenación del espacio marítimo lo que supuso la creación de un mallado de 73 áreas eólicas marinas, para las cuales se realizaba un Estudio Estratégico Ambiental del Litoral Español, por el que se establecía una clasificación en zonas aptas y zonas de exclusión y, posteriormente, en base a esta clasificación, se llevaban a cabo las solicitudes de reserva de zona por parte de los promotores de los parques eólicos marinos.

Una vez concluida la solicitud de reserva de zona podía comenzar la fase de caracterización de las áreas eólicas marinas afectadas. Este procedimiento recopilaba la totalidad de los informes emitidos en un único documento, así como una estimación de la generación máxima posible de extracción de las redes eléctricas de transporte a la vez que la repercusión del proyecto eólico marino sobre los elementos del entorno. Una vez este procedimiento se publicase en el BOE se llevaría a cabo el procedimiento de concurrencia, lo que consistiría en que los interesados presentaran una oferta de prima y las garantías correspondientes, concluyendo este proceso con la resolución por Comité de Valoración el cual estaría creado al efecto.

Esta resolución del proceso de concurrencia concedería el derecho de acceso a la red y la reserva de la zona - previamente se otorgaría la obtención del título correspondiente de ocupación del dominio público marítimo-terrestre – lo que daría potestad al adjudicatario para llevar a cabo los procedimientos de investigación del recurso eólico marino durante dos años, y, finalmente, la construcción y la explotación de la instalación una vez obtenidas los permisos previos.

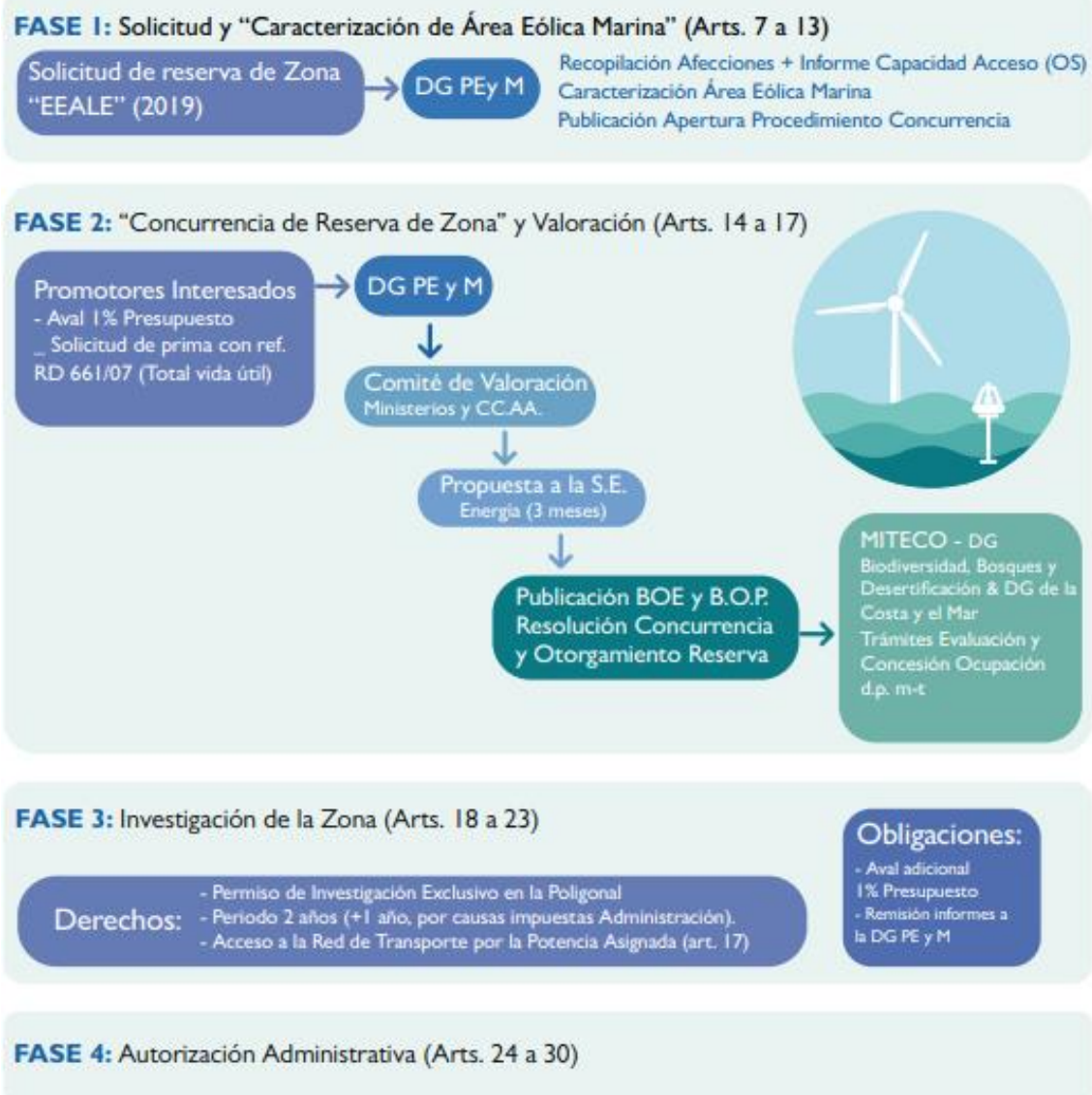


Figura 21. Esquema del Procedimiento Ordinario vigente de Tramitación de Instalaciones renovables Marinas de potencia superior a 50 MW. Fuente: (MITECO , 2022)

A lo largo de esta década el sector eólico marino ha evolucionado en experiencia y conocimiento en los mercados internacionales, con especial relevancia del mercado europeo.

Asimismo, desde entonces la tecnología ha llevado a cabo técnicas innovadoras que han aumentado el alcance geográfico potencial y ha reducido sus costes de generación, gracias a las ideas asociadas a la eólica marina flotante. Este marco, junto con el nuevo contexto europeo y nacional, hacen necesarios la adaptación del procedimiento administrativo vigente.

Cabe destacar que cualquier adjudicación de una zona de estudio o desarrollo eólico marino para la investigación no excluiría al sucesor de la consecución de todas las autorizaciones y permisos pertinentes para la puesta en marcha, ejecución y explotación de su proyecto en las condiciones propuestas durante el proceso de consentimiento de la asignación de la zona.

Es importante señalar la declaración del impacto ambiental, para garantizar un máximo cuidado y respeto sobre el estado del entorno marino. Para el desarrollo de un proyecto de energía eólica marina en España, se presenta un cronograma orientativo en relación con plazos-objetivos, que corresponden a periodos ajustados a la normativa europea relativa a la agilización de proyectos. Los plazos-objetivos se alcanzarán mediante la puesta en práctica de esta medida de adecuación del marco administrativo, lo cual dependerá también de la identificación previa que se haya realizado del entorno marino, de la capacidad de alinear y coordinar toda la cadena de valor y de la agilidad con la que se desarrollen los proyectos durante su ejecución.



Figura 22. Cronograma orientativo para el desarrollo de los Parques Eólicos Marinos en España. Fuente: (MITECO, 2021)

### 5.1.b. Plan de Ordenación del Espacio Marítimo “POEM”

La Ordenación del Espacio Marítimo (OEM en el resto de documento) se entiende como el desarrollo mediante el cual las autoridades organizan y analizan las actividades humanas en el territorio marino cercano con el fin de lograr objetivos sociales, económicos y ecológicos.

La OEM se presenta como un instrumento transversal estratégico que concede a las autoridades públicas y a las partes interesadas aplicar un planteamiento integrado, coordinado y transfronterizo, que permita un beneficio del espacio marítimo óptimo, mermando conflictos, así como impulsando sinergias y coexistencias.

La OEM se expresa de igual modo como una herramienta para asegurar la protección de los hábitats, ecosistemas y especies vulnerables y sensibles, incluidos los protegidos por la normativa nacional.

La Ordenación del Espacio Marítimo es una de las herramientas para promocionar el crecimiento azul identificadas por la Política Marítima Integrada de la Unión Europea. En este marco se desarrolló la Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, por la cual se dispone un marco para la Ordenación del Espacio Marítimo. Esta Directiva se traspasó al Ordenamiento español mediante el Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, por el cual se determina un marco para la Ordenación del Espacio Marítimo, incorporando la obligación para España de crear un Plan de Ordenación del Espacio Marítimo para cada una de las demarcaciones marinas en España: demarcación marina sudatlántica, noratlántica, del Estrecho y Alborán, canaria y levantino-balear.

La Directiva Marco sobre la estrategia Marina (DMEM) o Directiva 2008/56/CE, tiene como objetivo final lograr o mantener, el buen estado ambiental del medio marino. La Directiva marco sobre la Estrategia Marina se traspuso a la normativa española mediante la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino, que implantó la obligación de elaborar y aplicar tantas estrategias marinas como demarcaciones marinas hubiera, una para cada demarcación establecida.

Los lazos existentes entre estas directivas han sido derivados al ámbito normativo nacional de la misma manera. La Ley 41/2010 establece en su artículo 7 que “Las estrategias marinas son los instrumentos de planificación de cada demarcación marina y constituyen el marco general al que deberán ajustarse necesariamente las diferentes políticas sectoriales y actuaciones administrativas con incidencia en el medio marino de acuerdo con lo establecido en la legislación sectorial correspondiente”.

Por todo lo propuesto anteriormente, el Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, fue comprendido como un desarrollo reglamentario en aplicación de lo concretado en el artículo 4.2 de la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino.

- **ÁMBITO DE APLICACIÓN**

El Real Decreto 363/2017, regulariza el contenido de los Planes de Ordenación del Espacio Marítimo, de manera que implantará la distribución temporal y espacial, presenta y futura, entre otros de las siguientes actividades:

<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN</b>
▶ Las rutas de transporte y el tráfico marítimos
▶ Las instalaciones e infraestructuras para la prospección, explotación y extracción de petróleo, gas y otros recursos energéticos, minerales y áridos minerales, y la producción de energía procedente de fuentes renovables
▶ Las zonas de pesca
▶ Las zonas de agricultura
▶ Las zonas de vertido en el mar
▶ Las zonas de extracción de materias primas
▶ La investigación científica
▶ Los tendidos de cables y de tuberías submarinos
▶ Las actividades culturales, turísticas y deportivas
▶ El patrimonio cultural submarino
▶ Los distintos tipos de zonas definidas en la Ley 8/1975, de 12 de marzo, de zonas e instalaciones de interés para la Defensa Nacional, así como las zonas marinas utilizadas para el desarrollo de ejercicios de las Fuerzas Armadas
▶ Los espacios protegidos, los lugares y hábitats que merezcan especial atención por su alto valor ambiental y las especies protegidas, en especial los disponibles en el Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad

- PRINCIPIOS ORIENTADORES

Los proyectos seguirán un conjunto de principios orientadores, que encauzarán el proceso de elaboración de la ordenación espacial. Estos son:

<b>PRINCIPIOS ORIENTADORES</b>
▶ Mejora de la competitividad de los sectores marítimos
▶ Mejora en el aprovechamiento del espacio marino
▶ Mejora de la gobernanza
▶ Enfoque ecosistémico, considerando la biodiversidad, la diversidad geológica e hidrológica de los ecosistemas marinos, incluido el paisaje, las interacciones entre éstos, así como el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos por parte de la sociedad
▶ Desarrollo sostenible
▶ Participación activa de los agentes públicos y privados incluyendo las comunidades costeras locales
▶ Gestión adaptativa
▶ Preponderancia de los objetivos de interés general
▶ Economía circular
▶ Transición ecológica hacia una economía baja en carbono y eficiente en el uso de los recursos, y ligado a la anterior, transición justa en materia de empleo
▶ Uso de la mejor información científica disponible, y de la escala de análisis más adecuada

- ORDENACIÓN DEL ESPACIO MARÍTIMO
- APLICACIÓN, EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS PLANES

### 5.1.c. Hoja de Ruta Eólica Marina en España

La “Hoja de Ruta Eólica Marina” se encuentra en armonía con la “Estrategia de la Unión Europea sobre las Energías Renovables Marinas”, habiendo surgido de la participación de diferentes agentes económicos y ciudadanos y más concretamente administraciones que han aportado sus contribuciones. La Hoja de Ruta Eólica Marina se fija cuatro objetivos principales conformados por, en primer lugar, que España sea un referente europeo para la innovación ambiental y para el desarrollo tecnológico asociado a las energías renovables en el medio marino, en segundo lugar, que España sea un referente internacional en cuanto a capacidad industrial y en el conjunto de la cadena de valor del sector, en tercer lugar, impulsar un desarrollo de las energías renovables marinas sostenible y compatible desde un punto de vista tanto social como ambiental y, en cuarto y último lugar, establecer un marco estatal correcto para el despliegue de las renovables marinas.

Este marco de actuación forma parte del conjunto de piezas estratégicas clave en la descarbonización de la economía en España, así como otros retos colaterales como pueden ser la reactivación económica tras la profunda crisis sanitaria de la COVID-19, el reto demográfico, la transición justa y la economía circular.

La Eólica Marina está agilizando su desarrollo industrial y tecnológico, haciendo factible su implantación en España gracias a ideas relacionadas con la eólica marina flotante en concreto la cual permite su despliegue en aguas más profundas. La eólica marina puede generar electricidad de manera predecible y estable gracias a sus elevados factores de capacidad, lo que se ve reflejado en un incremento en su producción en las estaciones de otoño e invierno, de mayor consumo y menos radiación solar. Esto presenta una gran complementariedad con otras energías renovables, aportando valor a las necesidades del sistema, contribuyendo a la seguridad de suministro y permitiendo un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles.

Estas fuentes de energía destacan, entre otras cosas, por su elevado potencial tecnológico e industrial.

Por una parte, cabe destacar la posición privilegiada de cara al desarrollo de la eólica marina en la que se sitúa España, desempeñando un papel fundamental como polo de desarrollo eólico terrestre a nivel mundial. Más específicamente, España es el segundo país europeo y el quinto país en el ranking mundial por potencia eólica instalada, seguidamente de China, Estados Unidos, Alemania e India, y pertenece a uno de los tres países europeos con mayores capacidades de inversión en I+D+I e industriales del sector. Por otra parte, España posee un gran sector marítimo-portuario, una industria de construcción naval potente, capacidades de ingeniería civil y unos equipamientos al servicio del desarrollo de las energías marinas.

El desarrollo de un mercado local en España permitirá mantener el posicionamiento competitivo de la industria offshore española, contribuyendo a ampliar el mercado de esa cadena de suministro en España e incluso afianzar la competitividad a nivel mundial. Además, aumentará su aportación al Producto Interior bruto y la generación de empleo cualificado, contribuyendo a la estabilización de cargas de trabajo en los sectores industriales asociado y a las estrategias de diversificación de negocio.

Así como se ha expuesto anteriormente la Hoja de Ruta Eólica se fija un cuádruple objetivo:

1. España como referente europeo para la innovación ambiental y para el desarrollo tecnológico asociado a las energías renovables en el medio marino, aprovechando las particularidades geográficas, reforzando las plataformas de ensayo e impulsando al menos 200 millones de euros públicos en respaldo a la innovación tecnológica en el periodo 2021-2023.
2. España como referente internacional en cuanto a capacidad industrial y en el conjunto de la cadena de valor del sector desarrollando las capacidades para el aprovechamiento de las oportunidades laborales.
3. Impulsar un desarrollo de las energías renovables marinas sostenible y compatible desde un punto de vista tanto social como ambiental. Sostenibilidad como soporte principal.

Mas allá de valores naturales y del entorno marino se busca en desarrollo compatible con el desarrollo tecnológico y el despliegue de las energías renovables marinas, agregando un análisis de datos sobre el entorno, un seguimiento de la biodiversidad y una evaluación de las interacciones de los distintos usos y actividades.

4. Establecer un marco estatal correcto para el despliegue de las renovables marinas, con objetivos de 1-3GW de energía eólica marina.

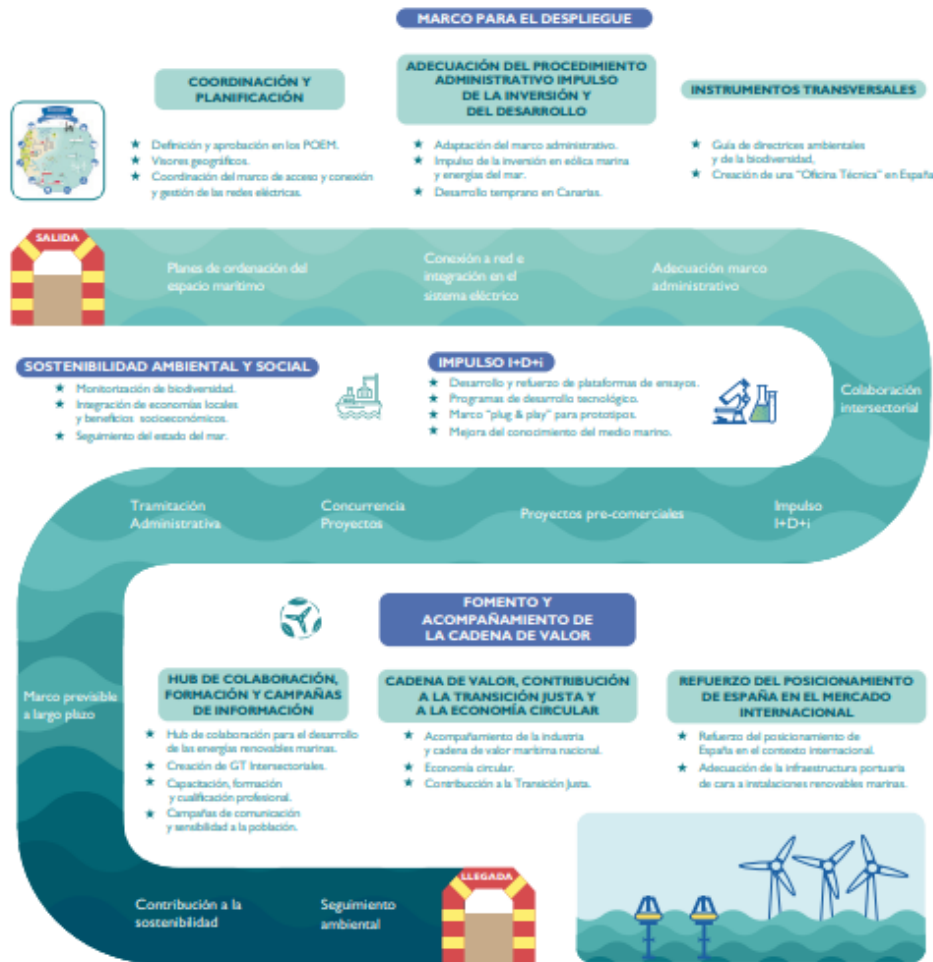


Figura 23. Itinerario de la Hoja de Ruta para el despliegue de la Eólica Marina y las Energías del Mar en España. Periodo 2021-2030. Fuente: (MITECO , 2022)

## 5.2. OPORTUNIDADES DE DESARROLLO DE EÓLICA MARINA EN ESPAÑA.

Situación económica combustibles, gas natural y luz.

Empresas y ciudadanos están atravesando momentos difíciles debido a que están sufriendo el progresivo aumento del precio de los suministros. Esto supone un grave problema tanto para el día a día de los ciudadanos en sus hogares, pero más aún para los negocios.

La progresiva subida en el precio de suministros esenciales como los combustibles, el gas o la luz hace que la producción también sea más cara. Ante esto, las empresas pueden tomar dos caminos, bien aumentar los precios o bien intentar mantenerlos para no causar un perjuicio a los clientes y con ello, sacrificarse a perder rentabilidad.

En primer lugar, la factura eléctrica se ha convertido en uno de los grandes protagonistas este último año. Las causas que están dando lugar al incremento imparable de los precios del kilovatio hora son muy variadas y entre ellas cabe destacar:

- Incremento del precio del gas natural: El precio de valorización de este combustible fósil en 2021 aumentó un 400% con respecto al mismo periodo del año anterior. Dado que este se emplea dentro del sistema eléctrico para cubrir la demanda, esto ha disparado el precio de la electricidad.
- La Unión Europea ha incrementado el precio de los impuestos de emisión de CO2: Esta subida de la tasa que pagan las empresas por emitir a la atmósfera dióxido de carbono se ha trasladado a los consumidores, siendo en el año 2021 este aumento en la tasa, de más de un 100% en un periodo de seis meses.
- Aumento de la demanda: Los niveles de producción de las empresas están llegando a los niveles prepandemia y esto está haciendo que el consumo demandado de energía sea mayor. Este aumento de la demanda y una oferta cada vez más limitada se refleja en que el precio de la energía sube.

#### EVOLUCIÓN DEL PRECIO DE LA LUZ (2021-2022)

Mes	Precio medio 2021	Precio medio 2022
Enero	0.1264 €/kWh	0.2859 €/kWh
Febrero	0.0939 €/kWh	0.2863 €/kWh
Marzo	0.1151 €/kWh	0.3919 €/kWh

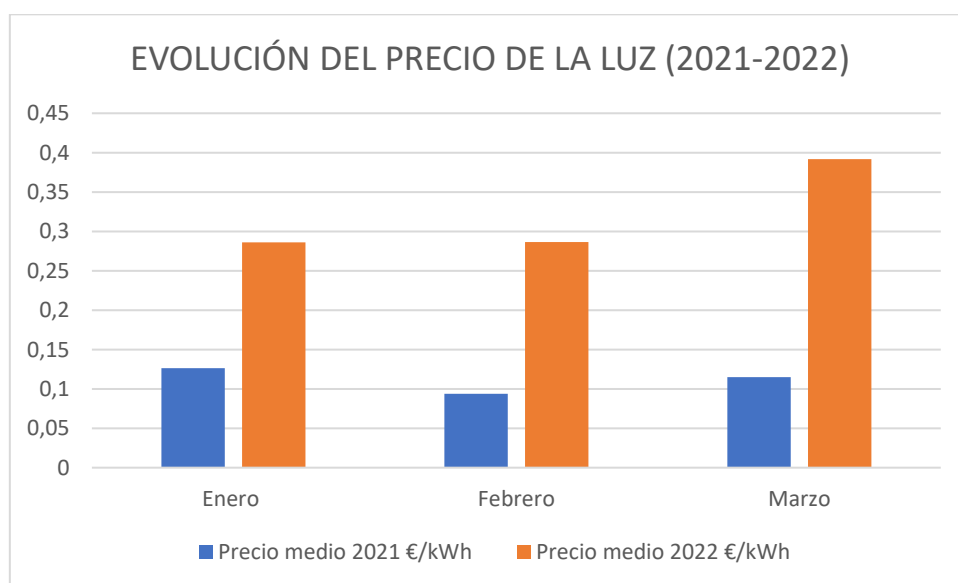


Figura 24. Evolución del precio de la luz (2021-2022) Fuente: (Selectra, 2022)



En segundo lugar, la subida del precio del gas incide directamente en el precio de la electricidad y la causa de que el precio de este combustible fósil se dispare es básicamente que España depende totalmente de las importaciones de gas natural, lo que le hace depender de agentes externos.

Lo que explica este acontecimiento es la bajada de las reservas de los países exportadores de gas. Rusia, que es una de las grandes exportadoras, ha limitado la cantidad de gas que cede al exterior para así poder atender a una demanda interna más alta de lo habitual, lo que afecta de forma directa a España que, con menos cantidad disponible de este combustible en el mercado, los precios se disparan.

En tercer y último lugar, el precio de los combustibles como el diésel y la gasolina han estado en continuo aumento los últimos años. El principal motivo de esto es que la falta de recursos cada vez empieza a ser más importante. A su vez, los productores se están viendo obligados a utilizar sustancias alternativas para elaborar los combustibles, lo cual encarece la fabricación. Como consecuencia, el producto sale al mercado con un precio más elevado.

PRECIO DE LOS COMBUSTIBLES (ENERO 2021-ENERO 2022-MAYO 2022)			
Combustible	11/01/2021	11/01/2022	11/05/2022
Gasolina (Sin Plomo 95)	1,199 €/litro	1,489 €/litro	1,962 €/litro
Gasóleo (Gasóleo A)	1,087 €/litro	1,367 €/litro	1,850 €/litro
GLP	0,674 €/litro	0,844 €/litro	1,008 €/litro
GNC	0,845 €/litro	1,929 €/litro	1,974 €/litro

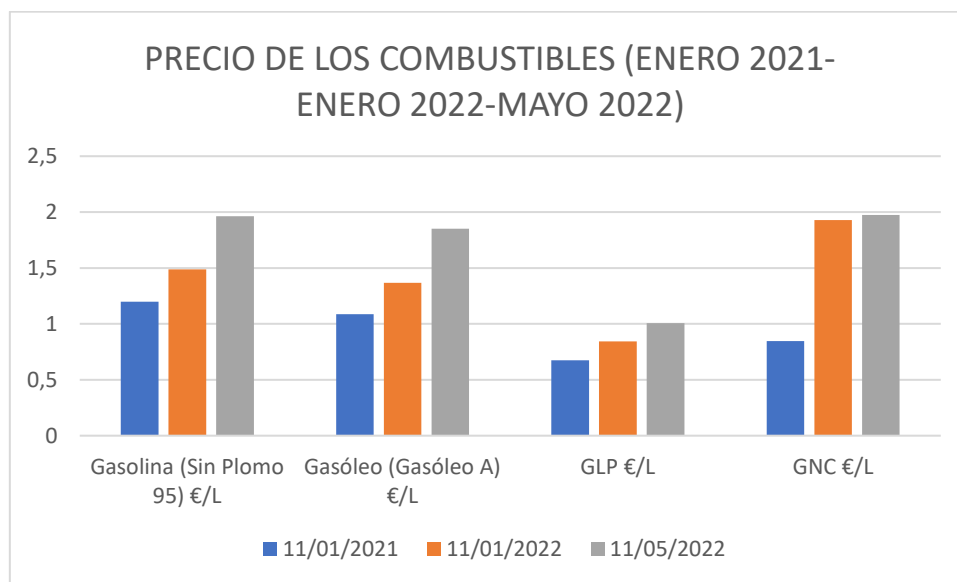


Figura 25. Precio de la gasolina y diésel HOY en las gasolineras de España. Fuente: (Diesel o Gasolina, 2022)

Como consecuencias de la subida del precio de los suministros cabe destacar el papel tanto de las empresas como de los consumidores.

Las empresas para poder producir necesitan previamente adquirir materias primas y consumir suministros como el gas o la luz. Además, tanto para poner el producto a disposición del cliente final como para el aprovisionamiento del stock hay que contar con un sistema logístico el cual necesita consumir combustibles fósiles para el transporte. Las empresas están teniendo que asumir las subidas de precios de dos formas. Por una parte, por el aumento del importe de los suministros y por otra, por la subida de precio de las materias primas, puesto que al fabricante de estas también le cuesta más producirlas. Añadiendo a este grave problema las consecuencias derivadas de la crisis económica de la pandemia de la COVID-19, las empresas no tienen la capacidad de permitirse perder rentabilidad, así que han tenido que compensar el aumento de sus costes tanto fijos como variables, subiendo los precios de sus productos y servicios.

Esto afecta al conjunto de la economía, puesto que cuando suben los precios de los productos básicos el poder adquisitivo de los ciudadanos disminuye. Es decir, crece la inflación.

Esta situación está llevando a las empresas a una posición muy comprometida desde el punto de vista económico, lo que hace indispensable tomar decisiones que ayuden a controlar la inflación y esto se refleje en la regulación de las variaciones en el precio de las materias primas y combustibles.

#### Calentamiento global y cambio climático 2022.

La UE se ha comprometido a una fuerte descarbonización de su economía y esto requerirá una transición energética radical. Para hacerlo, todos los consumidores deberán cambiar los hábitos de consumo de energía, reducir la dependencia de los combustibles fósiles contaminantes y hacer un uso completo de las fuentes de energía renovable limpia y fácilmente disponibles. Sin embargo, la transición energética también ofrece a Europa nuevas oportunidades para mejorar las condiciones ambientales, desarrollar economías e industrias nuevas y limpias, aumentar la independencia energética y fortalecer la competitividad global y local en tecnología de energía renovable.

Las plantas de energía de combustibles fósiles y biomasa impulsan partículas dañinas en el aire y la transición a fuentes de energía limpias y renovables mejorará drásticamente la calidad del aire. La energía eólica es un recurso limpio, gratuito y abundante que se puede extraer y convertir en electricidad sin emisiones. Eliminar gradualmente las plantas de energía de combustibles fósiles y reemplazarlas con más energía eólica será de gran ayuda en la lucha contra el cambio climático y, como tal, ayudará a reducir los problemas de salud innecesarios. aumentar la expectativa de vida y evitar miles de millones de costos relacionados con la salud.

Como se estableció anteriormente en este informe, un sistema de energía descarbonizado es esencial para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París. En 2017, el sector eléctrico europeo tuvo una huella de carbono total de más de mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq) y el 97 % provino de la quema de combustibles fósiles. Esta huella de carbono no solo incluye las emisiones durante la producción de energía, sino todas las emisiones durante el ciclo de vida Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), la energía eólica tiene la huella de carbono más baja de todas las tecnologías de generación de energía. En promedio, emite solo 11,1 gramos de CO<sub>2</sub>eq por cada kWh producido a lo largo de su vida útil. Esto es más de 4 veces menos que la energía solar fotovoltaica (48 g/kWh) y de 80 a 100 veces menos que los combustibles fósiles sólidos (820-1075 g/ kWh).

Por lo tanto, la instalación de más turbinas eólicas y la eliminación gradual de las centrales eléctricas de combustibles fósiles es la forma más eficaz de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Una eliminación acelerada del carbón, junto con un mayor despliegue de energía eólica terrestre, ya podría generar una reducción de 204 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> cada año.

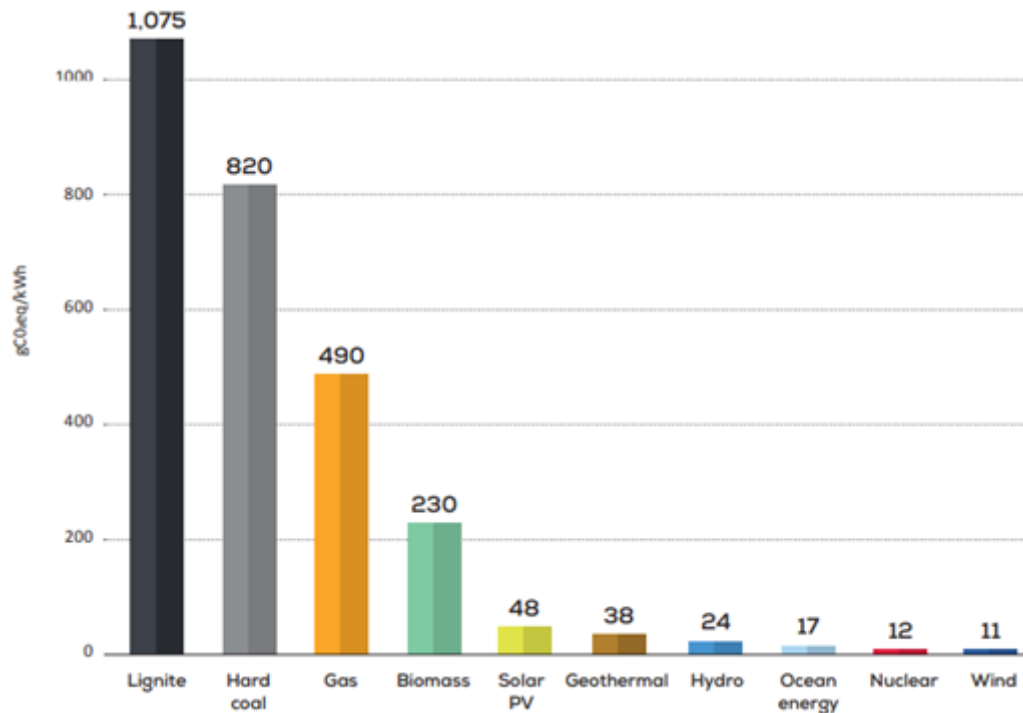


Figura 26. Emisiones de carbono por tecnología energética a lo largo del ciclo de vida. Fuente: (ETIP Wind, 2022)

#### Industria e infraestructura portuaria española.

Una de las grandes ventajas que tiene el territorio español, es la posible utilización o reestructuración de las infraestructuras portuaria, tanto para su utilización como puertos de operaciones como para la fabricación y montaje de componentes. Actualmente, según la Estrategia Europea de Energías renovables Marinas, solo unos pocos puertos europeos son aptos para la fabricación, montaje y mantenimiento de infraestructura de energía marina. La futura operación de parques eólicos marinos en España y su desarrollo daría lugar a un nuevo mercado muy interesante para la industria naval española. Muchas de las empresas de ingeniería nacionales, ya tienen una cierta contribución en la ejecución de proyectos eólicos marinos a nivel internacional. Por consiguiente, su capacidad de desarrollo tecnológico consentirá emprender proyectos de renovables marinas y reforzar su introducción en el mercado global, teniendo en cuenta su colaboración y reconocida reputación internacional en otros proyectos de sectores tradicionales como el sector naval, transporte o de construcción como de sectores renovables. Las medidas de impulso a la eólica marina ocasionaran por tanto rentabilidad sobre los sectores estratégicos mencionados anteriormente.

A mayores, tanto en el propio sector eólico como en el sector portuario y naval se identifican oportunidades específicas.

Con relación a los puertos, el peso y el tamaño de los componentes de las turbinas eólicas marinas hacen que los puertos que sustentan este tipo de proyectos sean prácticamente únicos en comparación con la categorización de los puertos convencionales.

Las instalaciones portuarias tienen distintos requerimientos según se utilicen para operaciones y mantenimiento, actividades de fabricación o almacenaje: capacidad de levantamiento, accesos de embarcaciones de grandes capacidades, transporte de góndolas, buques grúa o de tendido de cables, capacidad de almacenaje interior y exterior y transferencia de tripulación entre otras cosas. Por esto, tener la capacidad de llevar a cabo las adaptaciones necesarias en los puertos españoles concederá que estos ganen competitividad en el ámbito de la cadena de valor de las energías renovables marinas.

### 5.3. COMPETIDORES INDUSTRIALES.

Hay cerca de 800 sitios de fabricación operativos para componentes de turbinas eólicas a nivel mundial. Europa y China acogen 31% y 45% de las instalaciones respectivamente. América del Norte (Estados Unidos, Canadá y México) es el hogar de sólo el 4,5% de la población mundial fábricas de componentes eólicos. Junto con Brasil (5%) y India (7%), todas estas regiones son el hogar del 92% del viento instalaciones de fabricación de componentes. Mientras que la energía eólica se basa en una cadena de suministro global, la ubicación de las fábricas refleja la importancia de los mercados locales. China alberga alrededor del 45% de las instalaciones, con alrededor del 33% de la capacidad acumulada mundial. Europa alberga el 31% de las instalaciones de producción, con el 30% de la capacidad acumulada global. Ambas regiones son netas Exportadores. América del Norte, por el contrario, alberga solo el 4,5% de las instalaciones con una capacidad acumulada de casi el 20%. América Latina es un mercado en crecimiento (6% de las instalaciones) en 2019) que ha conseguido atraer a una importante base manufacturera, principalmente debido al contenido local del Brasil Requisitos. Solo Brasil alberga el 5% de las instalaciones. Ver figura 27.

Alemania, España, Francia, Italia y Dinamarca siguen siendo los principales productores de componentes estratégicos de turbinas eólicas en Europa. Alemania, por ejemplo, comanda la mayor parte de la góndola, las cuchillas, las cajas de engranajes, las piezas fundidas, los convertidores, y fábricas de rodamientos en Europa. Ver figura 28.

La fuerte posición de las empresas europeas de energía eólica en todo el mundo asegura un suministro competitivo de energía eólica componentes energéticos para proyectos europeos manteniendo sitios estratégicos a nivel local. Europa tiene la mayor parte de las instalaciones propiedad de OEM para una producción de palas totalizada del 68%. Esto se compara con menos que el 40% en otras regiones. El contraste es aún mayor en convierte, donde la participación de Europa es del 40%, mientras que los EE.UU. y China tiene alrededor de la mitad de esa cantidad cada uno (ver figura 29).

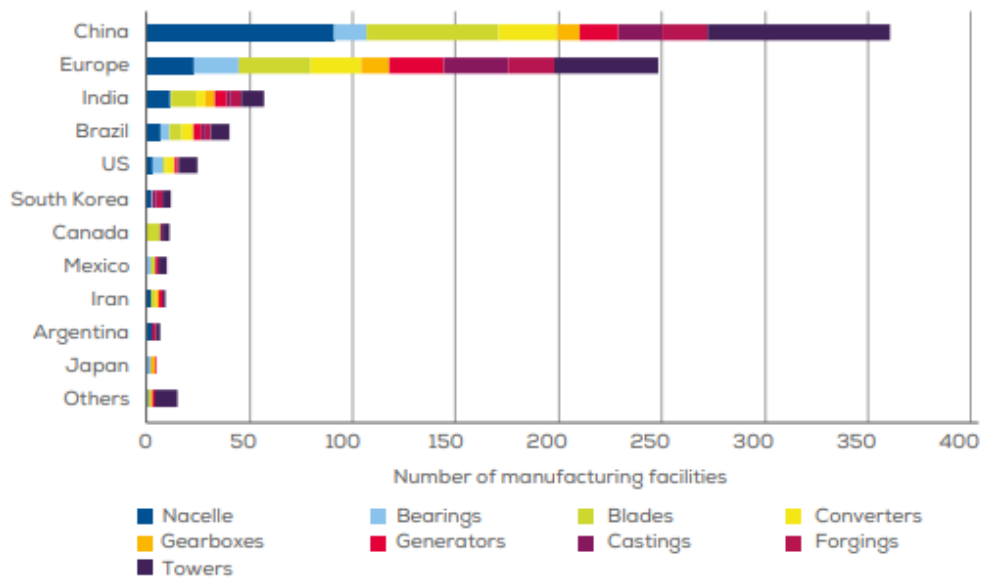


Figura 27. Instalaciones operativas globales de fabricación de componentes de energía eólica en 2019. Fuente: (Wind Europe , 2020)

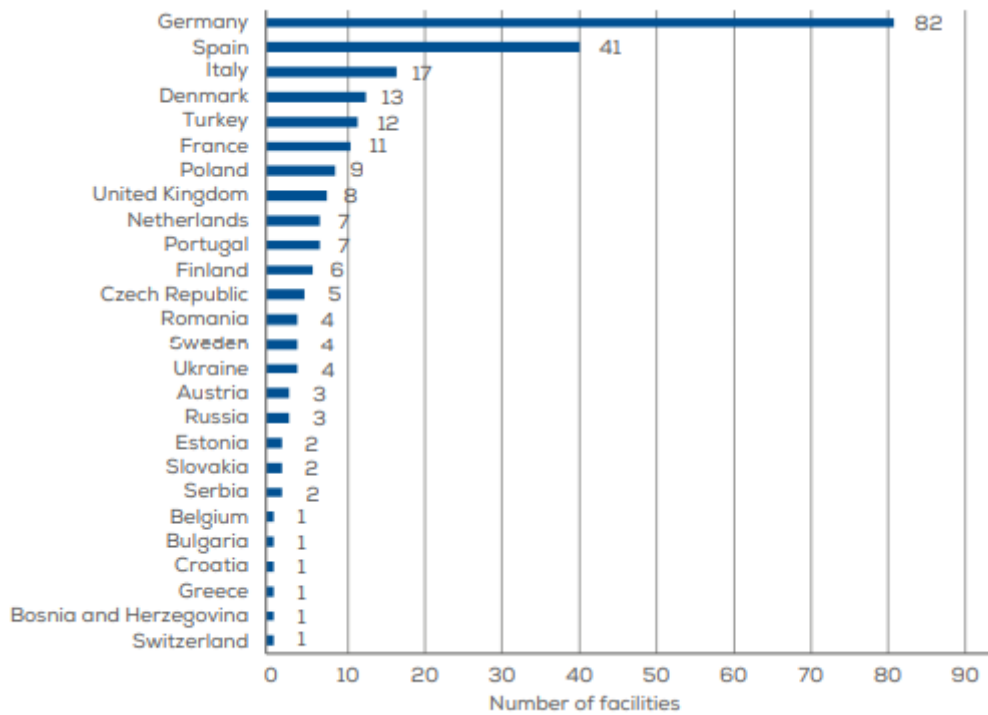


Figura 28. Instalaciones operativas europeas por país y número de instalaciones por componente. Fuente: (Wind Europe , 2020)

Componentes como cajas de engranajes, fundición, forja y los rodamientos se subcontratan predominantemente de cualquiera de los grandes conglomerados o empresas especializadas.

Torres, debido a su naturaleza (muy pesadas y relativamente bajas) complejidad) son el componente más extendido en términos de huella de fabricación, a nivel mundial.

Los materiales crudos y procesados utilizados en las turbinas eólicas son también procedente de todo el mundo. Suministros de China aproximadamente la mitad de las materias primas, como el mineral de hierro para la fabricación de acero, y tierras raras como el disprosio y el neodimio, que se utilizan en los imanes permanentes en los generadores de turbinas sin caja de engranajes. Pero el papel de China disminuye significativamente a medida que la transformación de los procesos agrega valor a lo largo de la cadena de suministro, que tiene lugar principalmente en Europa.

Las cadenas de suministro globales son, por lo tanto, una característica clave de energía eólica. Permiten a las empresas obtener materiales y componentes a costos competitivos para que La industria eólica europea sigue reduciendo costes, lo que reduce las facturas de energía de los consumidores y sigue exportando tecnología competitiva frente a los fabricantes chinos.

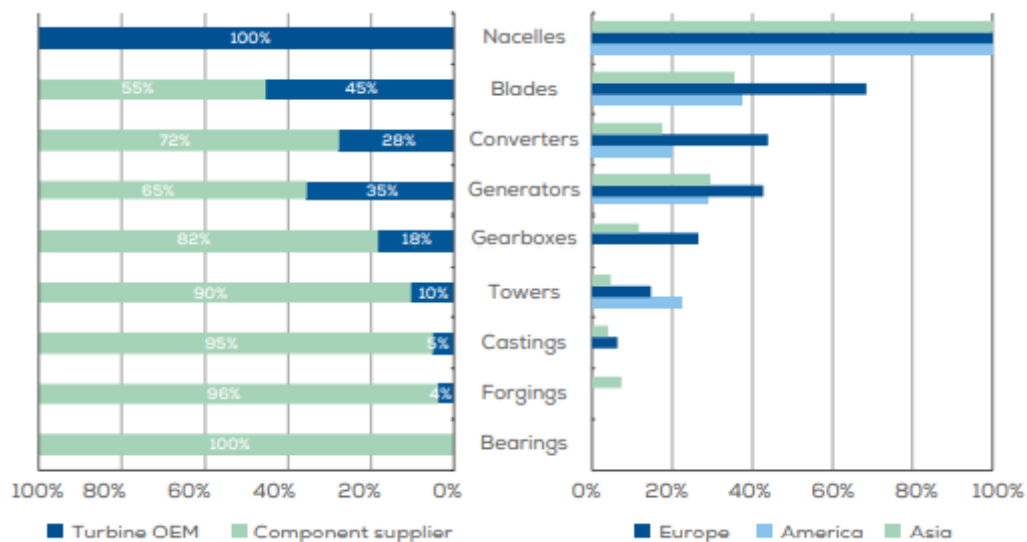


Figura 29. Participación de las instalaciones de producción por tipo de empresa y participación de las instalaciones propiedad de OEM por región. Fuente: (Wind Europe , 2020)

#### 5.4. EVOLUCION DE LOS COSTOS DEL Mwh DE LA ENERGIA EOLICA MARINA.

La eólica marina de cimentación fija ha avanzado significativamente desde la instalación de los primeros parques marino. Los esfuerzos invertidos en innovación, desarrollo e investigación se han enfocado en la eficacia en costes sin perder de vista el objetivo ni afectar a la seguridad de las instalaciones, focalizando sus esfuerzos en conseguir un mejor aprovechamiento del viento utilizando turbinas eólicas de mayor tamaño, optimizando, además, las tecnologías implicadas y sus procesos, lo que se ha visto reflejado en la reducción de su “Levelized Cost of Energy” /

“Coste de Nivelado de la energía” (LCOE) entendido como el conjunto de costes de inversión y explotación de una instalación puesta en servicio, por unidad de generación eléctrica neta a lo largo de su vida útil, llegando a alcanzar hasta un 70% de la reducción en un periodo de menos de 10 años.



Figura 30. Evolución del LCOE de la eólica marina hasta 2020 junto con precios de adjudicación de subastas europeas a futuros. Fuente: (MITECO, 2022)

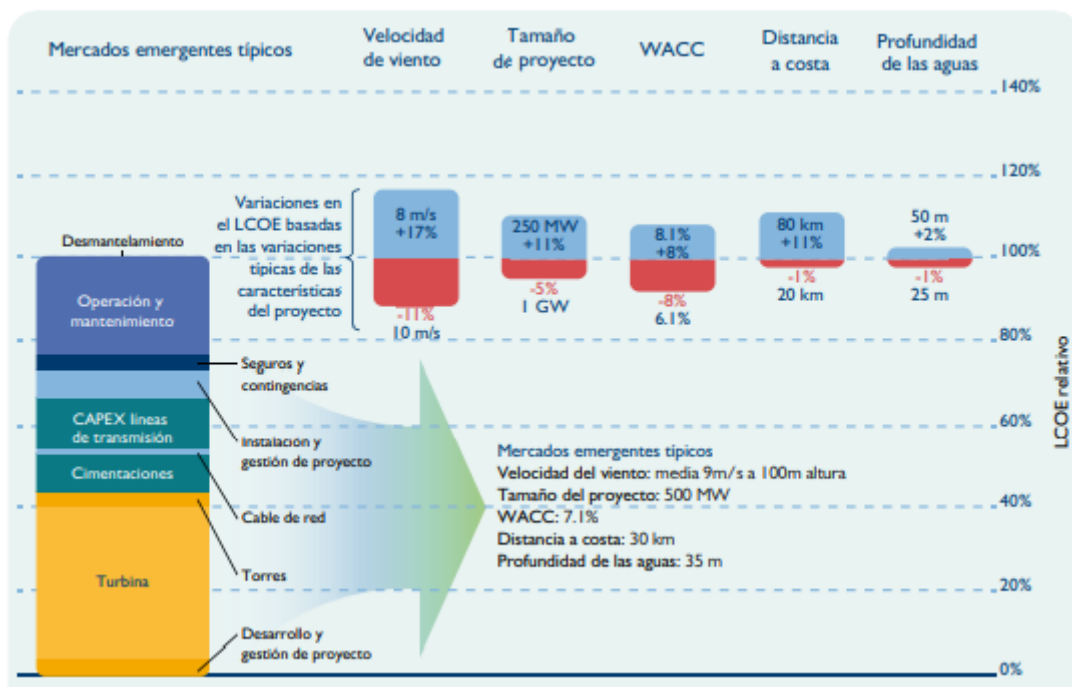


Figura 31. Desglose típico de LCOEs de un proyecto eólico marino representativo en un mercado emergente, incluyendo el impacto de los “parámetros físicos clave”. Fuente: (MITECO, 2021)

En Europa, los nuevos proyectos desarrollados con turbinas de 10 MW han conseguido un ahorro de costes de mantenimiento e inversión aun mayor y factores de capacidad superiores al 50% en muchos enclaves. Como se observa en la figura 31, las últimas subastas europeas han logrado unas reducciones notables de los precios, llegando hasta tarifas inferiores a 50 €/MWh. En circunstancias y tecnologías de generación concretas, el “Coste de Nivelado de la energía” (LCOE) de la eólica marina se ha reducido tanto en que la hacen competitiva, y por ello, una solución para muchos países de la UE para alcanzar sus objetivos, entre los que prioriza la descarbonización. Ver figura 31.

La consecuencia de los costes de generación (LCOE) óptimos en los proyectos eólicos marinos españoles, sucederá cuanto mayor sea el número de los parámetros físicos clave expuestos a continuación: Recursos eólicos suficientes en el emplazamiento, mayor tamaño de la potencia unitaria de las turbinas y del parque eólico marino, minimización de los costes financieros mediante la gestión apropiada de los riesgos del proyecto y minimización de los costes de explotación, obtención de permisos y arrendamientos, menor distancia a la costa, menor distancia a los nudos de conexión a la red de transporte y, por último, menor profundidad del emplazamiento marino. El factor de mayor impacto para la reducción de costes de generación es el primero de todos, dado que la existencia de un elevado recurso eólico supone una repartición de las inversiones y los costes de explotación en una mayor generación eléctrica.



Figura 32. Valor actual y previsión a futuro del coste total, LCOE e inversión anual media de los proyectos de eólica marina. Fuente: (IRENA, 2019)



Según los análisis de la Agencia Internacional de la Energía el desarrollo de la tecnología permitirá alcanzar reducciones de un 40% adicional del LCOE para 2030, hasta valores entre 30-40 €/MWh, y del 60% para 2040. En el análisis de IRENA publicado en octubre de 2019, se llegan a conclusiones similares, en el sentido de que la eólica marina alcanzará valores competitivos en otros mercados antes de 2030 y valores entre 0,03 a 0,07 \$/kWh para 2050.

En cuanto lo referente a la eólica marina flotante, según se muestra en la figura, seguirá una trayectoria de coste descendente, más pronunciada que la eólica terrestre en parte debido al acceso a zonas de mayor recurso, lo que se refleja en un mejor factor de capacidad. Se prevé que los costes de la tecnología marina flotante disminuyan entre un 38% y un 50% hasta 2050.

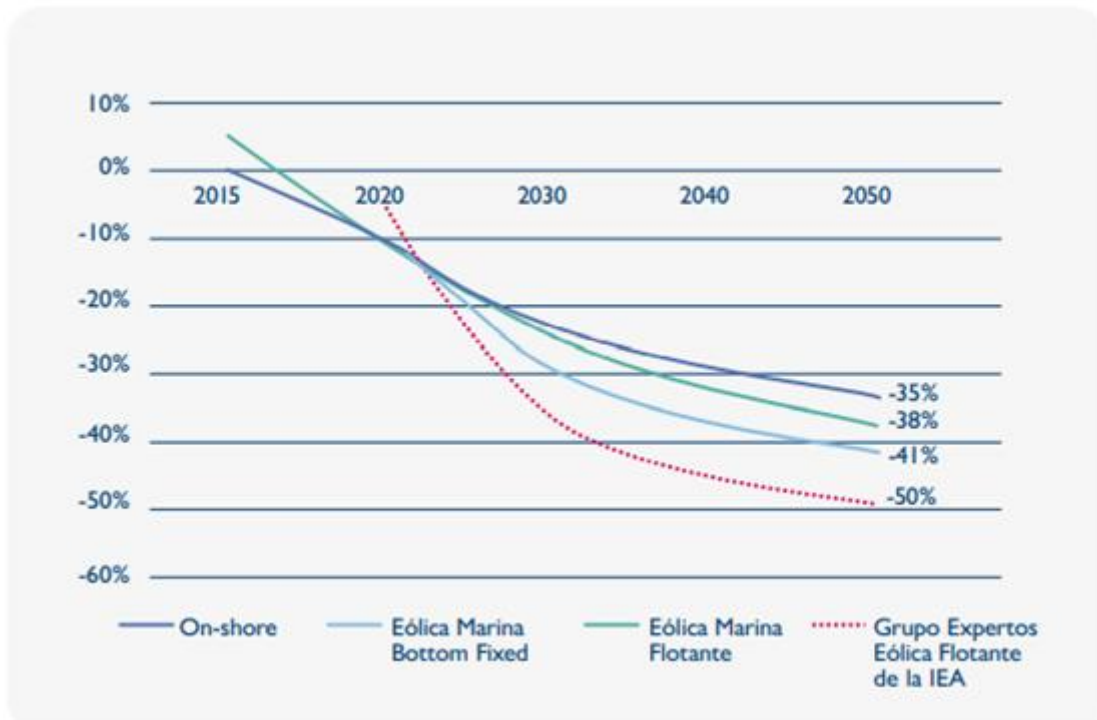


Figura 33. Comparativa de la reducción del LCOE de la eólica marina flotante, con eólica marina de cimentación fija y eólica terrestre. Fuente: (IEA, 2022)

Esta tecnología ha experimentado una reducción de costes mayor que la tecnología marina de cimentación fija, confiando en que siga el mismo camino desde los actuales 180-200 €/MWh para proyectos en fase precomercial de pequeña escala, hasta los 80-100 €/MWh en 2025 para los emergentes proyectos a escala comercial utilizando tecnologías existentes ya probadas. Se espera que consiga alcanzar los 40-60 €/MWh para 2030 a escala comercial.

Como ha ocurrido con otras tecnologías renovables los últimos años, es necesario alcanzar un volumen crítico en el despliegue de proyectos, que cumplan con la consolidación tecnológica en torno a las soluciones más competitivas, en consonancia con los objetivos propuestos en la Hoja de Ruta. La evolución real de reducción de costes para la eólica marina flotante durante la próxima década dependerá de la velocidad del despliegue de las instalaciones comerciales (Ver figura 34).

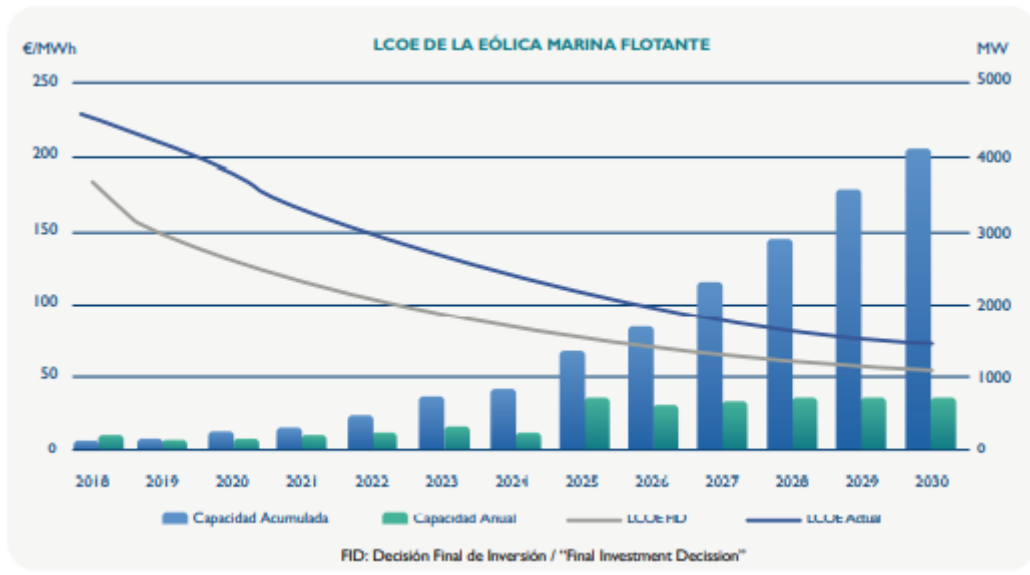


Figura 34. Reducción del LCOE de la eólica flotante hasta 2030. Fuente: (Wind Europe , 2022)

En comparación con los ya mencionados 29 GW de eólica marina de cimentación fija, a diciembre de 2020 había instalados unos 88 MW de eólica flotante mundial a nivel precomercial, con un tamaño entre los 2 MW y los 30 MW, constituidos por entre 1 y 5 máquinas de hasta 8,4 MW de potencia unitaria. Teniendo en consideración los proyectos previstos, a 2022 se estima alcanzar una capacidad acumulada mundial de aproximadamente 350 MW de eólica marina. Según IRENA, se espera que a 2030 la tecnología flotante instalada sea de entre 5 y 30 GW a nivel global. Por tanto, nos encontramos en un punto de inflexión que establecerá el potencial de despegue de la eólica marina flotante en las próximas décadas.

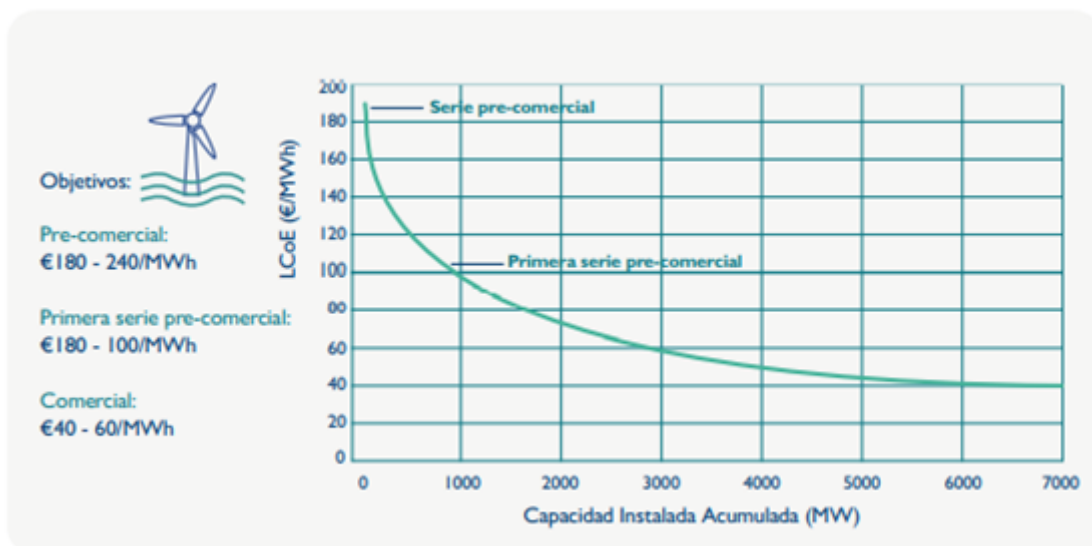


Figura 35. Reducción del LCOE de la Eólica Marina flotante en función de la potencia instalada acumulada. Fuente: (Wind Europe, 2019)

Finalmente, cabe señalar que el desarrollo de la eólica marina flotante tiene grandes ventajas ya que permitirá reducir los costes y riesgos relacionados con la instalación, operación y desmantelamiento de instalaciones de eólica marina fija tradicionales. Al situarse en estructuras flotantes, necesitarán menos operaciones bajo el nivel del mar, reduciendo así costes y riesgos.

## 5.5. MECANISMOS DE FINANCIACION PARA INVERSIONES EOLICAS MARINAS.

Para alcanzar todos los objetivos propuestos anteriormente en la Hoja de Ruta Eólica Marina, objetivos como la descarbonización de la economía, estimular y propulsar la innovación tecnológica o llevar a cabo una transición energética junta, entre otros, es necesario un volumen elevado de recursos financieros tanto públicos como privados en múltiples sectores de actividad.

En el sector eólico marino en concreto, la necesidad de bienes para desarrollar una prueba a escala real es muy alta, al igual que lo es el riesgo tecnológico. Generalmente, la exigencia que supone un proyecto eólico marino es superior a cualquier otro modelo de energías renovables. Tanto los trabajos marinos y submarinos como los medios a utilizar en el despliegue de los dispositivos son muy caros y dependientes de las condiciones del mar, lo que minora la disponibilidad y dificulta su ejecución provocando esto su encarecimiento.

En el caso de la eólica marina en España, el apoyo público es particularmente importante debido a la escasez de experiencias comerciales o demostrativas, a que algunos conceptos tecnológicos se encuentran aún en una etapa de desarrollo temprana y a los elevados volúmenes de inversión.

Sin embargo, se tratan de proyectos que requieren grandes cantidades de capital y cuya viabilidad puede precisar de mecanismos adicionales a la subvención para hacer factibles esos ensayos. Es por esto por lo que existen abundantes mecanismos de financiación a nivel tanto nacional como europeo, orientados a favorecer el desarrollo de proyectos eólicos marinos, ya que les consideran como una de las piezas clave para la descarbonización de la economía y en la transición energética.

### Instrumentos europeos

#### 1. Innovation Fund:

Innovation Found se funda como uno de los programas principales de financiación para propósitos de tecnologías bajas en carbono e innovadoras que se sitúen en una fase comercial o precomercial. Para la selección de los proyectos se aplicarán cinco filtros en dos etapas: en la primera etapa se tendrán en cuenta las emisiones evitadas, el grado de innovación y el estado de madurez del proyecto, y en la segunda etapa se tendrá en cuenta la escalabilidad y la eficiencia en costes, respectivamente.

Se estima una dotación de en torno a 10.000 millones de euros en el periodo 2020-2030. Las ayudas de emitirán en forma de subvenciones de hasta el 60% de los costes complementarios ligados a la innovación mediante convocatorias anuales.

La primera ayuda tuvo lugar el 3 de julio de 2020 y duró hasta octubre de 2020. Esta ayuda está destinada a proyectos de gran escala (CAPEX > 7,5 millones de euros), entre los que se encuentran los proyectos de generación de energía renovable, y están dotados de alrededor de 9.000 millones de euros, tanto para el proyecto en si como para la asistencia al desarrollo de este.

## 2. Horizon 2020 y Horizon Europe

Horizon 2020 es el mayor mecanismo de financiación de la innovación e investigación a nivel europeo. Horizon 2020 fue lanzado para el periodo de 2014-2020 dotado con cerca de 80.000 millones de euros. Entre sus objetivos se encuentran proyectos destinados a la neutralidad y la resiliencia climáticas, una economía baja en carbono y la protección del medio ambiente, fomentando una energía limpia, eficiente y segura.

Posteriormente se creó el programa Horizon Europe para el periodo 2021-2027 dotado con un presupuesto de 95.000 millones de euros. Uno de sus objetivos es seguir la línea de Horizon 2020 y dar continuidad a las Eranets, que funcionan de nexo entre los estados miembros de la Unión Europea y países asociados, coordinando los programas de investigación nacionales y regionales e impulsando proyectos transfronterizos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico en temas estratégicos.

La Agencia Estatal de Investigación y el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial han colaborado en muchas de las Eranets y está en observación su intervención en los instrumentos co-found para el periodo 2021-2027.

## 3. Pacto Verde Europeo (European Green Deal)

La convocatoria Pacto Verde Europeo (European Green Deal) está encuadrada dentro del programa Horizon 2020. La convocatoria está compuesta de ocho áreas temáticas y tres áreas transversales entre las que caben destacar: “Industria para una economía circular y limpia”, “Energía limpia, segura y asequible”, “Movilidad inteligente y sostenible” o “Edificios eficientes en recursos y energía”.

Cuentan con un presupuesto de 1.000 millones de euros dedicados a la innovación y a la investigación relacionada con el European Green Deal. Los proyectos no se pudieron presentar hasta 2021 ya que la nueva convocatoria no se publicó hasta septiembre de 2020.

Uno de los objetivos principales del Pacto es potenciar la eólica marina y el desarrollo de las energías del mar, en relación con el objetivo anterior de afianzar el dominio de Europa en estas tecnologías a nivel mundial.

## 4. Acto de Ejecución sobre el mecanismo de financiación de energías renovables de la Unión Europea

El artículo 33 del Reglamento (UE) 2018/1999 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima implanta que la Comisión Europea creará el 1 de enero de 2021 el mecanismo de financiación de energías renovables de la Unión.

El contenido de dicho mecanismo ya ha sido acordado entre los Estados miembros y la publicación en el DOUE fue en el último trimestre de 2020.

Este Acto de Ejecución tiene como finalidad, por una parte, apoyar nuevos proyectos de energías renovables con el objetivo de enmendar un desfase en la trayectoria de la Unión. Los Estados Miembros pueden hacer una colaboración económica voluntaria al mecanismo de financiación.

Por otra parte, el instrumento de financiación contribuye, tal y como se define en el artículo 3, apartado 5, de la Directiva (UE) 2018/2001 relativa al impulso del empleo de energía procedente de fuentes renovables, con el fin de apoyar un despliegue codicioso de energías renovables en la Unión Europea.

La forma en la que se suministran los recursos financieros a los proyectos es a través de convocatorias organizadas por la Comisión.

## 5. InvestEU

Invest EU es un programa de la Unión Europea cuyo fin es movilizar financiación tanto pública como privada para inversiones estratégicas en el entorno de las políticas europeas. Cubrirá el ciclo 2021-2027 y agrupará bajo un mismo mando a 14 instrumentos financieros de la Unión Europea actualmente existentes, entre ellos, por ejemplo, el Fondo Europeo de Inversiones Estratégicas y se prevé una inversión complementaria de alrededor de 650.000 millones de euros.

El programa InvestEU tiene como propósito movilizar inversiones públicas y privadas a través de la cesión de una garantía de 38.000 millones de euros del presupuesto de la Unión Europea a socios financieros, fortaleciendo su capacidad de absorción de riesgos. Dicha garantía se divide entre las áreas de actuación de la siguiente forma: 11.250 millones de euros para investigación, innovación y digitalización, 11.250 millones de euros para PYMES, 4.000 millones de euros para inversión social y 11.500 millones de euros para infraestructuras sostenibles.

## 6. Fondo de Transición Justa

Este mecanismo está destinado a apoyar el cambio de las regiones más dependientes de los combustibles fósiles, fomentando la necesidad de abandonar un modelo económico centrado en combustibles fósiles. Este Fondo estará dotado de 7.500 millones de euros.

Los criterios para elegir el tipo de proyectos que serán financiados aún no están claros, pero se espera que algunas regiones españolas anexionadas al carbón puedan estar entre los elegibles, siendo la eólica marina una posible solución para la economía y el empleo de dichas zonas.

## 7. Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)

El objetivo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional es fortalecer la unión socioeconómica dentro de la Unión Europea enmendando los desequilibrios entre sus regiones.

Para conseguirlo centra sus inversiones en las siguientes cuatro áreas clave: Apoyo a pymes y economía de bajas emisiones en carbono, investigación e innovación y programa digital. En España, las ayudas destinadas al apoyo a una economía baja en emisiones de carbono son gestionadas por Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. En este contexto, el Fondo ha puesto en marcha programas de ayudas para proyectos de eficiencia energética, bien mediante préstamos a bajo interés o bien bajo la forma de subvenciones.

Durante el próximo periodo, entre el 65% y el 85% de los Fondos se destinarán a los propósitos de conseguir un Europa más inteligente, ecológica y libre de carbono, donde tendrán cabida proyectos de apoyo al desarrollo tecnológico de las energías renovables marinas.

## 8. InnovFin Energy Demonstration Projects

InnovFin Energy Demonstration Projects es un medio de financiación del Banco Europeo de Inversiones para proyectos innovadores en el entorno del desarrollo de las tecnologías de la energía renovable y almacenamiento de energía, consistente en garantías de préstamos o financiación en forma de intervención en el capital social de entre 7,5 y 75 millones de euros.

Para que un proyecto sea posible de elección debe contribuir a la transición energética, a la captura de carbono y almacenamiento de energía, ser innovador, estar en el periodo próximo al nivel pre-comercial y ser atractivo a la inversión.

## 9. Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas (FEIE)

El Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas funciona como garantía del presupuesto de la Unión Europea, ofreciendo al Grupo Banco Europeo de Inversiones (Grupo BEI) protección frente a las primeras pérdidas. Esto se refleja en que el grupo BEI tenga un mayor margen de maniobra para proporcionar financiación a proyectos de mayor riesgo que normalmente no asumiría. Un comité independiente aplica estrictos criterios para deliberar si un proyecto puede o no optar a la ayuda del Fondo. La financiación se concede en función de la demanda. No existen cuotas ni por sector ni país.

El Fondo Europeo tiene como objetivo ayudar a financiar inversiones en áreas estratégicas como investigación e innovación, energías renovables y eficiencia energética, educación, abordar las brechas del mercado, o financiar el riesgo para las PYMES.

## 10. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (Next Generation EU)

El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia es un nuevo instrumento de restauración de la fuerte crisis ocasionada por la pandemia de COVID-19, cuyo pilar fundamental de este Plan es mitigar el impacto económico y social de la crisis a través del apoyo a la transición digital y a la transición verde, promoviendo la cohesión social, económica y territorial de la Unión Europea, contribuyendo así a recuperar el potencial de crecimiento de la economía de la Unión Europea, impulsando el crecimiento sostenible y la creación de empleo.

Next Generation es un instrumento dotado con 750.000 millones de euros, de los cuales una tercera parte se articulará mediante préstamos y las dos terceras partes restantes mediante ayudas directas.

A nivel europeo, estará dotado con 672.500 millones de euros, de los cuales 360.000 millones de euros se proveerán en forma de préstamos y los 312.500 millones de euros restantes en forma de subvenciones. De este importe final dotado en forma de subvenciones, el 70% está comprometido para los primeros dos años.

A nivel español, este instrumento estará dotado de unos 140.000 millones de euros para el periodo 2021-2026 en forma de préstamos y transferencias. El 27 de abril de 2021, el gobierno autorizó el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia “España Puede”, para la ejecución de los fondos europeos hasta el año 2023.

Los fondos del Plan basan gran parte de su planificación en el impulso de las energías renovables, concretamente, en la eólica marina por su capacidad económica, de generación de empleo e implantación industrial, ya que parte de sus objetivos centran sus esfuerzos en la transición energética hacia una economía climáticamente neutra y esta energía es esencial para lograr la descarbonización del proceso.

## 11. Programa Eurostars

El Programa Eurostars es un programa que apoya a las PYMES en el desarrollo de proyectos transfronterizos orientados al mercado. Esta iniciativa se apoya en el artículo 185 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea que hace referencia a la participación de la Unión Europea en programas de I+D.

Hoy en día, cuenta con la participación de 25 miembros de la red EUREKA, la cual está integrada por una extensa lista de Estados europeos, incluida la Unión Europea, y países asociados como Corea del Sur, Chile, Canadá y Sudáfrica, en un apoyo a las PYMES europeas. La Unión Europea aportará hasta 2020 287 millones de euros provenientes del instrumento Horizon 2020, a los cuales se podrían añadir hasta más de 800 millones de euros de los países solicitantes.

En España, se encarga de esta gestión del programa, el Ministerio de Ciencia e Innovación.

Descripción y características	Dotación	Tipo de ayudas.	Convocatoria	
<b>Innovation fund</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uno de los principales programas de financiación para tecnologías innovadoras bajas en carbono.</li> <li>• Línea específica de almacenamiento.</li> <li>• Criterios de selección:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Emisiones evitadas.</li> <li>2. Grado de innovación.</li> <li>3. Madurez del proyecto.</li> <li>4. Escalabilidad.</li> <li>5. Eficiencia en costes.</li> </ol> </li> <li>• Convocatorias anuales.</li> <li>• Línea específica para proyectos con CAPEX &lt; 7,5M€.</li> </ul>	10.000 M€.	Subvención. Hasta 60% de costes adicionales derivados de innovación.	Julio 2020. 1000 M€.
<b>H2020</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor instrumento europeo de financiación de I+D+i.</li> <li>• Entre sus objetivos están:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La transición a una economía baja en carbono.</li> <li>2. La protección del medio ambiente</li> <li>3. La acción climática.</li> </ol> </li> <li>• Actualmente es área prioritaria: "Construyendo un futuro bajo en carbono y climáticamente resiliente".</li> </ul>	80.000 M€. El programa 2018-2020 destina 3.400 M€ al clima.	Varios.	Varios.
<b>Horizon Europe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Próximo Programa Marco sucesor de H2020.</li> <li>• Actualmente en fase de desarrollo Cluster destinado a Clima, Energía y Movilidad.</li> <li>• Incorporará partenariados co-fund.</li> </ul>	En negociación. Estimados 100.000M€, 35% para cambio climático.	Varios.	Enero 2021.
<b>European Green Deal</b>	11 áreas, entre ellas: • Energía limpia, segura y asequible. • Industria para una economía circular y limpia. • Edificios eficientes en recursos y energía. • Movilidad inteligente y sostenible	1.000 M€.	Varios.	Septiembre 2021.
<b>Acto de ejecución sobre el mecanismo financiero de la Unión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismo de apoyo a nivel comunitario, que persigue que determinados EEMM consigan sus objetivos de renovables y favorecer un desarrollo ambicioso de las renovables en la UE.</li> <li>• Se contempla el almacenamiento (siempre y cuando vaya asociado a nueva generación renovable).</li> <li>• Criterios de selección:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio, en el caso de subastas asociadas a la función de gap filling de los objetivos.</li> <li>• Por determinar en cada convocatoria, en el caso del marco facilitador.</li> </ul> </li> </ul>	Sin determinar	Para el caso de gap filling, el único criterio de adjudicación en la subasta será el precio. Para el caso del marco facilitador, se determinará en cada convocatoria.	La primera convocatoria se prevé en 2021. En caso de haber fondos disponibles, se realizarán convocatorias anuales.
<b>Invest EU</b>	Su objetivo es movilizar inversiones públicas y privadas mediante garantía a socios financieros como el Grupo del BEI.	38.000 M€.	Garantía financiera.	2021.
<b>Fondo de Transición Justa</b>	Destinado a apoyar la transición de las regiones más afectadas por la necesidad de abandonar un modelo económico basado en combustibles fósiles.	7.500 M€.	Subvenciones.	2021.
<b>FEDER</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetivo: corregir los desequilibrios entre las regiones.</li> <li>• Centra sus inversiones en cuatro áreas temáticas, siendo una de ellas la economía de bajas emisiones de carbono.</li> </ul>	-	Subvenciones o préstamos.	Varias.
<b>InnovFin</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financiación de proyectos innovadores para transformación del sistema energético. Incluye energías renovable y almacenamiento.</li> <li>• Objetivo: reducir la brecha entre la demostración y la comercialización.</li> </ul>	Financiación entre de entre 7,5 y 75 M€.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préstamos.</li> <li>• Garantías de préstamos.</li> <li>• Participación capital social.</li> </ul>	Varios.



CEF	IPCEI resultan elegibles para este mecanismo de financiación.	43.000 M€. 60% para clima. 9.000 M€ para energía.	-	2021.
FEIE	Apoyo a inversiones estratégicas en áreas clave, entre las que se encuentran las energías limpias.	-	Garantía financiera.	En 2021 integrado en InvestEU.
Next Generation EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuevo instrumento de recuperación de la crisis COVID-19.</li> <li>• Entre sus objetivos está el apoyo a la transición ecológica.</li> </ul>	NGEU: 750.000 M€. MRR: 672.500 M€.	Subvenciones y préstamos.	-
Eurostars	Programa de apoyo las PYMES intensivas en I+D en el desarrollo de proyectos transnacionales orientados al mercado.	287M€ de H2020 + 800M€ de países parte.	-	Varios.

Figura 36. Tabla resumen/comparativa instrumentos europeos. Fuente: (MITECO, 2021)

## Instrumentos nacionales

### 1. Bonos verdes.

Aprovechando el impulso del Pacto Verde, en los últimos meses, han sido múltiples las iniciativas que se están llevando a cabo en este ámbito. Una de estas iniciativas en concreto va encaminada a dar pie al desarrollo de mercados de “bonos verdes” para subvención pública y privada. Los “bonos verdes” son recursos de renta fija cuyo principal cometido se dedica a financiar proyectos de carácter medioambiental.

España se podría favorecer de la prosperidad del mercado de finanzas sostenible pluralizando su base inversora, en concreto en Europa dado que es el punto donde mayor concentración de inversores sostenibles se halla. Asimismo, la emisión del bono verde podría lograr una ligera ventaja en costes.

### 2. Instrumentos de ayuda a la I+D+i gestionados por CDTI

El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) es el administrador de las ayudas de la Administración General del Estado para la Investigación, Desarrollo e Innovación empresarial. Por ello, el CDTI administra los problemas de ayuda, atribuibles en función de la cercanía al mercado del proyecto y en función del nivel de madurez.

Ahora, se exponen diferentes instrumentos para los cuales podrían ser elegibles los proyectos de desarrollo tecnológico relacionados con la eólica marina.

#### 2.1. Ayudas a la I+D

El en periodo 2017 y 2020 el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial ha contribuido cerca de 30 millones de euros en forma de ayudas a la investigación y el desarrollo relacionadas con el almacenamiento. Dichas ayudas se llevarán a cabo a través de ayudas parcialmente reembolsables y subvenciones.

##### 2.1.1. Ayudas parcialmente reembolsables: Financiación de hasta el 85% del presupuesto mediante préstamo a tipo de interés fijo, a devolver en un periodo de entre 7 y 10 años, con una carencia de entre 2 y 3 años. Tramo no reembolsable: 33%.

- Proyectos CDTI de I+D:

➤ **Proyectos CIEN:**

Son grandes proyectos de investigación e innovación, desarrollados en contribución efectiva por agrupaciones empresariales y orientados a la ejecución de una investigación planificada en áreas estratégicas de futuro y con potencial proyección internacional. Los proyectos candidatos a convertirse en proyectos CIEN serán evaluados en base a una serie de criterios agrupados en 4 categorías: Valoración del impacto socioeconómico y medioambiental, valoración del plan de explotación comercial, valoración de la tecnología y la innovación y Capacidad del consorcio en relación con el proyecto.

➤ **Proyectos I+D:**

Son proyectos desarrollados por empresas y destinados a la creación y mejora de procesos productivos, productos o servicios.

• **Proyectos Transferencia Cervera:**

Son ayudas a proyectos individuales de investigación desarrollados por empresas que colaboren con Centros Tecnológicos de ámbito estatal.

2.1.2. **Subvenciones:**

• **Misiones ciencia e Innovación:**

El programa subvenciona grandes iniciativas intensivas en investigación, que incorporen las tendencias, desarrollos y retos científico-técnicos más recientes para identificar y resolver los desafíos a los que se enfrentan, en un futuro, sectores productivos críticos para la economía española y para la generación de empleo. Cuenta con 5 líneas prioritarias o “misiones”, entre las que se encuentra “Energía segura, eficiente y limpia para el siglo XXI” y “Movilidad sostenible e inteligente”.

- Convocatorias. Anuales. La última finalizó en julio de 2020.

- Dotación. La última convocatoria contó con 95 millones de euros.

2.2. **Compra pública innovadora**

Se trata de la obtención por parte del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial de prototipos de productos o servicios en fase pre-comercial, como simulaciones de prueba, tecnológicamente innovadores y que cubran las necesidades públicas. El prototipo que finalmente se desarrolle, será cedido a la Administración Pública española que esté implicada o interesada en este y pueda proveer el entorno real necesario para validar la tecnología necesaria para la propuesta. El prototipo deberá emplearse únicamente para validar la tecnología, no con el objetivo de conseguir fines comerciales posteriores.

3. **INNVIERTE**

INNVIERTE es un programa de inversión junto a inversores privados en capital específico cuyo objetivo es fomentar la inversión en empresas innovadoras y tecnológicas españolas.

4. **Ayudas a la innovación**

Las ayudas a la innovación son ayudas de apoyo a proyectos de carácter “aplicado”, en una etapa muy cercana al mercado, con riesgo tecnológico medio o bajo y con cortos periodos de recuperación de la inversión, los cuales consigan mejorar la competitividad de la empresa debido a la incorporación de tecnologías en desarrollo.

La línea de financiación es ofrecer una ayuda parcialmente reembolsable en forma de préstamo sobre el 75% del total el presupuesto. El interés dependerá del plazo de amortización, aplicando el Euribor + 0,2% para una amortización a 3 años y el + 1,2% para una amortización de 5 años. El resto de la ayuda no reembolsable será un 2% con carácter general y 5 % si está cofinanciado con FEDER.

#### 4.1. Instrumentos de ayuda a la I+D+i gestionados a nivel nacional

##### 4.1.1. Ayudas a la inversión en instalaciones de generación de energía eléctrica con fuentes de energía renovable, susceptibles de ser cofinanciadas con fondos comunitarios FEDER

El FEDER tiene como fin fortalecer el enlace socioeconómico dentro de la unión europea reparando los desequilibrios entre sus regiones. Para conseguirlo, centra sus inversiones en cuatro materias clave: Investigación e innovación, apoyo a pymes, economía de bajas emisiones en carbono y programa digital.

En España las ayudas para fomentar economías de bajas emisiones de carbono son gestionadas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

En este contexto, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía está trabajando sobre un programa de ayudas destinado a impulsar el desarrollo de proyectos de investigación innovadores en todo el territorio nacional que se adecúen a las exigencias de la Directiva Europea para la integración de las energías renovables en la red eléctrica.

Las ayudas vendrán dadas en forma de subvenciones que sufragarán entre el 10% y el 80% de los costes elegibles, mediante convocatorias autonómicas y dependiendo de la actuación, estimándose un presupuesto total de 316 millones de euros, aunque parte de ese presupuesto se destinará para programas centrado en energía eólica y solar en territorios no peninsulares. Las primeras convocatorias tuvieron lugar en septiembre del año 2020, las cuales se desarrollaron específicamente para cada comunidad autónoma mediante grupos de trabajo junto con el IDEA.

Para el próximo periodo, entre el 65% y el 85% de los FEDER se destinarán a los fines de conseguir una Europa más libre de carbono y ecológica a la vez que una Europa más inteligente, que invierta en energías renovables y acción climática, donde tienen lugar los proyectos de instalaciones eólicas marinas entre otros.

# CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE VIABILIDAD ENERGÉTICA / ECONÓMICA.

Este documento trata de dar respuesta a las necesidades energéticas de la Comunidad Autónoma de Galicia, cuya demanda energética en los próximos años aumentara en base a las necesidades de los polígonos y focos industriales principalmente de Vigo, La Coruña y El Ferrol. En este sentido se estudia la viabilidad tanto energética como económica de un parque eólico marino en la costa Noratlántica de la península Ibérica según se indica en la Figura 37, aprovechando el gran potencial energético eólico de la zona.



Figura 37. Demarcaciones marinas españolas y Galicia. Fuente: (MITECO, 2021)

Desde el punto de vista regulatorio, se ha tenido en cuenta la normativa existente en Estudio Estratégico Ambiental del Litoral y en los Planes de Ordenamiento del Espacio Marítimo (POEM), emitidos por el Ministerio de la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO), a partir de la información del Atlas Eólico Marino del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), Real Decreto 363/2017 donde se recogen las zonas de exclusión y zonificación para el futuro montaje de parques eólicos marinos. En la Figura 38 se muestra el mapa del litoral español remarcando las diferentes áreas marinas y su clasificación según el nivel de exclusión para la industria eólica marina.



Figura 38. Zonificación ambiental marina para parques eólicos. “Instituto para la diversificación y ahorro de energía”.  
Fuente: (MITECO, 2021)

## 6.1 VIABILIDAD ENERGÉTICA.

Para realizar un proyecto de un parque eólico offshore y posterior montaje, se deberá analizar la viabilidad de su construcción, se escogerá un emplazamiento donde se reúnan las mejores condiciones, y se analizará su capacidad de producción energética en los años de vida útil de operación.

Para ello se analizarán una serie de parámetros y características que definirán el parque eólico como factible técnicamente para su construcción y operación, estos parámetros se describen y evalúan a continuación.

### 6.1.1. EMPLAZAMIENTO.

El objetivo principal en la selección de emplazamientos para instalaciones eólicas marina es maximizar la captación de energía a través del recurso eólico para optimizar la inversión realizada reducir al máximo el coste de producción eléctrica.

La situación más habitual es aquella en la que hay que analizar la producción energética en un emplazamiento donde no han sido realizadas medidas de vientos de forma previa.

Los hitos más relevantes para seguir en este proceso de selección serán:

- Estimación, análisis y cuantificación del recurso eólico en la zona del emplazamiento analizado.

- Estimación, análisis y cuantificación de la energía eólica disponible , y de acuerdo con ello, y en función de las diferentes alturas, optimizar el rendimiento de la producción eléctrica eligiendo los aerogeneradores que se estiman montar en el parque.
- Analizar las características marinas de la zona de montaje del futuro parque eólico, batimetría, sistemas de montaje de los aerogeneradores, cimentación de estos o plataformas flotantes necesarias, distancia a la costa, conexiones a la red eléctrica terrestre, necesidad de subestaciones eléctricas marinas, industrias marinas y eólicas locales que puedan asegurar una correcta operación y mantenimiento de las instalaciones, así como su futuro desmantelamiento...etc.

#### *6.1. 1.a. Parámetros para tener en cuenta en la instalación de un parque eólico marino. Elección del emplazamiento.*

Para la selección de un parque eólico marino es necesario el estudio de una serie de parámetros que aseguren la viabilidad del proyecto y su operación de una forma adecuada y eficaz, y económicamente rentable. Se pueden destacar los siguientes parámetros:

##### A- Desde el punto de vista del recurso eólico y meteorológico:

- Velocidad media del viento, y sus variaciones, tanto diurnas, estacionales e interanuales. Se requieren elevadas velocidades medias.
- Distribución angular de velocidades del viento, así como la variación en altura de la velocidad.
- Superficie libre de obstáculos, que en el ámbito marino se produce la situación ideal ante la superficie plana del océano.
- Distribución de direcciones y probabilidades de cambios bruscos de dirección.
- Variaciones estacionales y diurnas de la densidad del aire y variaciones con la altura
- Características de las series temporales de altos vientos y de periodos de calma. Se requiere aceptables niveles de vientos extremos y turbulencia ya que en caso contrario afectarán a la integridad estructural y vida útil de las instalaciones.
- Interacciones entre estelas de los aerogeneradores en los parques eólicos

Condiciones atmosféricas especiales y frecuencias de condiciones extremas de viento.

##### B- Desde el punto de vista del montaje, operación y mantenimiento de las instalaciones:

- Localización dentro de áreas industriales que dispongan de industria naval, industrias eólica y suministros de equipos, e infraestructuras marinas que faciliten los procesos de montaje, operación y mantenimiento de las instalaciones, así como finalmente el desmantelamiento de estas.
- De tipo económico y de infraestructuras, como pueden ser, la distancia a las líneas de distribución eléctrica de la red nacional, costes de suministros, legislaciones impositivas locales...etc.
- Características en el uso de la energía, del impacto en la operación de la red de distribución de potencia, fiabilidad, estabilidad, eficiencia, tanto en el proceso de producción como de distribución de la energía eléctrica.

##### C- Otros factores:

- Factores medioambientales, impacto visual y del ruido, efectos en el microclima, en la pesca, en la navegación de la zona y otras actividades marinas, y la ecología en general.
- Factores Institucionales con las administraciones locales y nacionales, permisos y usos del espacio marino, seguridad, regulaciones impositivas, derechos, etc.

- Factores que afectan a la aceptación pública.

#### 6.1.1.b. Batimetría.

Uno de los elementos más relevantes para tener en cuenta en la selección del emplazamiento es la batimetría del mar, ya que, en función de esta, el diseño de las cimentaciones de las torres y de los aerogeneradores y de las subestaciones eléctricas locales, se deberán adaptar adecuadamente, por ejemplo, eligiendo cimentaciones fijas en el fondo del océano, o desarrollando plataformas flotantes ancladas para aquellas profundidades mayores.

A través de los planos suministrados por la Comisión Europea, en su servicio “European Atlas of the Seas” [consulta: mayo 2022], se ha realizado un análisis de la costa gallega propensa al montaje del nuevo parque eólico marino, dando como resultado inicial lo que se indica en la Figura 39.

Con base a este plano de batimetría regional se realizará el estudio de viabilidad del emplazamiento del nuevo parque eólico marino.

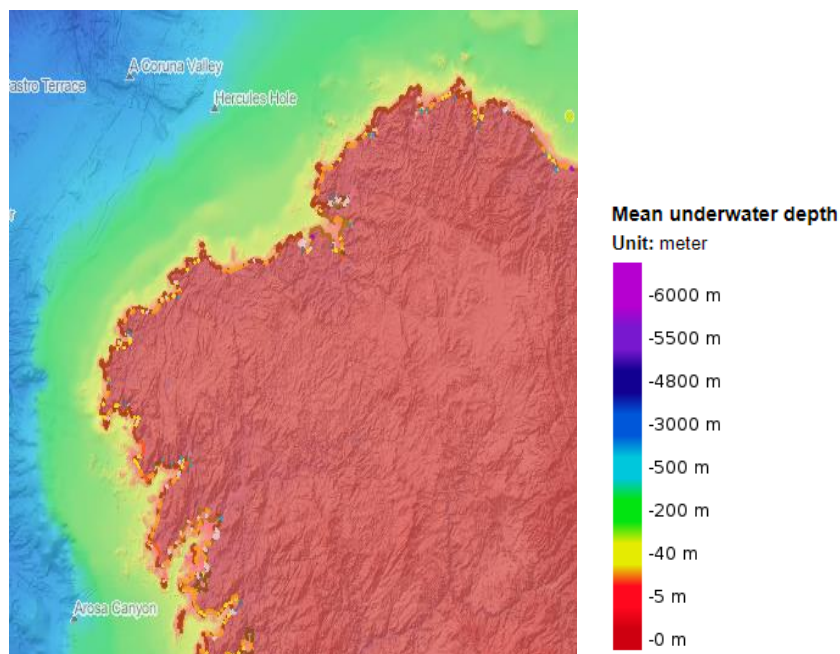


Figura 39. Profundidad marina media en la costa Norte de Galicia. Fuente: (Comision Europea , 2022)

#### 6.1.1.c. Características del recurso eólico del emplazamiento.

Otra de las características esenciales, es la relacionada con las características de los vientos dominantes en la zona, pues en función de estas se estudiará la viabilidad de la producción energética y se podrá optimizar los factores de producción del parque eólico.

En la Figura 40, se muestra el Potencial Eólico Marino en la Demarcación Noratlántica española, donde se definen las diferentes áreas del mar en función de la velocidad media del viento en estas.

En general, y con los conocimientos tecnológicos actuales, se considera que aquellas áreas que disfruten de vientos iguales o superiores a una velocidad de 6,5 m/s, a una altura de 100 m sobre el nivel del mar, disponen de un potencial mínimo para la implantación de parques eólicos, tecnológicamente viables, en los que se puede optimizar los rendimientos y los factores de producción eléctrica y todo ello, de una forma económicamente rentable.

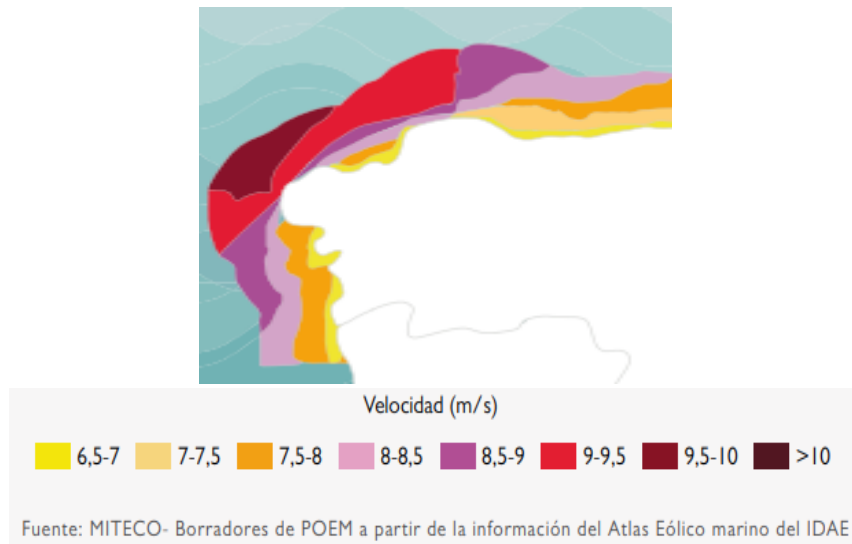


Figura 40. Potencial Eólico Marino en la Demarcación Noratlántica española. Fuente: (MITECO, 2021)

#### 6.1.1.d. Posicionamiento del emplazamiento.

Para el estudio del emplazamiento, se han seleccionado cinco potenciales localizaciones, que se indican en la Figura 41, en forma de tabla, y en la Figura 42 en forma de mapa de las localizaciones estudiadas.

AREA	LONGITUD	LATITUD	PUNTO SIMAR	PROFUNDIDAD (m).	DISTANCIA BASE DE LA COSTA (Km).
1	8.42º W	43.42º N	3026034	54	3,8
2	8.46º W	43.42ºN	3025034	64	4,6
3	8.38º W	43.46ºN	3027035	42	2,8
4	8.58º W	43.38º N	3022033	54	6,9
5	8.63º W	43.38ºN	3021033	93	7,0
6	8.60º W	43.48º N	3020036	102	17,61

Figura 41. Zonas de estudio para el emplazamiento. Fuente: (AEMET. Gobierno de España, 2022)



En la Figura 42 se incluyen los puntos SIMAR de las diferentes localizaciones que representan un conjunto de series temporales de parámetros de viento y oleaje procedentes de modelado numérico, es decir, son datos simulados y no proceden de medidas directas de la naturaleza, si bien son contrastadas y validadas con las informaciones reales de las boyas marinas y de los datos suministrados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), y que indican las características medias del conjunto viento/oleaje de las diferentes áreas marinas, por lo tanto, es un dato muy importante para la selección de los emplazamientos de los parques eólicos marinos.

El SIMAR refleja el promediado durante los últimos 40 años de los parámetros:

- Oleaje.
  - Altura significante espectral.
  - Periodo de pico espectral.
  - Periodo medio espectral.
  - Dirección Media de Procedencia del Oleaje.
  - Altura, y Dirección de Mar de Viento.
  - Altura, Periodo medio y Dirección de Mar de Fondo.
- Viento
  - Velocidad media.
  - Dirección medida de Procedencia del Viento.

En la siguiente Figura 42 se muestra el plano de las 6 áreas estudiadas para el posible emplazamiento, donde se destaca el finalmente elegido.



Figura 42. Plano de situación de las seis áreas analizadas para el emplazamiento. Fuente: (Edición propia)

## 6.1.2. INSTALACIONES.

### 6.1. 2.a. Aerogeneradores

Realizaremos la elección de los aerogeneradores que serán instalados en el parque eólico. Se realizará una comparación entre dos aerogeneradores de características similares y que están diseñados para aplicaciones offshore.

Los aerogeneradores elegidos para la selección son:

- SIEMENS GAMESA SG 8.0-167 DD.
- VESTAS V164 -9,5 Mw.

Cuyas características principales son:

PARÁMETROS	SIEMENS GAMESA SG 8.0-167 DD	VESTAS V164 – 9,5 MW
Potencia nominal (Mw).	8	9,4
Diámetro palas (m).	167	164
Área barrida (m <sup>2</sup> ).	21904	21124
Numero de palas.	3	3
Altura de la góndola (m).	92	100
Velocidad viento nominal (m/s).	14	14,5
Velocidad viento entrada (m/s)	3	3
Velocidad viento de bloqueo (m/s).	25 (parcial).	25

Tabla 1. Características de los dos aerogeneradores finalistas antes de la selección final. Fuente: (Edición propia).

Para realizar la comparación entre estos aerogeneradores y su rendimiento una vez montados en el parque eólico, es necesario conocer el número de aerogeneradores que serán instalados y su distribución superficial. En este sentido y para minimizar el efecto sombra entre generadores hasta valores mínimos, diseñaremos que las distancias entre aerogeneradores, será de un mínimo de 5 veces los diámetros de los rotores, en todas las direcciones de cada uno de ellos. Esta separación es muy superior a las recomendaciones de los fabricantes, que recomiendan una separación mínima de 2 veces.

El número de aerogeneradores diseñado para el montaje en el parque eólico es de 20 generadores.

#### 6.1.2.b. Plataformas offshore.

La plataforma que se ha seleccionado es de tipo flotante semi-sumergible, de forma triangular en planta con cuatro columnas de sustentación, una de ellas en el centro del triángulo equilátero formado por las otras tres. El aerogenerador irá montado en la columna central. La columna central es la columna de menor diámetro y será la que soporta el peso del aerogenerador. Las otras columnas, cada una en cada uno de los tres vértices de la base, serán de un diámetro mayor para proporcionar mayor sustentación e inercia en la flotación. La plataforma pertenece a las series WFA3 construidas por NAVANTIA en sus instalaciones de El Ferrol. Esta plataforma se muestra en la Figura 43.



Figura 43. Plataforma semi sumergible utilizada. Series WFAE de NAVANTIA (El Ferrol).

Las características geométricas de la plataforma flotante se indican en la tabla que se muestra a continuación, Tabla 2.

Características Plataforma Flotante	Dimensión (m).
Respecto al nivel del mar: Profundidad.	22
Respecto al nivel del mar: Elevación columnas central soporte aerogenerador (1).	12
Respecto al nivel del mar: Elevación columnas exteriores (3).	14
Distancia entre columnas exteriores.	45
Diámetro de columnas exteriores.	14
Diámetro de columna central.	8
Diámetro de las bases de las columnas exteriores.	25
Sección de los brazos de unión entre columnas.	1,8

Tabla 2. Características geométricas de la plataforma flotante. Fuente: (Edición propia).

El aerogenerador que finalmente se ha seleccionado, y que montaremos en esta plataforma será el de la empresa SIEMENS GAMESA de 8 MW, modelo 8.0-167 DD Offshore de. Este aerogenerador está diseñado para obtener su máxima producción y rendimiento a partir de los 14.5 m/s. El resto de las características se muestran en la Tabla 2.

Combinando las características del aerogenerador elegido y de la plataforma donde irá montado, tendremos que la altura a la que se situará la góndola del aerogenerador será de 104 m sobre el nivel del mar.

### 6.1.2.c. Sistemas de amarre / anclaje.

Las líneas de anclaje de las plataformas flotantes pueden estar compuestas de cuerda de fibra sintética, cable de alambre, o de cadena. Las características ambientales como son el viento, las olas y las corrientes, así como la profundidad del fondeo son los elementos que indicarán qué tipo de materiales serán los más adecuados para el sistema de anclaje.

Por otra parte, existen dos diseños básicos de cadenas de amarre: las simples de eslabón (stud link) y las compuestas (studless link). El eslabón normal de una cadena simple tiene forma de toro elongado, mientras que en el caso de una cadena compuesta hay una unión adicional (concrete), en el medio de cada eslabón.

El sistema de amarre que utilizaremos en este caso, y teniendo en cuenta la profundidad del área del mar del nuevo parque eólico (del orden de los 150m), y las condiciones ambientales y marinas de la zona Noratlántica, será un amarre de diseño en catenaria consistente en un patrón curvo tal y como indica la Figura 44 y como elemento de amarre utilizaremos cadenas simples que aseguren la estabilidad de las plataformas flotantes ante la dureza del mar en la zona atlántica elegida. Ver Figura 45.

En la tabla se pueden observar los distintos diámetros de las secciones recogidas en su catálogo y la resistencia en mojado que tienen.

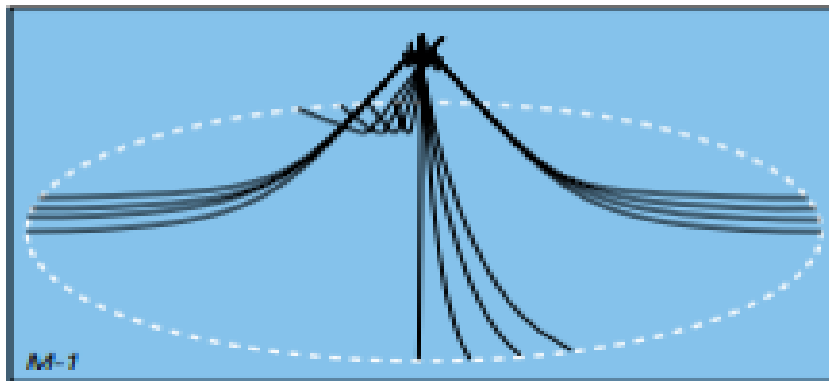


Figura 44. Sistema de amarre en catenaria.



Figura 45. Utilización de cadenas en el amarre en catenaria de las plataformas flotantes.

Finalmente, la eficacia de un sistema de amarre, en gran medida, en la fuerza de sus anclajes al fondo marino. La capacidad de sujeción de los anclajes depende en gran manera de las propiedades del suelo, del tipo de terrenos y de sus inclinaciones y de la capacidad de excavación del ancla utilizada.

En este caso. Y una vez analizadas las características del fondo marino en la Zona 6 elegida, utilizaremos anclas convencionales de empotramiento de la casa Vryhof Stevshark, tal como se visualizan en la Figura 46.

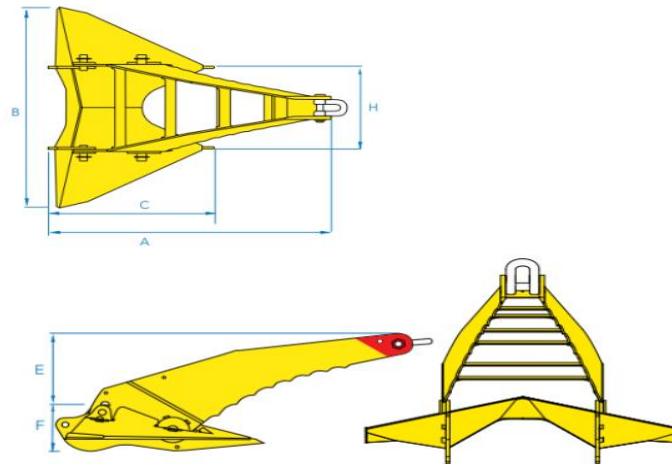


Figura 46. Ancla de empotramiento. Fuente: (Vryhof Stevshark, 2022)

#### 6.1.2.d. Subestaciones eléctricas y cableado.

El diseño del interconectado entre las torres de los aerogeneradores, y la conexión de descarga hacia la red eléctrica del país es un tema vital en el diseño del parque eólico. Este sistema eléctrico se puede dividir en tres partes claramente diferenciadas:

- 1- Red de intercomunicación interna del parque entre subestación eléctrica y aerogeneradores.
- 2- La propia subestación eléctrica offshore.
- 3- La línea eléctrica de evacuación de la producción eléctrica del parque hacia la Red Eléctrica Española de distribución en tierra.

A- Desde el punto de vista de conexión interior del parque eólico el sistema eléctrico del parque está formado por todos los elementos y equipos necesarios para transportar la energía eléctrica producida por el mismo hasta la Red Eléctrica Nacional montada en tierra. Estos elementos se pueden enumerar según el flujo de salida de energía:

A1- La tensión de generación de los aerogeneradores generan una tensión nominal de 690 VAC.

A2- Cada aerogenerador dispone de un transformador que eleva la tensión generada de 690 V a la tensión de red interna del parque que es de 30 kV.

A3- La subestación offshore eleva la tensión de red interna del parque (30 kV) a la tensión de la línea de evacuación a tierra (220 kV).

A4- La línea eléctrica de evacuación a tierra dispone de dos tramos: la línea de evacuación submarina (desde la subestación hasta tierra), y la línea de evacuación en tierra que conecta el final de la línea submarina con el punto de conexión de a la subestación terrestre.

El cable eléctrico utilizado es un cable submarino de 3 conductores de cobre con armadura de acero y aislante de polietileno reticulado (XLPE) de la compañía ABB, diseñado para tensiones entre los 10 y los 90 kV. Como característica el cable incorpora a su vez un cable de fibra óptica, que se utiliza para transmitir información y datos desde los convertidores, aerogeneradores y subestación para un adecuado seguimiento, análisis y control del estado de funcionamiento de todas las instalaciones del parque. Ver Figura 47.



Figura 47. Cable trifásico submarino XLPE de ABB. Fuente: (ABB, 2022)

El valor de la intensidad nominal máxima en régimen permanente en la salida de cada aerogenerador, que recorre el cable se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi} = 171,066 \text{ A.} \quad (1)$$

Donde:

*I*: Intensidad nominal de la línea (A) de salida de cada aerogenerador.

*P*: Potencia máxima (W) producida por cada generador (8 Mw).

*V*: Tensión de la línea (V) de salida de cada aerogenerador (30 KV).

$\cos \varphi$ : Factor de potencia estimado en el proyecto (0,9).

El cable será el modelo 10-90 KV XLPE 3 Core Cable, con una sección de 95 mm<sup>2</sup> por cada uno de los tres conductores, y con una capacidad de transporte de 300 A por fase con conductores de cobre.

B- La subestación offshore, en este caso, necesaria para minimizar las pérdidas de la línea de evacuación a tierra, dado que la distancia del parque eólico a tierra es de 21,5 Km, se encarga de elevar la tensión de los 690 VAC producidos por los diferentes aerogeneradores hasta los 220 kV de la Red Eléctrica Española, y de esta manera, poder conexionar directamente a la subestación terrestre de distribución.



Figura 48. Subestación eléctrica offshore.

C- Desde esta subestación saldrá otro cable eléctrico que transportará la energía hasta tierra donde se realizará la evacuación total de la energía eléctrica producida por el parque. Figura 48.

El valor de la intensidad nominal máxima en régimen permanente en la salida de evacuación de la subestación, que recorre el cable se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi} = 466,54 \text{ A.} \quad (2)$$

Donde:

*I*: Intensidad nominal de la línea (A) de salida de la subestación.

*P*: Potencia máxima (W) producida por el parque eólico (160 Mw).

*V*: Tensión de la línea (V) de salida de la subestación (220 KV).

$\cos \varphi$ : Factor de potencia estimado en el proyecto (0,9).

El cable será el modelo 100-300 KV XLPE 3 Core Cable, con una sección de 300 mm<sup>2</sup> por cada uno de los tres conductores, y con una capacidad de transporte de 530 A por fase con conductores de cobre. Fuente: (ABB, 2022)

### 6.1.3. CALCULO DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA.

Una vez seleccionadas las seis áreas potenciales habiéndose tomado la decisión de elegir la Zona 6, debido a las interferencias que las otras 5 zonas áreas producen en el tráfico marino y en las tareas de pesca de la zona y en el resto de las actividades relacionadas con los puertos de La Coruña y El Ferrol, realizaremos los cálculos potenciales de la energía eléctrica producida por el nuevo parque eólico. Para esto tendremos en cuenta, por una parte, la vida media estimada de las nuevas instalaciones en producción comercial y, por otra parte, las características del recurso eólico que dispondremos en el emplazamiento elegido.

### 6.1. 3.a. Vida media estimada de funcionamiento.

El cálculo de la producción energética anual del parque eólico offshore deberá tener en cuenta la vida media estimada de funcionamiento de la instalación, ya que el diseño de los diferentes equipos de la instalación prevén una determinada duración que se verá afectada por diferentes factores funcionales.

Se tendrá en cuenta el efecto de la edad de funcionamiento de los aerogeneradores sobre su producción anual, lo que afectará al estudio de viabilidad económica de su instalación.

Los fundamentos teóricos del deterioro de los aerogeneradores se han obtenido del artículo "How does wind farm performance decline with age (Staffell & Green, 2013)", que está basado en los datos estadísticos recogidos por el Gobierno Británico dentro de la flota de parques eólicos del país montados con anterioridad del año 2013. Fuente: (Staffell & Green, 2014). Este documento mantiene los datos obtenidos en este estudio para la definición de la vida útil estimada del nuevo parque eólico, considerando que son valores conservadores y que serán mejorados con la nueva tecnología montada, no obstante, también se tendrá en cuenta la información técnica y las recomendaciones del fabricante (SIEMENS GAMESA), de los aerogeneradores a efectos de fijar esta vida útil del parque eólico.

Para el estudio de envejecimiento de los aerogeneradores se han tenido en cuenta cinco factores:

- A. Efecto de la velocidad media del viento: La velocidad media del viento se ha estimado en  $9,5 \pm 1,5 \text{ m/s}$  a la altura media de las góndolas de los distintos parques estudiados que es de 72 m. La relación entre la velocidad media del viento y el rendimiento de los aerogeneradores es muy fuerte, de tal forma que se estima que la reducción del factor de producción con la edad teniendo en cuenta la velocidad del viento esté alrededor del 1% anual.
- B. Rendimiento y ratio de producción: El rendimiento se consideran la disponibilidad operativa de los aerogeneradores, la eficiencia de operación diaria, el envejecimiento de los aerogeneradores y las condiciones ambientales del emplazamiento. Teniendo en cuenta estos factores, se estima que el rendimiento medio de los parques eólicos es del orden del 72,5%.
- C. Deriva del rendimiento debido al clima: Este factor tiene un efecto casi muy reducido en la degradación de los aerogeneradores. Se calcula que el factor de producción se reduce anualmente en un 0,45%.
- D. Mejoras tecnológicas: Los parques eólicos de mayor edad son los que peor (mayor), ritmo de envejecimiento tienen. Los parques eólicos construido antes de 2003 tienen un ritmo de deterioro del  $-0,49 \pm 10,05\%$  mientras que los construidos posteriormente muestran una reducción anual de su factor de carga del  $-0,16 \pm 0.08 \%$ .
- E. Disminución de la producción: Se utiliza una regresión lineal para calcular el efecto del envejecimiento de los aerogeneradores sobre la producción energética. Una vez realizados estos cálculos, se obtiene que el ritmo de deterioro de los aerogeneradores está estimado entre un 1,5 y un 1,9% anual. En la Figura 49 se muestran estos datos de manera gráfica.



Con estos datos, la estimación de la vida útil del parque eólico se considera que será de 20 años, valor que será tenido en cuenta para realizar los análisis de viabilidad económica de la instalación, independientemente que se considere este valor muy conservador, y que las expectativas de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta las características de los nuevos aerogeneradores y las recomendaciones de SIEMENS GAMESA, sean de llegar razonablemente a una vida útil de producción que supere los 25 años, cifra que por otra parte, esta contrastada con la realidad del funcionamiento de los parques más veteranos montados en España, y además soportado por la posibilidad de procesos de alargamiento de vida de las instalaciones, procesos que en estos momentos, estiman la posibilidad de alargar la vida hasta los 30 años, e incluso en algunos casos, hasta los 40.

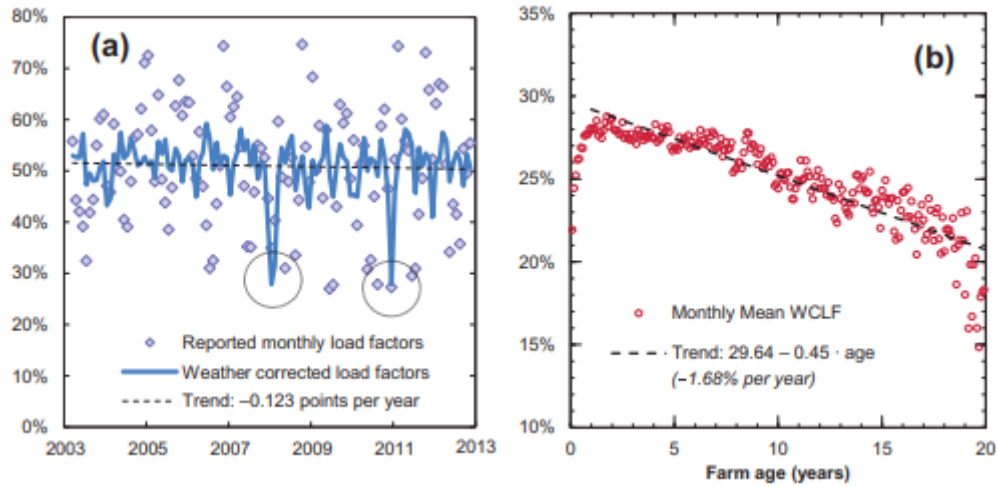


Figura 49. Estimación del ritmo de deterioro de los aerogeneradores en función del tiempo de operación. Fuente: (Staffell & Green, 2014)

### 6.1.3.b. Rendimiento energético de las instalaciones.

Para el cálculo de la energía producida por los aerogeneradores nos basaremos en la función de distribución estadística de Weibull para la caracterización del viento, ya que es la más usada a nivel internacional: Fuente: (Máster Europeo en Energías Renovables y Eficiencia Energética, Curso de Energía Eólica. Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Zaragoza. Joaquín Mur Amada.)

$$f(V) = \frac{k}{c} * \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{V}{c}\right)^k} \quad (3)$$

La primera parte de interés es obtener los márgenes de probabilidad de la velocidad del viento entre 3 y 25 m/s (velocidades de trabajo de los aerogeneradores), por lo tanto, esto responderá a:

$$f(V) = \int_0^{\infty} f(V) * dV = 1 \quad (4)$$

$$f(\Delta V) = \int_{V1}^{V2} f(V) * dV = e^{-\left(\frac{V1}{c}\right)^k} - e^{-\left(\frac{V2}{c}\right)^k} \quad (5)$$

Y llamando V1: 3 m/s, y V2: 25 m/s, se puede calcular el tiempo anual, en horas, en que los aerogeneradores estarán produciendo energía eléctrica, según:

$$T_t = 365 * 24 * \left( e^{-\left(\frac{V1}{c}\right)^k} - e^{-\left(\frac{V2}{c}\right)^k} \right) \quad (6)$$

Una vez que conocemos el tiempo anual de funcionamiento en horas, se puede obtener la energía total producida anualmente a través de la ecuación:

$$E_T = T_T * \frac{\rho}{2} * c^3 \int_0^{\infty} \left(\frac{V}{c}\right)^3 e^{-t} * dt \quad (7)$$

Aplicando lo indicado, pasaremos a localizar los parámetros principales en los datos que nos suministra el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), perteneciente al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, y con ellos calcular los parámetros indicados en la Tabla 3.

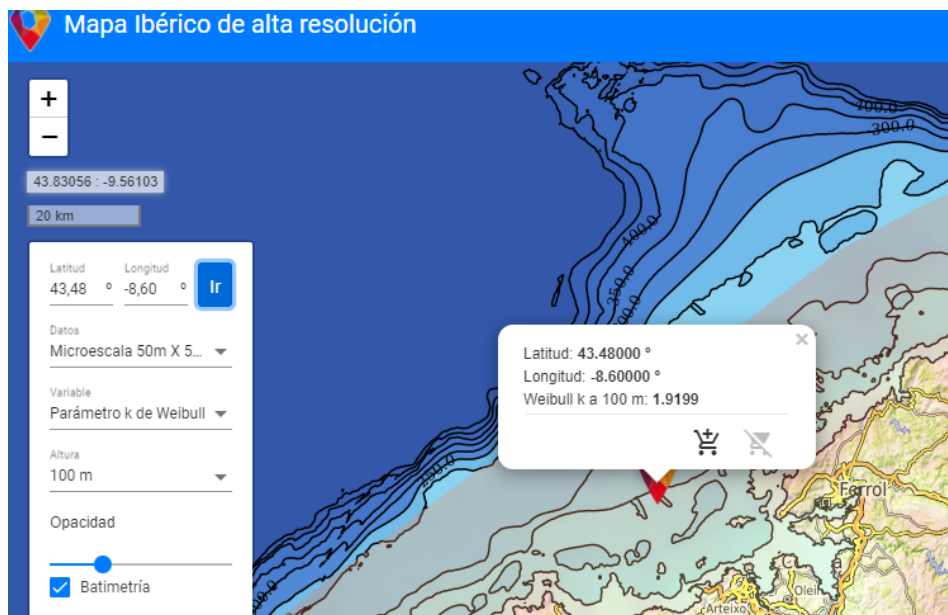


Figura 50. Área de implantación del nuevo parque eólico en el Mapa de Alta Resolución de la costa gallega suministrado por el IDAE. Fuente: (IDAE, 2022)

En la Figura 50, se muestra la imagen del Mapa de Alta Resolución de la costa gallega donde se remarca el punto exacto de la Zona 6 elegida (ver Figura 41), para el montaje del nuevo parque

eólico. A su vez en la Figura 51, se indican los parámetros suministrados para este punto como son: k, c, velocidad del viento media anual, densidad del aire, y la densidad de potencia.



Figura 51. Parámetros Zona 6 (43,48 ° N, -8,60 W). Fuente: (IDAE, 2022)

Con estos parámetros y utilizando la ecuación de Weibull, obtenemos los datos que se indican en la Tabla 3.

VARIABLES	EMPLAZAMIENTO (ZONA 6) (43, 48° N - 8,60 W).
A	10,2737
K	1,9199
Gamma (1+3/k)	2,5625
Velocidad media viento (m/s).	9,1212
Densidad del aire (Kg/m <sup>3</sup> )	1,2145
Densidad de potencia (wh/m <sup>2</sup> )	145076
Diámetro palas (m).	167
Área barrida (m <sup>2</sup> )	21904
Velocidad límite inferior viento (m/s).	3
Velocidad límite máxima viento (m/s).	25
Tiempo anual (h).	7966,3
Energía potencial anual (Gwh/año).	31,877

Tabla 3. Cálculo de datos generales en Zona 6 (43,48°N, -8,60 W). Fuente: (Edición propia).

De acuerdo con los datos suministrados por el fabricante del aerogenerador obtenemos la curva de potencia que nos suministrara en función de la velocidad del viento. Esta curva se muestra en la Figura 52.

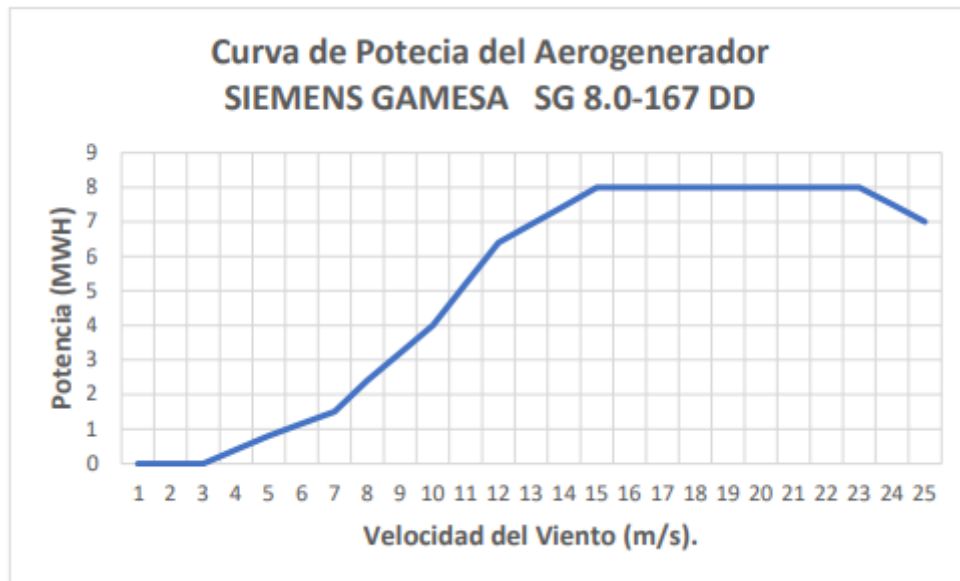


Figura 52. Curva de potencia del aerogenerador SG 8.0-167 DD. Fuente: (Edición propia).

En la Figura 53 se muestra la rosa de los vientos con su distribución geográfica de la prevalencia en función de las direcciones geográficas y de la intensidad de los vientos de la Zona 6 (43, 48° N, -8,60 W). Fuente: (IDAE, 2022).

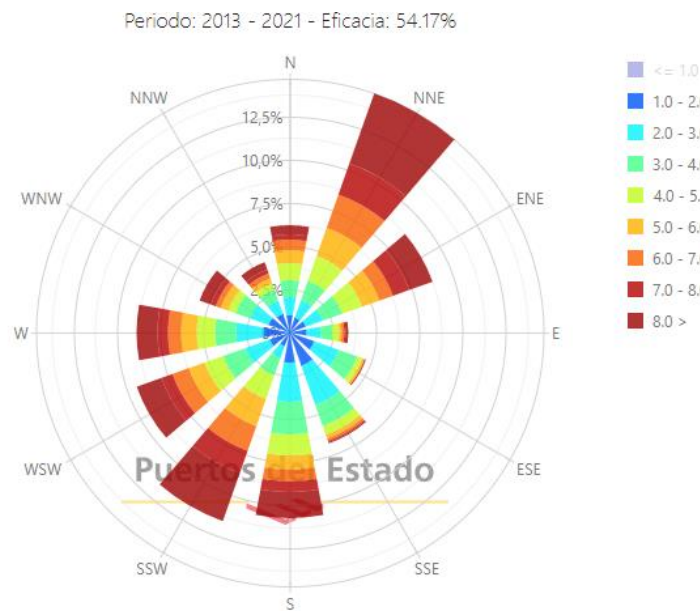


Figura 53. Rosa de los vientos de Zona 6 (43, 48° N, -8,60 W). Fuente: (IDAE, 2022)

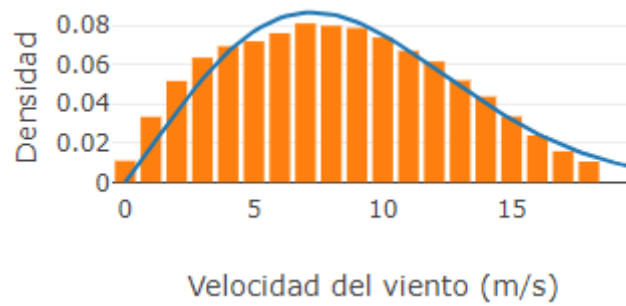


Figura 54. Distribución de frecuencias de la velocidad del viento en la Zona 6 (43, 48° N, -8,60 W). Fuente: (IDAE, 2022)

Con estos datos, utilizando la ecuación de distribución de Willbull, calcularemos la producción eléctrica anual por cada aerogenerador montado en el parque, utilizando:

$$\text{Energía} = 365 * 24 \int_{V_1}^{V_2} Pot(V) * f(V) * d(V) \quad (8)$$

Velocidad del viento (m/s)	Frecuencia (%/100)	Numero horas año (h)	Producción aerogenerador (Mw/h)	Producción aerogenerador (Mwh / año)
1	0,015	119,49	0	0,00
2	0,035	278,81	0	0,00
3	0,047	374,40	0	0,00
4	0,058	462,03	0,4	184,81
5	0,062	493,89	0,8	395,11
6	0,064	509,82	1,15	586,30
7	0,066	525,76	1,5	788,63
8	0,072	573,55	2,4	1376,52
9	0,078	621,35	3,2	1988,31
10	0,071	565,59	4	2262,34
11	0,071	565,59	5,2	2941,05
12	0,07	557,62	6,4	3568,77
13	0,068	541,69	6,93	3753,90
14	0,065	517,79	7,46	3862,71
15	0,058	462,03	8	3696,22
16	0,042	334,57	8	2676,58
17	0,025	199,15	8	1593,20
18	0,018	143,39	8	1147,10
19	0,015	119,49	8	955,92
20	0	0,00	8	0,00
21	0	0,00	8	0,00
22	0	0,00	8	0,00
23	0	0,00	8	0,00
24	0	0,00	7,5	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>7966</b>		<b>31777,49</b>

Tabla 4. Producción anual por cada aerogenerador montado. Fuente: (Edición propia).

Por lo tanto, la producción bruta anual del nuevo parque eólico será de:

$$P_t = P \cdot 20 = 31777,49 \cdot 20 = 635549,8 \text{ MWh/año}$$

Esto supone un Factor de Producción de:

$$F_{Producción} = (P_{Producida} / P_{Instalada}) \cdot 100 = \\ = (635549,8 \text{ MWh/año}) / (1401600 \text{ MWh/año}) \cdot 100 = 45,34 \%$$

equivalente a 3973 h de trabajo anuales al 100% de potencia.

Este rendimiento está dentro de los márgenes habituales dentro de los parques eólicos marinos europeos, y está muy por encima del rendimiento de los parques terrestres, que, en estos momentos, disponen de rendimientos del orden del 30 %.

## 6.2 VIABILIDAD ECONÓMICA.

Se realizará un análisis de la viabilidad económica del nuevo parque eólico, teniendo en cuenta la producción eléctrica estimada a lo largo de su vida útil de 20 años, la estimación de los precios de mercado eléctrico mayorista, la amortización de la inversión inicial y los gastos operativos.

### 6.2.1. ANALISIS DEL MERCADO OFFSHORE.

El montaje de nuevos proyectos europeos de energía eólica offshore en cuanto a número de instalaciones en operación, como la potencia de los nuevos aerogeneradores que se están montando (ya se montan de potencias de 10 MW), así como las nuevas tecnologías que están llegando, está haciendo que los costes de inversión se estén optimizando, así como también los costes de producción y mantenimiento, y por otra parte, se están obteniendo factores de producción del orden del 50% que era una situación poco imaginable hace poco tiempo.

En estos momentos existe una gran inestabilidad e incertidumbre en los precios mayoristas de los mercados, debido a la situación política (guerra de Ucrania), y a los costes de los combustibles fósiles, principalmente el Gas Natural utilizado, en una gran parte, para la producción eléctrica. No obstante, las mejores estimaciones actuales para los precios mayoristas de la eólica marina son las estimaciones del BVG Associates & ESMAP – World Bank Group 2021, que se muestran en la Figura 55 en términos del Levelized Cost of Energy (LCOE), y que también representan las estimaciones del Gobierno español.

Se estima que a partir de 2025 el precio se puede estabilizar en un valor del orden de los 50 euros MWh, precio que dotara a la energía eólica marina de una gran competitividad respecto al resto de fuentes de producción eléctrica, incluidas las renovables.

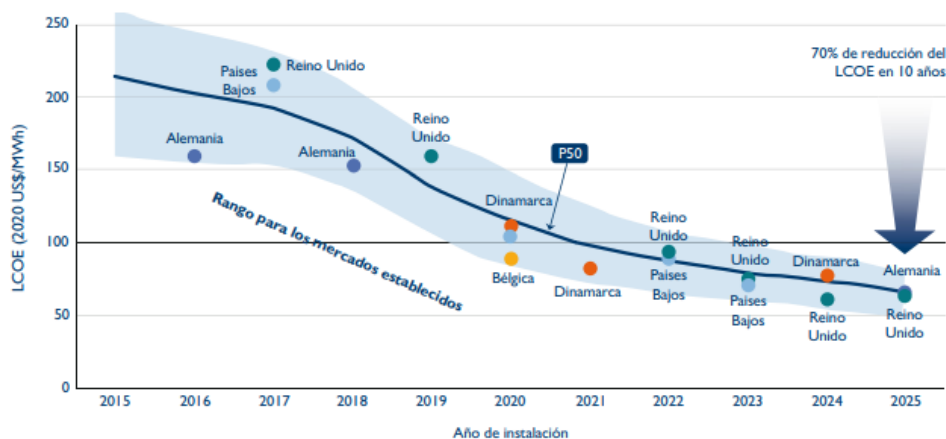


Figura 55. Estimación del LCOE de la eólica marina hasta 2025. Fuente: (MITECO, 2021)

Por otra parte, la competencia de los mercados eléctricos, el cumplimiento con los planes de lucha contra el cambio climático, y la inevitable eliminación paulatina de los combustibles fósiles, hace ser optimista en cuanto a la bajada de precios y competitividad de esta energía marina.

No obstante, y ante la situación geopolítica actual debido a la guerra de Ucrania, y los precios actuales de las materias primas en general y en particular el gas y los combustibles fósiles, en los cálculos de viabilidad económica se ha tenido en cuenta esta situación y, manteniendo las tendencias indicadas en la Figura 55, se ha matizado la misma para adaptarla con los parámetros de la situación actual.

## 6.2.2. ESTIMACION DE COSTES.

Se estimarán los costes que afectan a una instalación de este tipo offshore, indicándose las consideraciones principales a cada uno de ellos y se estimaran en base a los precios actuales estándar en el mercado europeo. Para la estimación de estos costes se ha seguido lo indicado el artículo "Revisión de los componentes de costos de los parques eólicos marinos" de Angel G. Gonzalez-Rodriguez. y en el informe "Estudio Macroeconómico del Impacto del Sector Eólico en España (2021)" de la Asociación Empresarial Eólica (AEE) española. Fuentes: (Gonzalez-Rodriguez., 2021) y (AEE, 2021).

### 6.2. 2.a. Costes de inversión inicial.

Se llama a aquellos costes que corresponden a la totalidad de la instalación (permisos de emplazamiento, diseño y proyecto, materiales, construcción y montaje), así como a la puesta en marcha de esta. Estos costes serán efectivos en el momento inicial del montaje de la instalación.

- A- Permisos licencia de obras, diseño, dirección y de proyecto: Estos costes responden a todo lo que implica la obtención de las licencias previas de construcción, la planificación del proyecto, los estudios técnicos del mismo, así como la ingeniería de proyecto.

- B- Aerogeneradores: Son costes referidos a los aerogeneradores montados en el parque y se componen por la adquisición de las torres, góndolas, palas, sistema eléctrico y todos los mecanismos asociados a los mismos, así como la instalación en el emplazamiento. Estos costes son de gran relevancia pues significan aproximadamente un 42% de la inversión total del proyecto.

El cálculo estimado para la adquisición de los aerogeneradores viene dado por:

$$CA = 1374 * P_N^{0,8} \quad (9)$$

Donde:

CA: Es el coste del aerogenerador en miles de euros.

$P_N$  : Potencia nominal del aerogenerador en MW.

A esto hay que añadir un 5% para la instalación de los elementos mecánicos e hidráulicos y un 10% para la de los componentes eléctricos y cableado

- C- Plataformas offshore y anclajes: Los costes derivados de la construcción, montaje y del anclaje de los aerogeneradores, es también de una gran relevancia, sobre todo en este caso en que trabajaremos en profundidades por encima de los 100m. En nuestro caso se estima que el costo de las plataformas, tanto de construcción como de montaje, será de 1287542,48 euros por cada MW instalado.

- D- Instalación eléctrica: Este apartado incorpora:

- Cables de interconexión entre aerogeneradores y subestación offshore.  
Coste estimado del cable 558.27 euros/m. siendo el de su montaje de 292,5 euros/m.
- Cable de evacuación de la energía hacia la subestación de la red de distribución terrestre.  
Coste estimado del cable 850,3 euros/m. siendo el de su montaje de 576,58 euros/m.
- Subestación eléctrica offshore.  
El coste viene dado por la ecuación:

$$CS = 1374 P^{0,682} \quad (10)$$

Donde:

CS: Costo de la Subestación en miles de euros.

P: Potencia instalada del parque eólico.

#### 6.2.2.b. Costes de construcción.

Este parámetro corresponde al gasto inicial y se trata de la cantidad total que se ha de invertir de forma inicial para poder construir y fabricar, fuera del emplazamiento, los equipos y componentes que forman el proyecto.



Los costes de construcción son el conjunto de gastos de adquisición de materiales, construcción, fabricación y transporte de los aerogeneradores, plataformas flotantes, subestación offshore, cables.

Estos costes quedan incluidos en las valoraciones indicadas en los puntos anteriores a este capítulo.

#### 6.2.2.c. Costes de instalación, montaje y puesta en servicio.

Este parámetro corresponde al gasto inicial y se trata de la cantidad total que se ha de invertir de forma inicial para poder instalar los equipos y componentes que forman el proyecto en el emplazamiento y ponerlos en operación. Los costes de instalación y puesta a punto son el conjunto de gastos de montaje de los aerogeneradores, plataformas flotantes, subestación offshore, cables y sus conexiones, y finalmente la puesta en marcha y operación de la instalación.

Estos costes quedan incluidos en las valoraciones indicadas en los puntos anteriores a este capítulo.

Para cubrir estos costes de inversión iniciales necesarios para poner en marcha el parque eólico, se ha previsto una financiación conjunta formada por un crédito bancario de 100.000.000 euros, a un interés del 3% anual y con un periodo de amortización de 15 años, y con la utilización de 175.329.692,62 euros de recursos propios (ver Anexo 4, apartado 2.- Pago de Préstamo para la Inversión Inicial).

COSTES DE LA INVERSION INICIAL			
<b>AEROGENERADORES.</b>			
Numero de aerogeneradores.	20		
Potencia nominal (PN), del aerogenerador (MW).	8		
Coste unitario (CA=1374*PN^0,8). (euros)	7.252.015,40		
Montaje equipos mecánicos/hidráulicos (5% CA).	362.600,77		
Montaje y conexión equipos eléctrico (10% CA).	725.201,54		
Precio unitario total aerogenerador (euros).	8.339.817,71		
<b>TOTAL:</b>		<b>166.796.354,20</b>	

Tabla 5.1 Costes de la Inversión inicial. Fuente: (Edición propia).

<b>COSTES DE LA INVERSION INICIAL</b>			
<b>PLATAFORMAS FLOTANTES Y ANCLAJES.</b>			
Numero de plataformas.	20		
Construcción unitaria. (euros).	723.432,00		
Montaje y anclaje unitario. (euros).	564.110,00		
Total, por plataforma. (euros).	1.287.542,00		
<b>TOTAL:</b>		<b>25.750.840,00</b>	
<b>SUBESTACION E INSTALACION ELECTRICA.</b>			
Numero de subestaciones offshore.	1		
Potencia nominal (P), del parque eólico. (MW).	160		
Coste unitario (CS=1374*P^0,682). (euros)	43.772.017,00		
Cables Aerog. /Subes. (500m*20A*558E). (euros).	5.580.000,00		
Montaje cables (500m*20A*292E). (euros).	2.920.000,00		
Cables Subes. /Tierra (17610m*850E). (euros).	14.968.500,00		
Montaje cables (17610m*576E). (euros).	10.143.360,00		
<b>TOTAL:</b>		<b>77.383.877,00</b>	
<b>PERMISOS, INGENIERIA Y PROYECTO.</b>			
Permisos y licencias (0,2% de A+P+S). (euros).	539.862,14		
Ingeniería y proyecto (1,8% de A+P+S). (euros).	4.858.759,28		
<b>TOTAL:</b>		<b>5.398.621,42</b>	
<b>INVERSION TOTAL INICIAL:</b>			<b>275.329.692,62</b>

Tabla 5.2 Costes de la Inversión inicial (Continuación). Fuente: (Edición propia).

#### 6.2.2.d. Costes de operación y mantenimiento.

Engloba la mano de obra para el manejo operativo de la instalación, y para las tareas de mantenimiento y repuestos necesarios para el mantenimiento de las instalaciones en las mejores condiciones operativas, y finalmente los costes derivados para el desarrollo de las actividades y el soporte técnico que requiera la instalación durante su vida útil de funcionamiento

Los costes de operación y mantenimiento se estiman en:

- Operación: El costo, en el primer año de producción es de 30 euros por cada 1000 euros de ingresos generados anualmente, estimándose un aumento anual de un 2% dentro de la vida útil del parque.
- Mantenimiento: El costo inicial es de 40 euros por cada 1000 euros de ingresos generados anualmente, estimándose un aumento anual de un 5% para compensar el aumento de las tareas de mantenimiento para compensar el envejecimiento de las instalaciones. Incluye repuestos y contrataciones exteriores a empresas especializadas en el área.

#### 6.2.2.e. Otros costes.

La operación de un parque offshore sufre una serie de costes que se pueden incluir en el capítulo de varios, como son:

**Coste de seguros:** Estos costes incluyen las coberturas relacionadas con la responsabilidad civil, pérdidas de producción, reposición de activos, accidentes...etc. Se estima un coste de un 9% de los ingresos generados anualmente.

**Coste de arrendamiento:** Estos costes son los relacionados con el arrendamiento de los terrenos, es decir, es el coste que se tiene que pagar para poder utilizar los terrenos marítimos y terrestres que ocupará el parque eólico offshore. Se estima un coste del 3% de los ingresos generados anualmente.

**Coste de gestión:** Estos costes son los que tendrá la empresa explotadora para poder realizar su actividad económica relacionada con el control y administración del parque eólico durante su vida útil de explotación. Se estima un coste de un 4% de los ingresos generados anualmente.

**Coste de impuestos y tributos:** Estos costes son los relacionados con las obligaciones tributarias de la empresa explotadora del parque eólico. Están formados por diversos impuestos y tributos, como son, Impuesto sobre el Valor de la Producción de la Energía Eléctrica, Impuesto de Actividades Económicas (IAE), Impuesto sobre Bienes Inmuebles de Características Especiales (BICES), Cánones eólicos, Impuesto de Sociedades. Se estima un coste de un 16% de los ingresos generados anualmente.

#### 6.2.2.f. Costes de desmantelamiento.

La vida útil estimada para el nuevo parque eólico es de 20 años, independientemente que se pueda esperar un aumento de este periodo debido a unas buenas prácticas de mantenimiento de la instalación. La limitación de esta vida útil de los parques viene dada por la vida útil de los aerogeneradores, los cuales, más tarde o más pronto, deberán ser desmantelados y reciclados al finalizar su vida útil.

Este coste de desmantelamiento se financiará básicamente con los ingresos debidos a la venta de los elementos reciclados, así como con una reserva anual de las ganancias empresariales que se dedican como reserva para esta misión. Se estima un coste para el desmantelamiento de un 5% de la inversión inicial.

<b>COSTES DE EXPLOTACION.</b>			
<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.</b>			
Producción eléctrica del parque eólico. (MWh).	635.549,80		
Costes de Operación. (30 E*1000 euros). (euros/Año).	2.208.472,00		
Costes de Mantenimiento. (40 E*1000 euros). (euros/Año).	2.944.629,33		
<b>TOTAL, OP. &amp; MTO. / AÑO.</b>		<b>5.153.101,33</b>	
<b>OTROS COSTES.</b>			
Seguros. (9% de los Ingresos anuales). (euros /Año).	5.147.953,38	-	
Arrendamientos. (3% de los Ingresos anuales). (euros/Año).	1.715.984,46		
Gestión. (4% de los Ingresos anuales). (euros/Año).	2.287.979,28		
Desmantelamiento (5% Inversión inicial). (euros/Año).	688.324,23		

TOTAL, OTROS COSTES/AÑO:	9.840.241,35	
<b>TOTAL, COSTES DE EXPLOTACION ANUAL:</b>		<b>14.993.342,68</b>

Tabla 6. Costes de Explotación. Fuente: (Edición propia).

### 6.2.3. ESTIMACIÓN DE INGRESOS.

#### 6.2. 3.a. Precio de la electricidad.

El precio del mercado mayorista eléctrico depende de la demanda interna en primer lugar, pero también depende de otra serie de variables como son el precio de los combustibles fósiles, en especial el gas natural utilizado en las centrales de Ciclo Combinado, de la situación geopolítica europea y mundial, y de la formación del pool eléctrico nacional y el peso que tienen en el mismo los diferentes tipos de centrales de producción eléctrica.

Durante el año 2022 se están dando una serie de circunstancias, especialmente la guerra de Ucrania en marzo, que han influido de una forma abrumadora al mercado eléctrico. En la Figura 56, se muestra la tendencia de precios del mercado español, donde se ve el impacto de la guerra en marzo y la evolución posterior hasta el momento actual, donde el precio se ha mantenido en el orden de los 200 euros/Mwh.

La prospectiva de evolución en los años próximos es difícil hay varias circunstancias que hacen pensar en una mejora de la evolución de los precios. En primer lugar, el concienciamiento de la población y de los gobiernos de la dependencia económica de los mercados exteriores para la adquisición del Gas Natural, en segundo lugar, la necesidad de avanzar en la lucha contra el cambio climático que hará a medio plazo aumentar la participación porcentual en el pool eléctrico de las energías renovables, que a su vez también tendrá la consecuencia de minimizar la dependencia energética del exterior, finalmente es de esperar que se implanten medidas de ahorro energético que supongan una disminución de la demanda de energía eléctrica en proporción a la población existente.



Figura 56. Evolución del precio eléctrico mayorista en España en el año 2022. Fuente: (OMIE, 2022)

Ante esta situación, las estimaciones que sean realizado para este estudio, con los datos disponibles en estos momentos, se ha estimado una evolución de precios que se indica en la siguiente Figura 57.

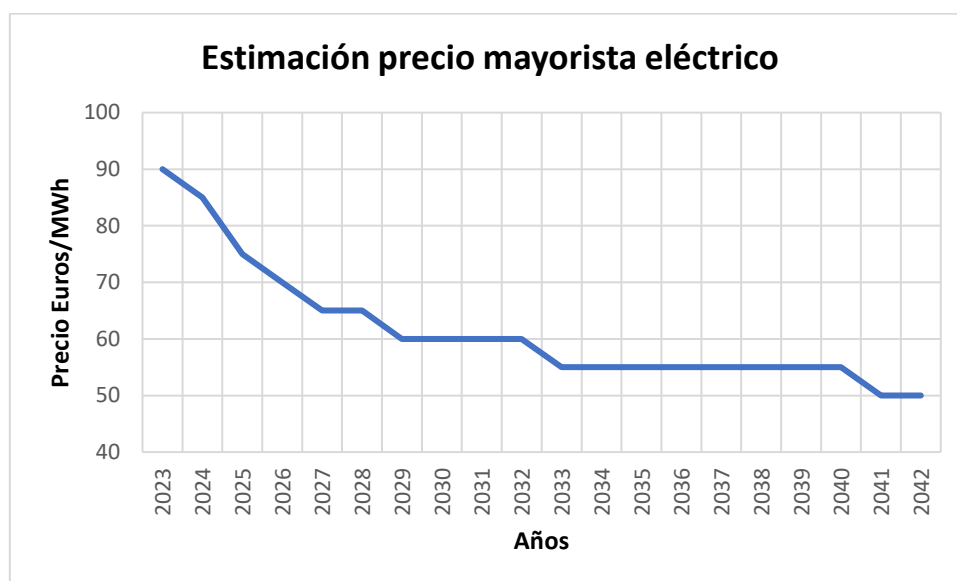


Figura 57, Estimación del precio eléctrico mayorista en España. Fuente: (Elaboración propia).

Los precios estimados vendrán expresados en euros/MWh y serán utilizados como valor de referencia del precio energético en la totalidad de los años que abarca este estudio.

#### 6.2.3.b. Retribuciones.

Como incentivo a la transición ecológica y lucha contra el cambio climático, el Gobierno Español, a través del Real Decreto 413/2014 promueve la instalación de energías renovables en el pool del sistema eléctrico español. Esto se plasma en una serie de incentivos y retribuciones a las empresas energéticas para la instalación de centros de producción de energías renovables.

Por lo tanto, el Estado con la finalidad de incrementar la potencia eléctrica instalada en el país provenientes de fuentes de energía renovables subvenciona este tipo de instalaciones con las siguientes características:

- 1- Retribución directa a la inversión por la que la empresa explotadora de la instalación de producción de energía recibe una prima en función de la potencia instalada. En la Figura 58, (RD 413/2014 y Orden TED/171/2020), se indica la cantidad subvencionada que es de 98638 euros por MW instalado. Ver figura 58.
- 2- Retribución a la operación consistente en la recepción de una prima en función de la energía generada por la instalación energética. Esta prima está prevista desarrollar en el futuro ya que en la actualidad no se dispone en España de ningún parque eólico instalado.

Código de Identificación	Vida Útil Regulatoria (años)	Coeficiente de ajuste $C_{ra}$	Retribución a la Inversión Rinv 2020-2022 (€/MW)	N.º horas equivalentes de funcionamiento mínimo anual Nh 2020-2022 (h)	Umbral de funcionamiento anual Uf 2020-2022 (h)	Porcentajes aplicables a Nh y Uf anuales, para el cálculo del número de horas equivalentes de funcionamiento mínimo y del umbral de funcionamiento de los periodos de 3, 6 y 9 meses (%)		
						3 meses	6 meses	9 meses
IT-00666	20	0,7522	98.638	1.050	630	15%	30%	45%

Figura 58. Retribución a la inversión. (RD 413/2014 y Orden TED/171/2020).

### 6.2.3.c. Derechos de emisión de CO2.

Una de las principales ventajas de las energías renovables, y en concreto, de la producción de energía eólica marina, es la minimización de emisiones de CO2 que puedan producir el Efecto Invernadero en la atmosfera terrestre, siendo esta una de las principales razones de la necesidad de incentivar este tipo de energía.

Como compensación, respecto a otro tipo de energías que si producen CO2 en sus procesos de generación, se produce un efecto de compensación positiva, ya que la energía eólica marina no realiza ningún pago compensatorio en este sentido, lo que la hace más competitiva en relación a las fuentes de producción eléctrica con emisión de CO2.

### 6.2.3.d. Ingresos provenientes de la venta de energía eléctrica.

Aplicando los criterios indicados anteriormente, en la Tabla 7 se muestran los ingresos esperados en la explotación del nuevo parque eólico marino.

<b>INGRESOS.</b>			
<b>INGRESOS POR VENTA DE ENERGÍA.</b>			
Energía eléctrica producida anualmente. (MWh /Año).	635.549,80		
Precio de venta mayorista. (euros/Mwh). (Estimación inicial para el año 2023).	91		
Ingresos por venta de energía producida.		57.835.031,8	
<b>PRIMA A LA INVERSION (Rinv.), SEGÚN LA LEY 24/2013 Y RD 413/2014 PARA INSTALACIONES b.2.2.</b>			
Potencia instalada (Mw).	160		
Retribución (prima) a la Inversión (euros/Mw instalado).	98.638		
Total, retribución (prima) a la inversión Eólica Marina:		15.782.080	
<b>TOTAL, INGRESOS ANUALES:</b>			<b>73.617111.8</b>

Tabla 7. Estimación de los Ingresos. Fuente: (Elaboración propia).

#### 6.2.4. ANALISIS DE RESULTADOS.

Se analizan los indicadores de inversión más relevantes para el estudio y análisis de la inversión y operación en este parque eólico, en concreto se calculan y analizan:

- Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Levelized Cost of Energy (LCOE).
- Ratio Coste de Potencia.
- Periodo de Recuperación de la Inversión.

##### 6.2.4.a Valor Actual Neto (VAN).

El Valor Actual Neto (VAN) se utiliza para la valoración de una inversión, o en el caso de diferentes opciones de inversión, vamos a conocer cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia.

Su valor se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

$F_t$  - Son los flujos de dinero en cada periodo de tiempo  $t$ .

$I_0$  - Es la inversión realiza en el momento inicial ( $t = 0$ ).

$n$  - Es el número de periodos de tiempo (años).

$k$  - Es el tipo de tipo de interés exigido a la inversión ( $k=5\%$  anual).

Este valor tiene la característica de que proporciona una muy útil predicción sobre los efectos de los proyectos de inversión y sobre el valor de los beneficios que podemos obtener.

En este caso, el valor del VAN se ha calculado en el Anexo 4, apartado 5.- Calculo del Valor Actual Neto (VAR).

En este caso, el valor del VAR, y aplicando un interés del 5% anual en la tasa de descuento de la inversión, el valor es de:

$$VAN = 925.682,67$$

Dado que el valor es positivo, es conviene que realicemos la inversión en el proyecto, tal como está diseñada.

##### 6.2.4.b Tasa Interna de Retorno (TIR).

La Tasa Interna de Retorno (TIR), nos indica el interés o rentabilidad que ofrece una inversión realizada a lo largo de su vida útil, es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que ofrecerá una inversión para las inversiones que no se han retirado del proyecto, por lo tanto, nos suministra una medida relativa de la rentabilidad.

El TIR está relacionada con el Valor Actual Neto (VAN), de tal forma que se corresponde con el interés cuando el VAN es igual a cero, según:

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

En este caso, el valor del TIR se ha calculado en el Anexo 4, apartado 6.- Calculo del Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).

En este caso, el valor del TIR, es decir, la rentabilidad del proyecto es de:

**TIR = 6,88 %**

En este caso, la Tasa de Rendimiento Interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión (k=5% anual), y, por lo tanto, es razonable aprobar el proyecto en los términos que está diseñado.

#### 6.2.4.c. Levelized Cost of Energy (LCOE).

El Levelized Cost of Energy (LCOE), es el valor del coste total, actualizado a la fecha de hoy, de construir y operar y explotar el parque eólico marino a lo largo de toda su vida útil. Su valor viene dado en euros/MWh.

Mide los costes totales que este parque eólico tendrá a lo largo de toda su vida útil y los divide por la producción de energía que realizará también durante todos sus años de operación.

Este parámetro se utilizará para comparar directamente los costes de diferentes fuentes de generación de energía, suministrando un coste estandarizado y comparable.

Es decir, podemos mirar los LCOE de instalaciones solares, eólicas, térmicas de gas o carbón, nucleares, hidráulicas...etc. y compararlos directamente. El que sea menor de todos ellos nos estará diciendo cuál de las instalaciones genera energía más barata.

Este valor viene dado por la ecuación:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_{totaln}}{(1+r)^n}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_n}{(1+r)^n}}$$

Donde:

$C_{totaln}$ : Son los distintos costes de construir y operar la planta de energía (costos de inversión, amortizaciones, intereses, combustible gastado, gastos de explotación...etc.).

$E_n$ : Es la producción de energía a lo largo de la vida útil del parque.

r: Es la tasa de descuento.

n: Número de años de vida útil de la instalación.



En este caso, el valor del LCOE se ha calculado en el Anexo 5, apartado 7.- Cálculo del Levelized Cost of Energy (LCOE).

En este caso, el valor del LCOE, es decir, el precio de producción medio estimado del MWh a lo largo de la vida útil de la instalación, será de:

**LCOE = 48,52 euros/MWh**

#### *6.2.4.d. Ratio Coste de Potencia.*

El Ratio de Coste de Potencia, nos indica el coste unitario por MW montado que tiene la instalación.

Viene dado por la relación:

$$\text{Ratio Coste Potencia} = \frac{\text{Coste Total Montaje}}{\text{MW Instalados}}$$

En este caso será:

**RCP= 275.329.692,62/160= 1.720.810,57 euros / MW**

#### *6.2.4.e. Periodo de Recuperación de la Inversión (PayBack).*

El Periodo de Recuperación de la Inversión o PayBack, es el tiempo calculado en el que se recuperará la inversión inicialmente realizada, este periodo es imprescindible para estimar la viabilidad del proyecto, ya que permitirá reducir la incertidumbre que genera cuando se gestiona un proyecto de inversión, cuanto antes se pueda recuperar la inversión inicial realizada, por el contrario, cuanto mayor sea el plazo, se genera mayor incertidumbre y se aumenta el riesgo financiero de una inversión.

Se calcula sumando los flujos de caja netos que se esperan conseguir por cada uno de los años de operación del parque eólico, hasta llegar al valor de la inversión inicial:

$$PRI = \frac{I_0}{\sum F}$$

Donde:

PRI: Es el Periodo de Retorno de la Inversión (Años).

$I_0$ : Es la inversión inicial (euros).

$\sum F$ : Es la suma de los flujos netos de caja anuales hasta igualar a  $I_0$  (euros).

En este caso el valor será de:

**PRI= 11,99 Años.**

Analizando de forma conjunta los indicadores anteriores, se deduce que la inversión es viable y dentro de los parámetros habituales para este tipo de instalaciones, muy interesante.

### 6.2.5 COMPARATIVA CON OTRA ENERGIAS.

El suministro de energía eléctrica a un país es un tema complejo que depende de diversas consideraciones y parámetros, situación estratégica, riqueza de recursos energéticos, dependencia económica y política del exterior, consumo interno, características de los consumidores del país, penetración de la energía eléctrica en el consumo energético del país...etc.

Una de las políticas claras que se deberá seguir en el suministro eléctrico, es el de diversificación de las fuentes de energía para producir un suministro más seguro y menos dependiente de una fuente de energía en particular.

En la Figura 59 se muestra el pool eléctrico español de la actualidad suministrado por Red Eléctrica Española.

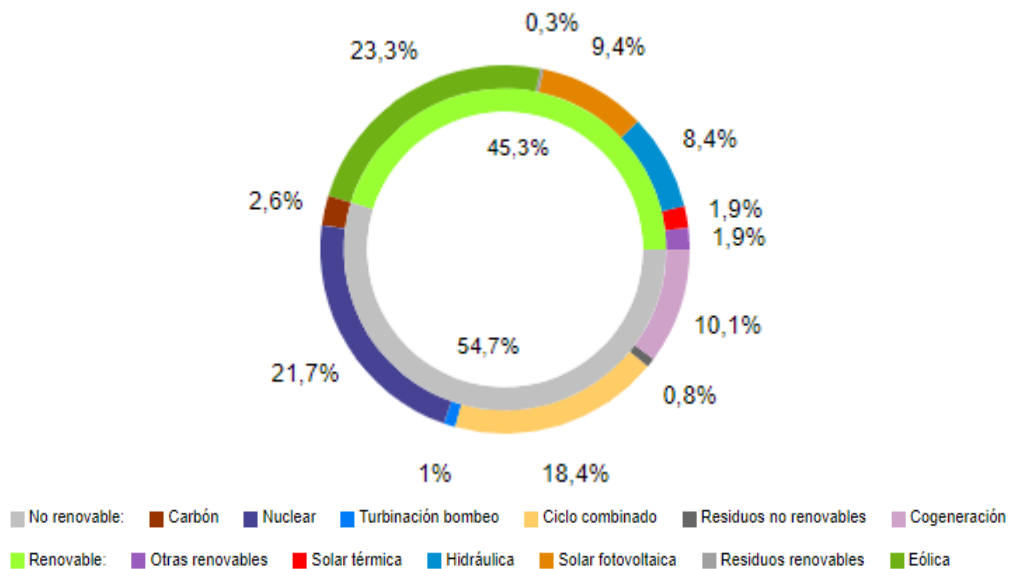


Figura 59. Estructura de la producción eléctrica española. Fuente: (Red Eléctrica de España, 2022)

Partiendo de la distribución de riesgos entre las diferentes fuentes de suministro de energía eléctrica, es necesario a su vez, disponer de un suministro competitivo, tanto desde el punto de vista de la seguridad del suministro, como del coste de la energía eléctrica suministrada a los consumidores, ya que de ello depende la competitividad económica del país.

Para analizar el conjunto del pool eléctrico se deberán tener en cuenta una serie de características que optimicen el conjunto del suministro eléctrico al país.

Se realizará un análisis comparativo entre las diferentes tecnologías de suministro eléctrico, viendo el aporte que representa a energía eólica en general y la eólica marina en particular, en los momentos actuales y lo que pueden representar en los próximos años.

Analizaremos las características de las diferentes fuentes de suministro eléctrico:

- 1- Inversión inicial necesaria:  
Es el capital, propio u obtenido por recursos ajenos, que es necesario para realizar el montaje del parque eólico, y del que se espera obtener un rendimiento económico en los años de operación y explotación de la instalación eólica marina.
- 2- Gastos de Operación y Mantenimiento necesarios durante su vida útil de operación:  
Son todos los gastos asociados a las tareas manejo y operación de las instalaciones, y al mantenimiento de estas, incluidos los repuestos necesarios para realizar el mismo. También se incluye la mano de obra necesaria para estas dos tareas.
- 3- Gastos de Combustible necesario para su funcionamiento:  
Son los gastos de los combustibles utilizados para la producción de la energía eléctrica en cada una de sus tecnologías.
- 4- Levelized Cost of Energy (LCOE).  
Es el costo medio por MWhE producido a lo largo de su vida útil de producción y explotación.
- 5- Consideraciones sobre el impacto ecológico de cada una de las tecnologías.  
Se considerarán las implicaciones ecológicas que suponen el funcionamiento de cada una de las tecnologías utilizadas para la producción eléctrica

En la Tabla 8, se muestra una comparación de los costes entre las diferentes tecnologías más relevantes para la producción de energía eléctrica. Se deberá tener en cuenta, que esta tabla refleja los precios en las fechas actuales, y que pueden variar entre márgenes amplios en función de los precios de los combustibles fósiles, de la situación geoestratégica, de la madurez de las tecnologías, de las políticas de estado de los diferentes gobiernos...etc.

De esto valores comparativos podemos deducir que la energía eólica marina es, (ya en estos momentos) competitiva, desde el punto de vista económico con el resto de las tecnologías, países como Reino Unido, Alemania, Holanda, Dinamarca, EE. UU o China, disponen de una parte, muy importante de este tipo de parque y sus programas de implantación en el futuro demuestran su apuesta fuerte por este tipo de tecnología.

Por otra parte. Se debe tener en cuenta que este tipo de tecnología eólica marina tiene aún margen de mejora en su madurez tecnológica, por lo que en el futuro inmediato es de suponer que los costes económicos y los rendimientos de sus factores de producción mejoren en gran manera, lo que hará, a su vez, que mejore la competitividad comparativa con el resto de las tecnologías. Ver figura 60.

Tecnología	$I_0$ (E/Kw)	O & M (E/Kw)	Combustible (E/MMBtu)	LCOE (E/MWh)
1-Nuclear.	9500	124	0,9	58
2-Termica convencional.	4600	65	1,5	66
3-Ciclo combinado.	1200	60	5,55	300
4-Cogeneracion	1150	40	2,4	130
5-Solar fotovoltaica	1600	24	0	70
6-Eolica terrestre	1800	30	0	50
7-Eolica marina	2000	50	0	61
8-Hidraulica.	2500	30	0	40
9-Biomasa.	2300	114	3,4	60
10-Geotermica	3500	122	0	40
11-Energías del mar.	4250	60	0	230

Tabla 8. Costes y LCOE de diferentes tipos de tecnologías de producción eléctrica. Fuentes: (Ray D, 2019) (IRENA, 2019)

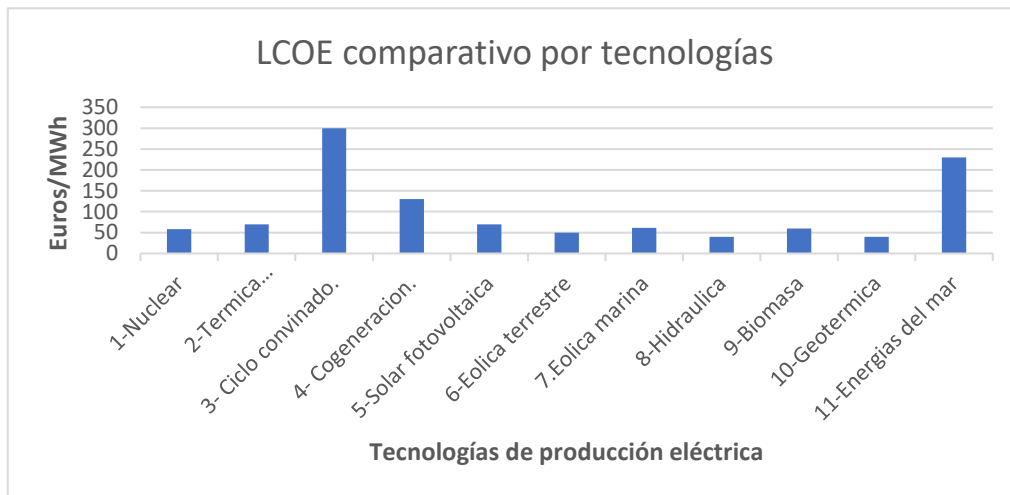


Figura 60. Visión comparativa de los LCOE de los diferentes tipos de tecnologías de producción eléctrica. Fuente: (Edición Propia)

Desde el punto de vista del impacto ecológico las diferentes fuentes y tecnologías energéticas utilizadas para la generación eléctrica tienen impactos ambientales y ecológicos muy diferentes.

Sistemas energéticos	Lignito	Petróleo	Carbón	Nuclear	Solar Foto-voltaico	Gas Natural	Eólico	Mini-hidráulica
Impactos ambientales								
Calentamiento Global	135,00	97,00	109,00	2,05	15,40	95,80	2,85	0,41
Disminución Capa de Ozono	0,52	53,10	1,95	4,12	3,66	0,86	1,61	0,05
Acidificación	920,00	261,00	265,00	3,33	97,00	30,50	3,49	0,46
Eutrofización	9,83	9,76	11,60	0,28	1,97	6,97	0,27	0,06
Metales pesados	62,90	244,00	728,00	25,00	167,00	46,60	40,70	2,58
Sustancias Cancerígenas	25,70	540,00	84,30	2,05	75,70	22,10	9,99	0,76
Niebla de Invierno	519,00	135,00	124,00	1,50	53,30	3,08	1,48	0,15
Niebla Fotoquímica	0,49	36,90	3,05	0,32	3,03	3,47	1,25	0,06
Radiaciones Ionizantes	0,02	0,02	0,05	2,19	0,12	0,00	0,01	0,00
Residuos Residuos Radiactivos	50,90	0,62	12,90	0,28	1,84	0,58	0,29	0,52
Residuos Agotamiento Recursos Energéticos	5,28	7,11	10,60	565,00	34,90	1,34	1,83	0,32
Total	1735,16	1398,11	1355,92	671,82	460,98	207,11	64,67	5,43

Figura 61. Comparación de impactos ambientales de diferentes tecnologías de producción eléctrica. Fuente: (Fundación Naturgy, 2020)

Por lo tanto, es importante conocer estas diferencias para tomar decisiones sobre la elección de tecnologías y formación del pool eléctrico. Los análisis se realizan desde el punto de vista del impacto de cada tecnología por KWh producido.

En las Figuras 61 y 62, se muestra una tabla comparativa, desde el punto de vista medioambiental que cuantifica y valora comparativamente esta variable que es vital con la idea de llegar a la Agenda 2050 con un impacto nulo desde el punto de vista de emisiones de CO2, y desde el punto de vista de necesidad de recursos que impacten en el medioambiente y en el ecologismo.

Finalmente, podemos concluir, que, tanto desde el punto de vista de la competencia económica, como desde el punto de vista del impacto ambiental, la energía eólica marina es una de las opciones más adecuadas para desarrollar en España, al igual que se está desarrollando en Europa y en los países más desarrollados del resto del mundo.

Fuente/tecnología energética	Emisión (tCO <sub>2</sub> /MWh)
Carbón (según el tipo)	1,06-1,21
Central de fueloil	0,85
Gas siderúrgico*	0,82
Cogeneración (según el tipo)**	0,39-0,5
Ciclo combinado (central de gas)	0,42
Incineración de residuo sólido urbano	0,28
Hidrógeno gris***	0,27
Hidrógeno azul***	0,03
Hidrógeno verde***	0
Nuclear	0
Hidroeléctrica	0
Biomasa	0
Biogás	0
Fotovoltaica	0
Solar termoeléctrica	0
Eólica	0

Figura 62. Comparativa de emisiones CO<sub>2</sub> de diferentes tecnologías de producción eléctrica. Fuente: (Fundación Naturgy, 2020)

# CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES.

Las conclusiones que se obtienen de este documento se pueden establecer en diferentes ámbitos que contemplan en su totalidad las características y el impacto que debe tener la energía eólica marina, en general, y en España en particular. Estos ámbitos son los siguientes:

- 1- **Estratégico:** La energía eólica marina y en unión de la terrestre disponen de la característica de suministrar una independencia del exterior, en cuanto combustibles fósiles de forma total, y desde otro tipo de componentes en muy alto porcentaje, que proporciona una independencia económica, del exterior, en el suministro eléctrico nacional que proporciona estabilidad en los precios de la electricidad, suministra precios competitivos en relación al resto de tecnologías productoras de electricidad, y con ello, contribuye a la competitividad de la industria española y al suministro de los hogares.

Por otra parte, desde el punto de vista español, la energía eólica en particular, dentro de la eólica en general, se presenta como vital para el cumplimiento con la estrategia del estado español para el cumplimiento con el Marco Estratégico de Energía y Clima, de acuerdo con las líneas de referencia:

- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.
- Ley de Cambio Climático y Transición Energética.
- Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050.
- Estrategia de Transición Justa.
- Estrategia Pobreza Energética

- 2- **Tecnológico:** La energía eólica marina dispone en la actualidad de una madurez tecnológica ya demostrada en los parques eólicos que están montados en países europeos, con éxito en los factores de producción y en los resultados económicos de las explotaciones.

Por otra parte, disponemos de empresas españolas (ver “Anexo 2 Mapa de la Cadena de Suministro Eólico”), que nos suministran una independencia tecnológica y con las que somos capaces de diseñar, desarrollar, operar y desmantelar este tipo de instalaciones.

Al mismo tiempo, es de destacar que la tecnología eólica marina tiene mucho margen de mejora, así los resultados de la I+D+I dirigida a la disminución de costes, los grandes aerogeneradores que se están ya montando (por encima de los 10 MW), así como el aumento de las instalaciones Offshore, proporcionarán una disminución de los precios de producción del MWh en los próximos años.

- 3- Económico: Desde el punto de vista económico la energía eólica marina, es ya una realidad, es competente en precios respecto al resto de tecnologías productoras de electricidad, y es de esperar que en los próximos futuros años los precios aún se optimicen respecto a la actualidad. Esto es posible a la optimización de la tecnología, a la economía de mercado y la competencia entre sectores, el aumento del volumen de los parques eólicos actuales y en el futuro, que hace que los costes caigan en función de los volúmenes producidos y montados, es decir en función de la economía de escala.

Muy importante es también la independencia económica de los combustibles fósiles que tenemos que importar del exterior, lo que proporciona, por una parte, unos costos bajos de explotación y, por otra parte, una independencia como país.

- 4- Impacto directo del Sector Eólico sobre el Producto Interior Bruto: Además del impacto directo sobre el precio de la energía eléctrica, el sector eólico marino produce otra serie de influencias directas sobre la economía nacional.

Así tenemos una serie de sectores que se ven afectados y que sobreviven gracias al funcionamiento de la energía eólica en general y en particular de la eólica marina, se pueden destacar:

- Productores y promotores y empresas eléctricas en general.
- Fabricantes y suministradores de equipos y componentes (530 M de euros en 2021).
- Proveedores de servicios e ingenierías (345 M de euros en 2021).
- Exportaciones al exterior de la industria eólica (1748 M de euros).
- Generación de puestos de trabajo (27600 en España y 300000 en Europa en 2021).
- Reducción de la dependencia energética española (ahorro de 1388 millones de euros en 2021).
- Aporte fiscal al Estado (500 M de euros en 2021).
- Inversión en I+D+I en tecnología eólica (80 M de euros en 2021).
- Efecto reductor del precio de la electricidad en el mercado (una reducción de 5,26 euros por cada MWh consumido en 2021).

Como se ve, el impacto de la energía eólica es muy relevante para la energía eólica.

Por otra parte, desde el punto de vista de la eólica marina, en la que en estos momentos no disponemos de ninguna instalación en España, será de gran trascendencia económica la influencia en los sectores específicos de:

- Industrial y de innovación del sector eólico marino.
- Sector de la industria naval, astilleros y portuario.

- 5- Impacto medioambiental y lucha contra el cambio climático: Desde el punto de vista ambiental se deben destacar las características:

- Baja emisión de CO<sub>2</sub> en comparación con el resto de las tecnologías de producción eléctrica.
- Las energías renovables, y muy en particular la eólica marina es vital para el cumplimiento con:
  - ✓ Las agendas 2030 y 2050 marcadas por el Gobierno de España.
  - ✓ El Acuerdo de París sobre el cambio climático.
  - ✓ La Estrategia de la CE para una Europa Climáticamente Neutra en 2050.
  - ✓ El Plan Estratégico Europeo en Tecnologías Energéticas.



Como resumen final indicar que la energía eólica marina, en estos momentos, es una energía estratégica para los cambios energéticos necesarios, es una tecnología ya madura, con experiencia pero con un amplio campo de mejora, es económicamente rentable en la actualidad y con las perspectivas que lo sea más durante las próximas décadas, proporciona grandes beneficios en la economía y en puestos de trabajo del país además de su propio funcionamiento energético, y por último, es vital para conseguir los objetivos ambientales y luchar contra el cambio climático.

La perspectiva de futuro es un aumento de las instalaciones offshore en aquellos lugares en que el recurso eólico así lo permita, como es el caso de Europa.

## Anexo 1: Normativa aplicable.

### **A - NORMATIVA EUROPEA.**

- 1 - REGLAMENTO (UE) 2018/1999 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima, y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.o 663/2009 y (CE) n.o 715/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 94/22/CE, 98/70/CE, 2009/31/CE, 2009/73/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE y 2013/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo y las Directivas 2009/119/CE y (UE) 2015/652 del Consejo, y se deroga el Reglamento (UE) n.o 525/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo
- 2 - DIRECTIVA 2012/27/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE
- 3 - DIRECTIVA (UE) 2019/944 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 5 de junio de 2019 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE
- 4 - DIRECTIVA (UE) 2018/2001 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se refunde y deroga la legislación anterior (Directiva 2009/28/CE).

### **B - NORMATIVA ESTATAL ESPAÑOLA.**

- 1 - Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 que da cumplimiento al Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima, y en el que se prevé una penetración de energías renovables de al menos el 42% sobre el consumo de energía primaria final, llegando incluso al 74% en el caso de la producción eléctrica.
- 2 - Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050, que incluye el camino de transformación del sistema energético para los años 2030 a 2050, indicando la evolución del país hacia la neutralidad climática antes del 2050.
- 3 - Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética donde se establece el marco jurídico, así como las hitos reguladores y económicos que marquen el camino hacia la neutralidad climática en España.
- 4 - Estrategia de Transición Justa que tiene como misión principal la optimización de la Transición Ecológica para la generación de empleo y para dotar que personas y regiones implicadas puedan utilizar y beneficiarse de las oportunidades que salgan como consecuencia del desarrollo de esta estrategia.
- 5 - Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024 es un instrumento que suministra una definición oficial sobre la pobreza energética, establece indicadores para su seguimiento y corrección de esta.
- 6 - Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial.
- 7 - Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.
- 8 - Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.
- 9 - Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

- 10 - Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sector eléctrico.
- 11 - Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- 12 - Orden TED/171/2020, de 24 de febrero, por la que se actualizan los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, a efectos de su aplicación al periodo regulatorio que tiene su inicio el 1 de enero de 2020.
- 13 - Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- 14 - Orden TEC/212/2019, de 25 de febrero, por la que se inicia el procedimiento para efectuar propuestas de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica con Horizonte 2026.
- 15 - Real Decreto-ley 12/2021, de 24 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el ámbito de la fiscalidad energética y en materia de generación de energía, y sobre gestión del canon de regulación y de la tarifa de utilización del agua.

## **C - NORMATIVA AUTONÓMICAS.**

### **C1. ANDALUCÍA.**

- 1 - Plan Andaluz de sostenibilidad energética 2007-2013 (PASENER).
- 2 - Orden de 29 de febrero de 2008 (500 MW) por la que se regula el procedimiento para la priorización en la tramitación del acceso y conexión a la red eléctrica en Andalucía para la evacuación de la energía de las instalaciones de generación que utilicen como energía primaria la energía eólica, contempladas en el RD 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- 3 - BOE. Ley 2/2007, de 27 de marzo, de fomento de las energías renovables y eficiencia energética de Andalucía.

### **C2. ASTURIAS.**

- 1 - Decreto 42/2008, de 15 de mayo, por el que se aprueban definitivamente las Directrices Sectoriales de Ordenación del Territorio para el aprovechamiento de la energía eólica.
- 2 - Decreto 47/2001, de 19 de abril, de moratoria para la tramitación de nuevas solicitudes de instalación de parques eólicos.
- 3 - Decreto 13/1999, de 11 de marzo, por el que se regula el procedimiento para la instalación de Parques Eólicos en el Principado de Asturias.

### **C3. CANTABRIA.**

- 1 - Ley 7/2013, de 25 de noviembre, por la que se regula el aprovechamiento eólico en la Comunidad Autónoma de Cantabria.
- 2 - Decreto 19/2009, por el que se regula la instalación de parques eólicos en la CA de Cantabria.
- 3 - Decreto 142/2004, de 22 de diciembre, por el que se regula la formulación del Plan Energético de Cantabria para el período 2005-2011.
- 4 - Decreto 41/2000, de 14 de junio, por el que se regula el procedimiento para la autorización de Parques Eólicos en Cantabria.

### **C4. CATALUÑA.**

- 1 - Orden ECF/329/2010 de 9 de junio, por la que se abre la convocatoria de concurso público para la adjudicación de autorización e instalación de parques eólicos en las zonas de desarrollo prioritario y se aprueban las bases.
- 2 - Plan sectorial de la implantación ambiental de la energía eólica en Cataluña.

- 3 - Plan de Energía de Cataluña 2006-2015 (Documento expuesto a debate público).
- 4 - Orden TRI/216/2004, de 14 de junio, por la que se aprueban las bases reguladoras para actuaciones en materia de ahorro, eficiencia energética y aprovechamiento de los recursos energéticos renovables y se abre la convocatoria para el año 2004 (código de ayuda 10202 y Z06).

#### **C5. GALICIA.**

- 1 - Ley 3/1999, de 11 de marzo, de creación del Instituto Energético de Galicia.
- 2 - Ley 36/2003 do 11 de enero de medidas de reforma económica. [Incluirse modificación da Ley 43/1995 do 27 de decembro referida ó imposto sobre Sociedades no ámbito do fomento das enerxías renovables].
- 3 - Corrección de errores Orden de 29 de marzo de 2010 para la asignación de 2.325 MW de potencia en la modalidad de nuevos parques eólicos en Galicia.
- 4 - Orden de 29 de marzo de 2010 que desarrolló determinados aspectos de la Ley 8/2009 de 22 de diciembre por la que se regula el aprovechamiento eólico en Galicia y se crea el canon eólico y el Fondo de Compensación ambiental.

#### **C6. ISLAS BALEARES.**

- 1 - Decreto 58/2001 de 6 de abril, de aprobación del Plan director sectorial energético de las Islas Baleares.

#### **C7. ISLAS CANARIAS.**

- 1 - Ley 8/2005, de 21 de diciembre, de modificación de la Ley 11/1997, de 2 de diciembre, de modificación de la Ley 11/1997, de 2 de diciembre, de regulación del Sector Eléctrico Canario.
- 2 - Decreto 32/2006, de 27 de marzo, por el que se regula la instalación y explotación de los parques eólicos en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias.
- 3 - Orden de 27 de abril de 2007, por la que se convoca concurso público para la asignación de potencia en la modalidad de nuevos parques eólicos destinados a verter toda la energía en los sistemas eléctricos insulares canarios.
- 4 - Decreto 6/2015, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento que regula la instalación y explotación de los Parques Eólicos en Canarias.
- 5 - Resultado de la convocatoria para el establecimiento de un Régimen Retributivo Específico para un máximo de 450 MW al amparo de la Disposición Adicional Sexta de la Orden IET/1459/2014, de 1 de agosto, en su redacción según la orden IET/1953/2015, de 24 de septiembre.

#### **C8. COMUNIDAD VALENCIANA.**

- 1 - Ley 16/2008, de 22 de diciembre, de Medidas Fiscales, de Gestión Administrativa y Financiera, y de Organización de la Generalitat.
- 2 - Ley 14/2005, de 23 de diciembre, de medidas fiscales, de gestión administrativa y financiera, y de organización de la Generalidad.
- 3 - Ley 8/2001, de 26 de noviembre, de Creación de la Agencia Valenciana de la Energía.
- 4 - Resolución de 25 de febrero de 2003 del conseller de Industria, Comercio y Energía, sobre convocatoria para el desarrollo y ejecución del Plan Eólico de la Comunidad Valenciana.

## Anexo 2: Mapa de la Cadena de Suministro Eólico en España.

### 1 - ASOCIACIONES EOLICAS.

#### 1- Asociación Empresarial Eólica (AEE).

Es la voz del sector eólico de España, representa a más de 260 empresas asociadas y representa el 90% del sector español, incluyendo promotores, fabricantes de aerogeneradores y componentes, asociaciones nacionales y regionales y todo tipo de organizaciones asociadas al sector eólico.

El objetivo es promover el crecimiento de la energía eólica a través de sus intereses, la investigación, la comunicación y la educación. Pertenece, a nivel internacional, a Wind Europe como miembro asociado.

Localización: Madrid.

#### 2- Asociación Clúster de Energía.

El Clúster de energía del País vasco es una asociación sin ánimo de lucro que busca impulsar la competitividad del sector energético vasco.

Su objetivo es mejorar el posicionamiento tecnológico y competitivo, a nivel nacional e internacional, de los proveedores, fabricantes e investigadores del País Vasco.

Localización: Bilbao.

#### 3- Asociación de Promotores de Energía Eólica de Castilla y León.

Es una asociación abierta cuyo objetivo fundamental es promover la ejecución, desarrollo e implantación de proyectos eólicos en Castilla y León, coordinar las actividades frente a las administraciones y organismos oficiales, canalizar las diferentes iniciativas de las empresas asociadas, apoyar el desarrollo de la energía eólica y ser el vehículo de discusión y dialogo con las administraciones públicas.

Localización: Valladolid.

### 2 - CENTROS DE INVESTIGACION.

#### 1- Centro Nacional de Energías Renovables (CENER).

Desarrolla la investigación aplicada en Energías Renovables y presta soporte tecnológico en Eólica, trabajando en el modelado del recurso y análisis, diseño, simulación y ensayos de validación de diferentes tipos de componentes de la industria eólica.

Entre sus objetivos de investigación se pueden indicar:

- Optimización de plataformas Offshore.
- Soporte para certificaciones industriales.
- Análisis y diseño de Aerogeneradores.
- Evaluación y predicción del recurso eólico.
- Ensayos de validación de Aerogeneradores y componentes.

Localización: Sarriguren (Navarra).

#### 2- CIEMAT.

Es un organismo público de investigación del Ministerio de Ciencia e innovación que realiza investigación básica y aplicada en energía y medioambiente.

Entre sus objetivos de investigación se pueden indicar:

- Desarrollo de sistemas eólicos distribuidos.
- Desarrollo de herramientas numéricas para la evaluación y predicción del recurso eólico.
- Integración de la energía eólica en las redes de distribución eléctrica.

- Compatibilidad con otras tecnologías de generación, y almacenamiento energético.
- Laboratorios de pruebas y ensayos para validaciones y certificaciones de aerogeneradores y diferentes tipos de equipos de la industria eólica.

Localización: Madrid.

### **3- IKERLAN.**

Es un centro tecnológico líder en la transferencia de conocimiento y en la aportación de valor competitivo a las empresas miembros de Mondragón y del País Vasco.

Ofrece soluciones adaptadas a las necesidades de las empresas industriales eólicas mediante tres diferentes propuestas:

- Ikerlan Konnekt - Soluciones del tipo de digitalización industrial.
- Ikerlan Energy – Soluciones de productos y soluciones mecánicas fiables y sostenibles.
- Ikerlan Mech – Actividades de investigación general y formación de investigadores.

Localización: Mondragón (Guipúzcoa).

### **3-TECNALIA.**

Soluciones tecnológicas que generan oportunidades de alto impacto con resultados dirigidos a la Transición tecnológica.

Entre sus objetivos de investigación se pueden indicar:

- Sistemas Offshore. Modelización y optimización de estructuras orientadas a la reducción de costes.
- Sistemas de fondeo y anclaje de plataformas flotantes.
- Optimización de operaciones marinas.
- Análisis de estabilidad de redes eléctricas alimentadas por energías eólicas.
- Almacenamiento energético.
- Optimización de los procesos de Electrolisis para la generación de Hidrogeno.
- Ciberseguridad para componentes y para instalaciones de control de centrales eólicas.

Localización: Zamudio (Vizcaya).

## **3 - EMPRESAS DE INGENIERÍA Y DESARROLLO DE EOLICA MARINA.**

### **1-BLUEFLOAT.**

Desarrolla energía Eólica Marina a través de diversos proyectos en Europa, Asia, Pacifico. América del Norte y América Latina.

Especializada en el desarrollo, construcción y ejecución de proyectos offshore flotantes y fijos. Actualmente está desarrollando proyectos de parques eólicos en Galicia, Cataluña e Islas Canarias.

Localización: Madrid.

### **2-HIDRAMAR.**

Astilleros canarios con experiencia offshore, con personal propio y capacidades de fabricación:

- Departamento de Ingeniería para el diseño, integración y automatización de los procesos de fabricación de maquinaria.
- Instalaciones en los puertos más importantes de Canarias, para la fabricación, montaje y transporte de equipos para parques eólicos.
- Capacidades de elevación con grúas de 400 y 600 toneladas.
- Soporte de diferentes disciplinas, soldadura, trabajos en altura, caldereros, pintores, técnicos hidráulicos y mecánicos, y especialistas en Operación y Mantenimiento.

Localización: Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife.

### **3-SAITEC.**

Ingeniería especializada en Eólica Marina flotante, con diseños innovadores que consiguen reducir los costes y facilitan la instalación de parques eólicos en alta mar.

Se destaca por:

- Tecnologías basadas en el empleo del hormigón.
- Reducción de costes apostando por las cadenas de valor locales y nacionales.
- Oferta de servicios de ingeniería en todas las fases de proyectos eólicos offshore.

Localización: Leioa (Vizcaya).

### **4-SENER.**

Líder en ingeniería y servicios en energías renovables, suministrando soluciones para proyectos eólicos marinos, tanto en las etapas de diseño inicial, como en los procesos de construcción.

Ofrece soluciones para:

- Estudios de viabilidad.
- Proyectos para la tramitación de permisos de implantación.
- Estudio de recursos meteoceanicos y eólicos.
- Estudios de amarre y análisis de riesgos.
- Diseño de plataformas flotantes.
- Diseños de transición tierra/mar.
- Diseños eléctricos.
- Estudios de impacto ambiental.
- Gestión de la construcción y puesta en marcha.

El conjunto de estas capacidades se ven soportadas por la experiencia empresarial en otros ámbitos como son los de la ingeniería eléctrica, arquitectura naval y la ejecución de innumerables proyectos en la industria en general.

Localización: Getxo (Vizcaya).

## **4 - FABRICANTES DE AEROGENERADORES.**

### **1- SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY.**

Siemens Gamesa es un proveedor líder de soluciones de energía eólica para clientes de todo el mundo. Un jugador clave y pionero en innovación en el sector de las energías renovables, hemos instalado productos y tecnología en más de 90 países, con una base de capacidad total de más de 110 GW y 25.000 empleados en los cinco continentes.

Cada vez produce generadores más potentes y con menor coste.

Sigueiro: Reparación de cajas de cambios.

Burgos: La instalación es una de las plantas de fabricación de cajas de cambios de Gamesa. Gamesa cuenta con más de 20 años de experiencia en la fabricación de reductores para la industria eólica.

Lerma: Actualmente dedicada al montaje y banco de pruebas de máquinas de 2MW y hasta 5MMV, la planta ha ido evolucionando a lo largo de estos años y adaptándose a los cambios de producción. Cambios que han ido en paralelo al aumento de su plantilla, que ha pasado este año de estar compuesta por 19 trabajadores a estar compuesta por 84 personas.

A su vez trabaja en nuevas soluciones energéticas como son el Hidrogeno verde y los procesos de almacenamiento energético que permitirán un mayor crecimiento de la energía eólica.

Los objetivos para el futuro próximo son:

- Emisiones netas cero para el año 2040 en toda su cadena de valor añadido.
- Todas las turbinas producidas serán reciclables al 100%, e igualmente las palas para el 2030.

- Programas de acción social en el montaje de los parques eólicos, luchando contra la pobreza, combatir los efectos del cambio climático y promocionar la formación en materia tecnológica.

Localización: Galicia, Lerma (Burgos), Burgos, Valencia, Pamplona (Navarra), Zamudio y Munguía (Vizcaya), Sigüeiro (La Coruña), Asteasu (Guipúzcoa), Asturias, Linares (Jaén).

## **2- NAVANTIA.**

Navantia, empresa pública española perteneciente a la SEPI (empresa pública dependiente del Ministerio de Economía y Hacienda de España), produce jackets para aerogeneradores marinos y subestaciones.

La fábrica de aerogeneradores de Navantia en Ferrol ha equipado 718 aerogeneradores terrestres, que suman un total

de 676 MW de potencia (590 MW en España y 86 MW en Portugal y China). También fue el lugar donde se construyeron los cimientos de los 29 aerogeneradores instalados en el parque eólico marino Wikinger de Iberdrola en Alemania.

Todos los componentes estructurales de la subestación Andalucía -instalada en el parque eólico marino Wikinger de Iberdrola en Alemania- fueron fabricados en los astilleros de Navantia en Puerto Real (Cádiz), a excepción del material eléctrico. La subestación de Andalucía pesa unas 8.500 toneladas, más que la Torre Eiffel y la Estatua de la Libertad juntas.

La instalación de Navantia en Cádiz es la más grande en propiedad de la compañía (más de un millón y medio de metros cuadrados).

Localización: Cádiz, Puerto Real (Cádiz). El Ferrol (La Coruña).

## **3- NORVENTO.**

Aerogeneradores de media potencia. Convertidores para almacenamiento de energía. Monitorización y Control. Sistemas contenerizados de almacenamiento eléctrico con baterías.

Soporta actividades de:

- Fabricación de generadores de mediana potencia.
- Fabricación de convertidores y sistemas de almacenamiento de energía.
- Servicios integrales de consultoría e ingeniería energética.
- Ejecución llave en mano de plantas de generación y distribución, de energías eólicas. Solar. Biomasa cogeneración...etc.
- Servicios generales de Ingeniería (civil, eólica ambiental...etc.).
- Operación y Mantenimiento de plantas de energía renovable.
- Centros de Control de Generación homologados.

Localización: Villalba (Lugo).

## **4- NORDEX GROUP.**

El Grupo Nordex se formó en 2016 con la fusión de Nordex y Acciona Windpower. Desde 2003, la empresa está fabricando en España. Dispone de más de 8500 empleados en Europa.

Suministra aerogeneradores de alto rendimiento, en la gama de 3 a 6 MW. A su vez la empresa puede suministrar diversos servicios, desde la venta de equipos hasta la construcción llave en mano y la ejecución completa del parque eólico.

Localización: Lumbier (Navarra). (840 trabajadores), Vall de Uxó (Castellón), Valencia, Montilla del Palancar (Cuenca).

## **5- ENERCON.**

Tecnología innovadora en el sistema de accionamiento directo en la fabricación de aerogeneradores que proporciona fiabilidad en su funcionamiento trabajando en el suministro global y eficaz de la energía eólica.



Fabricación de aerogeneradores que destacan por su fiabilidad, larga duración, seguridad de suministro y estabilidad en el suministro a la red eléctrica.

Produce generadores que abarcan la gama de potencia que va desde los 800 KW hasta los 5,6 MW. Dispone de un fuerte departamento de investigación, así como departamentos de producción y mantenimiento.

Localización: Paterna (Valencia)

#### **6- GE RENEWABLE ENERGY.**

Suministrador líder mundial que combina la Energía Eólica, palas, hidroeléctrica, almacenamiento, Energía Solar a gran escala, soluciones de red, energías renovables híbridas y servicios digitales.

Es uno de los principales suministradores de turbinas eólicas del mundo con plantas en los cinco continentes donde tiene instaladas del orden de las 50000 unidades (representan del orden del 25% de la potencia eólica instalada en el mundo).

Produce aerogeneradores en la gama de 1 a 12 MW.

Suministra:

- Asistencia y desarrollo de la optimización digital.
- Trabajos de Operación y Mantenimiento.
- Montajes llave en mano de parques eólicos completos.
- Diseño y montaje de plantas renovables híbridas con integración fiable y asequible.

Localización: Barcelona.

#### **7- VESTAS.**

Líder mundial de fabricación de turbinas eólicas, diseña, fabrica, instala y mantiene aerogeneradores en todo el mundo, con una capacidad instalada de 136 GW en 84 países.

Dispone de una ingeniería y capacidad de investigación que la permite una gran capacidad de interpretar, pronosticar y obtener el máximo rendimiento de los recursos eólicos.

Dispone de una plantilla, a nivel mundial, de más de 29000 empleados.

En España, entre otras plantas, dispone de una planta de producción de palas de 30.000 metros cuadrados con una inversión de 76 millones de euros. Las instalaciones tienen la capacidad de producir 1.200 palas al año para turbinas de 1,8MW, 2MW y 8 MW.

Localización: Daimiel (Ciudad Real), Viveiro (Lugo), Villafranca del Penedés (Barcelona), Madrid.

#### **8- LM WIND POWER.**

LM Wind Power es un fabricante y proveedor de palas de rotor para la industria eólica. El 20% de las turbinas en todo el mundo tienen palas LM Power.

Una fábrica de palas LM en Les Coves de Vinromá, Castellón, revivió el municipio, que luchaba por recuperarse de la última crisis financiera. La fábrica emplea a 561 trabajadores, Recientemente ganó el premio EOLO a la integración rural de la eólica de la AEE.

Localización: Ponferrada (León), Les Coves de Vinromá (Castellón).

#### **9- WINDAR.**

Empresa líder mundial especializada en la fabricación de torres de aerogeneradores y subestructuras para la industria eólica marina.

Capacidad de ingeniería de diseño, fabricación y montaje de torres para aerogeneradores eólicos offshore que requieren un mayor dimensionamiento y peso, así como un mayor nivel de calidad en la fabricación para soportar las duras condiciones del entorno marino.

También fabrica subestructuras offshore de fabricación tubular compleja en acero que se adaptan a las diversas situaciones planteadas en el montaje de un parque eólico marino, como pueden ser piezas de transición, monopilotes, pin piles o jackets.

Localización: Avilés y Gijón (Asturias), Fene (La Coruña).

## 5 - FABRICANTES DE COMPONENTES.

### 1- PRYSMIAN.

Los cables de Prysmian, que se utilizan en las operaciones de turbinas eólicas y torres, están muy presentes en el sector de las energías renovables y respaldan el trabajo de los fabricantes, contratistas y desarrolladores de turbinas.

Prysmian ofrece una gama de cables, accesorios y servicios para todas las aplicaciones de generación de energía eólica, desde el generador, a la red. Cables de alta tensión, cables de media tensión, cables de baja tensión, sistemas de cables entre arreglos eólicos marinos, cables de control, cables especiales y fibra óptica.

Localización: Villanueva y Geltrú (Barcelona).

### 2- ORMAZABAL.

Fabricación de productos para distribución eléctrica primaria y secundaria en media tensión. Suministro de productos para la interconexión completa del parque eólico a la subestación colectora de la energía generada. Digitalización de la red eléctrica e integración de la generación de energía renovable.

Suministra tecnología para la protección. Automatización y digitalización de los aerogeneradores a la red eléctrica de distribución.

Ormazabal cuenta con más de 20 años de experiencia en proyectos de energía eólica. Unos 32 parques eólicos marinos en funcionamiento están equipados con sus equipos de media tensión. Y más de 1300 parques eólicos terrestres instalados en todo el mundo utilizan los productos de Ormazabal.

En Igorre (Vizcaya), produce interruptores eléctricos.

En Olvega (Soria), produce transformadores de potencia.

Localización: Boroa, Igorre y Zamudio (Vizcaya), Olvega (Soria).

### 3- INGETEAM.

Especialización en electrónica de potencia y de control, incluyendo generadores, convertidores y servicios de operación y mantenimiento.

Suministra soluciones de control hasta de 15 MW, incluyendo sistemas de gestión SCADA y servicios de operación y mantenimiento, convertidores de potencia, generadores, controladores de turbinas, Condition Monitoring Systems.

Suministra equipamiento para sistemas de generación eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica y de biomasa, optimizando el rendimiento y la durabilidad de sus instalaciones.

Localización: Sesma y Sarriguren (Navarra), Zamudio (Vizcaya).

### 4- ABB.

ABB es un líder tecnológico pionero en equipos de electrificación, robótica y cinemática, automatización industrial y redes eléctricas, para clientes de servicios públicos, industrias, transportes e infraestructuras en todo el mundo.

Continuando con sus más de 130 años de historia de innovación, ABB está escribiendo hoy el futuro de la digitalización industrial con dos propuestas de valor claras:

- Hacer llegar la electricidad desde cualquier planta de generación de energía hasta cualquier toma de corriente.
- Automatizar las industrias desde la gestión de los recursos naturales hasta la entrega del producto final.

Suministrador de todo tipo de equipamiento eléctrico y electrónico, aerogeneradores, aparellaje eléctrico, protecciones eléctricas, convertidores, cables, embornados...etc.

Localización: Servicio e Ingeniería en Madrid, Sant Quirze del Vallés (Barcelona), Oiartzun (Guipúzcoa) y Bilbao.

#### **5- ANTEC.**

Empresa especializada en el diseño, fabricación, mantenimiento y reparación de frenos para aerogeneradores, tanto onshore como offshore.

Sus principales productos son:

- Frenos para los rotores de los aerogeneradores.
- Frenos activos hidráulicos de orientación del viento.
- Rotor Locks que producen el bloqueo del aerogenerador en los momentos de inspección y mantenimiento.
- Servicios de mantenimiento, reparación, diagnóstico, extensión de vida y asistencia técnica.

Localización: Portugalete (Vizcaya).

#### **6- APLICACIONES TECNOLOGICAS.**

Proporciona soluciones de seguridad frente a tormentas eléctricas, revolucionando el sector incorporando el concepto "Lightning and Earthing Smart Solutions".

Suministra dispositivos:

- De detección temprana de tormentas.
- Pararrayos con diagnóstico y conectividad.
- Soldadura exotérmica.
- Sistemas de puesta a tierra y protección ante sobretensiones.
- Monitorización de descargas eléctricas en las palas.
- Monitorización de las puestas a tierra de los aerogeneradores y de las subestaciones.

Localización: Paterna (Valencia).

#### **7- BAUMER.**

Pioneros en tecnología de sensores, sensores inductivos, acelerómetros, sensores de ultrasonidos, encoders y presostatos, aplicables a los sistemas de gestión y control de los parques eólicos.

Estos equipamientos miden y controlan de forma segura las vibraciones e impactos en las diferentes estructuras, así como la tensión, la presión y la temperatura de estas.

Localización: Barcelona.

#### **8- CEPSA.**

Suministra soluciones de lubricación para la industria eólica, así como desarrolla diferentes tipos de fluidos hidráulicos para la automatización y los sistemas hidráulicos de control de los aerogeneradores.

Destacan entre sus productos:

- Aceites sintéticos recomendados para lubricación por largos periodos de tiempo.
- Aceites hidráulicos con alto grado de limpieza y alta resistencia al cizallamiento.
- Aceites hidráulicos con alto índice de viscosidad y elevada resistencia a la oxidación.
- Grasas Calcio-Litio con grandes cualidades para repeler el agua.

Localización: Oficina central en Madrid.

#### **9- HAIZEA.**

Fabricación y montaje de estructuras metálicas para aerogeneradores, tanto onshore como offshore.

Suministra:

- Grandes componentes estructurales fundidos (Haizea Grupo WEC).
- Torres eólicas (Haizea TecnoAranda).

- Torres y cimentaciones offshore y monopilotes (Puerto de Bilbao).
- Torres onshore.

Localización: Deba (Guipúzcoa), Agurain (Álava), Aranda de Duero (Burgos), Bilbao.

#### **10- HINE.**

Proveedor de sistemas hidráulicos y sistemas de refrigeración para empresas industriales y de energías renovables, disponiendo de ingeniería propia y capacidad de producción.

Dispone de capacidad para desarrollar y fabricar soluciones para:

- Sistemas hidráulicos.
- Acumuladores.
- Bloques de distribución.
- Sistemas de refrigeración.
- Sistemas de motobombas de grupos hidráulicos.
- Sistemas de lubricación.
- Juntas rotativas de estanqueidad.
- Servicios de mantenimiento y utillajes.

Localización: Olaberria (Guipúzcoa).

#### **11- KK WIND SOLUTIONS.**

Empresa especializada en sistemas eléctricos para aerogeneradores. Suministra equipamientos de Hardware y Software para el control y operación de aerogeneradores marinos.

Suministra:

- Desarrollo de sistemas eólicos.
- Gestión de la cadena de suministros.
- Servicios especializados en sistemas eléctricos.
- Integración de sistemas.

Localización: Oficinas centrales en Madrid.

#### **12- LAULAGUN BEARING.**

Diseña, fabrica y comercializa rodamientos de gran tamaño con dos plantas y un test center en el país vasco. Es una compañía de gran contenido tecnológico, de innovación y de diseño que proporciona:

- Diseño, fabricación y ensayo de rodamientos de gran tamaño.
- Cumplimiento con los requisitos de los equipos y clientes.
- Utilización de componentes y materiales de la máxima calidad y contrastación.
- Investigación y desarrollo, innovación y mejora continua.
- Pruebas de validación de los equipos, Condition monitoring.

Localización: Olaberria (Guipúzcoa).

#### **13- LIEBHERR.**

Ofrece componentes para aerogeneradores, grúas móviles sobre orugas y marítimas destinadas a la construcción de parque eólicos.

Suministra:

- Componentes para turbinas desde 800 KW hasta soluciones offshore de varios MW.
- Grúas móviles sobre orugas.
- Grúas móviles telescópicas.
- Grúas móviles con pluma de celosía.
- Grúas plumas con la mayor capacidad de elevación.
- Grúas marítimas de hasta 5000 t y elevaciones de hasta 180 m.
- Grúas especializadas en el movimiento de palas y de góndolas de las torres eólicas.

Localización: Azuqueca de Henares (Guadalajara).

#### **14- PcVue SOLUTIONS.**

Suministra plataformas de control en tiempo real de turbinas de parques eólicos y centros de control de activos renovables.

Estas plataformas permiten:

- Recogida de datos de cualquier tipo de fuente.
- Arquitecturas con soporte de ciberseguridad y alta disponibilidad de datos.
- Ergonomía WED o Móvil para la visualización y notificaciones en tiempo real.

Se proporciona una solución flexible para supervisar procesos industriales e infraestructuras de producción eléctrica, dentro de amplios márgenes de seguridad, flexibilidad y rendimiento.

Localización: Irún (Guipúzcoa).

#### **15- ROXTEC.**

Desarrolla, fabrica y vende soluciones de sellado mecánicas para tránsitos de cables y tuberías cuya misión es proteger a las personas y a las instalaciones asegurando las entradas y salidas de cables y tuberías de cualquier tipo de riesgo (agua, polvo, vibraciones, roedores, humo, fuego, explosiones, altas temperaturas...etc.).

Se suministran dos tipos de protecciones:

- Soluciones para tránsitos bajo suelo y zanjas.
- Soluciones para tránsitos a través de paredes.

Localización: Oficinas centrales en Madrid.

#### **16- VICINAY CEMVISA.**

Diseña, fabrica, vende y suministra servicio postventa de equipos de elevación, y cadenas de acero que se utilizan en el interior de las torres eólicas como auxiliares de tareas de montaje y mantenimiento.

Suministra:

- Polipastos eléctricos de cadena y cable.
- Grúas y plumas.
- Servicios de mantenimiento para equipos cercanos al fin de su vida útil.

Localización: Ochandio (Vizcaya).

## **6 - PROMOTORES Y OPERADORES.**

#### **1- IBERDROLA.**

Primer productor eólico y una de las mayores compañías eléctricas del mundo, siendo sus principales mercados: España, UK (Scottish Power), EE. UU. (AVANGRID), Brasil (NEOENERGIA) y México.

Con una plantilla superior a los 37000 empleados, unos activos superiores a los 122.000 millones de euros y una facturación de 33.145 millones de euros, con un beneficio de 3.611 millones de euros en 2020.

Iberdrola lidera la transición energética hacia un modelo sostenible a través de sus inversiones en energías renovables y con especial atención a la energía eólica, además todo ello basado en la digitalización de las redes, redes inteligentes, almacenamiento energético a gran escala y con ello ofrecer los más avanzados servicios a sus más de 100 millones de clientes.

IBERDROLA es una referencia de las energías limpias con menores emisiones y una referencia internacional por su contribución a la lucha contra el cambio climático.

Localización: Oficinas centrales en Bilbao (Vizcaya).

#### **2- ACCIONA ENERGIA.**

Es el mayor operador energético global dedicado en exclusiva a las energías renovables, centrándose en demostrar la viabilidad de un sistema energético basado en ellas.

Contribuye a crear un sistema energético más sostenible para el mundo, garantizando la rentabilidad de los inversores y ofreciendo soluciones fiables y competitivas a los clientes, y así mismo, investigando soluciones energéticas innovadoras que permitan avanzar y acelerar la descarbonización de la economía global, basándose en el almacenamiento energético y el hidrogeno verde.

Desde el año 2015 viene encabezando el ranking global de las utilities más verdes elaborado por Energy Intelligence New Energy Green Utilities.

Localización: Oficinas centrales en Alcobendas (Madrid).

### **3- ENEL (Green Power) ENDESA.**

ENDESA, a través de EGPE, ha aumentado la potencia instalada renovable hasta conseguir que el 70% de la generación sea libre de emisiones con el objetivo de lograr un modelo energético sostenible.

ENDESA gestiona en estos momentos 7.800 MW renovables en España, con un plan estratégico para finales del año 2023 en el que se llegara hasta los 11.500 MW.

En la construcción, mantenimiento y operación de las plantas renovables se aplica el modelo de creación de valor compartido que integra las prioridades y necesidades de las comunidades locales en la estrategia de negocio, promoviendo la eficacia operativa y el enfoque sostenible de los proyectos a través del impulso de las medidas sociales, ambientales y de eficacia energética. Para suministrar servicios de calidad

Localización: Oficinas centrales en Madrid.

### **4- NATURGY.**

Dispone de una presencia en más de 20 países y con 16 millones de clientes, dispone de una potencia instalada de 15,3 GW y un MIX diversificado de generación eléctrica a nivel internacional.

Se diferenciade otras utilities por ser líder en el sector del gas y ser un referente en el sector eléctrico, en ambos casos siendo garantía del suministro regular del gas y electricidad, cumplimiento social y respuesta medioambiental.

El plan estratégico para el año 2025 supone unas inversiones de 8.700 millones de euros en energías renovables, lo que supone un 60% del total de 14.000 millones que supone el total para todo el periodo.

Localización: Oficinas centrales en Madrid.

### **5- REPSOL.**

Compañía global multienergética que trabaja para facilitar la evolución hacia un modelo energético con menos emisiones y apuesta de forma decidida por proyectos de generación renovable.

El negocio de generación baja en carbono es uno de los pilares estratégicos actuales para convertirse en una compañía con cero emisiones netas en el año 2050.

REPSOL ha establecido:

- Medidas de eficiencia energética.
- Ampliación de la cartera de proyectos renovables en España y convertirse en un operador de fuentes de energías limpias.
- Participación en proyectos de energía eólica marina, energía fotovoltaica e hidráulica.

Localización: Oficinas centrales en Madrid.

### **6- WPD (Think Energy) ESPAÑA.**

Desarrolla, financia, construye y opera proyectos eólicos y solares fotovoltaicos.

Grupo alemán instalado en Valladolid que promociona parques eólicos dentro del territorio español, englobando todos los pasos necesarios para el montaje de los proyectos, desde la adquisición de los terrenos, preparación de la documentación técnica, tramitaciones

administrativas, obtención de financiación bancaria y la construcción del parque eólico en llave en mano.

Localización: Oficinas centrales en Valladolid.

## 7 - SERVICIOS.

### 1- AEROBLADE.

Empresa orientada al cliente, dedicada a ayudar a los principales actores del sector de las energías renovables en todo el ciclo de vida de los activos.

- Diagnóstico de pérdidas de producción y propuestas de recuperación.
- Cálculos sobre la vida remanente.
- Análisis de causa raíz.
- Evaluación de modificaciones de diseño y soporte técnico de las mismas.

Localización: Derio (Vizcaya).

### 2- CLIR RENEWABLES.

Permite que propietarios y gestores de activos energéticos renovables maximicen su rentabilidad financiera gracias a sus 200 GW de datos eólicos y solares y décadas de experiencia técnica.

Estos objetivos se consiguen mediante:

- Aumento de producción, detectando problemas y suministrando soluciones.
- Minimizando los costes operativos, identificando márgenes de mejora.
- Aprovechando la inteligencia de mercado, prediciendo con precisión y detectando riesgos y oportunidades de mejora.

Localización: Glasgow (Escocia).

### 3- COMANTUR.

Compañía especializada en el mantenimiento de aerogeneradores, realización de inspecciones preventivas, así como reparaciones, tanto preventivas como correctivas.

Suministra un servicio integral de mantenimiento de palas y aerogeneradores basándose en:

- Inspección mediante equipos telescópicos, drones, en altura, termografías, ultrasonidos, plataformas de gestión...etc.
- Reparación usando diferentes métodos de acceso y creando espacios de trabajo controlados.
- Otros aspectos como trabajos ATEX, trabajos en sistemas anti-rayos (SAR), limpieza de palas y góndolas, trabajos eléctricos y mecánicos, limpiezas y pintura de exteriores...etc.

Localización: Carcar (Navarra).

### 4- DTBIRD (Consultoría ambiental).

Suministra sistemas de monitorización y reducción del riesgo de colisión de aves y murciélagos con los aerogeneradores.

Dispone de sistemas de detección en tiempo real de aves y murciélagos vinculado a acciones automáticas para reducir el riesgo de colisión, emitiendo sonidos de aviso y/O parada de los aerogeneradores para proteger a las aves.

Este tipo de funcionalidades son requeridos cada día por más administraciones para las obtenciones de permisos de montaje de los parques eólicos, tanto los onshore como offshore.

Localización: Madrid.

## **5- EUROGRUAS.**

Empresa especializada en elevación y transporte de cargas especiales e instalaciones de aerogeneradores llave en mano.

Cubre todo el proceso de transporte, elevación, montaje y mantenimiento de torres de parque eólicos.

Dispone de grúas:

- Telescópicas de hasta 1.000 t.
- De celosía sobre cadenas de hasta 800 t.
- Gatos de cable hasta de 600 t.
- Sistemas deslizadores, pórticos modulares en altura, longitud y anchura, carros autopulsados, sistemas de pesaje...etc.

Localización: Sevilla.

## **6- FRAGMENTA.**

Empresa de servicios y maquinaria de corte de materiales especializada en el corte de palas de aerogeneradores, así como de la gestión y valorización de la fibra de vidrio.

Gestiona el residuo de la fibra de vidrio de una forma sostenible, abarcando todo el proceso de corte, carga, transporte, trituración mecánica y valorización del material.

Otros servicios ofrecidos son los de reparación del hormigón con agua a presión y cortes y perforaciones diamantadas.

Localización: Llinars del Valles (Barcelona).

## **7- ISOTROL.**

Suministra tecnología avanzada para la monitorización, control y gestión de activos renovables centrados en mejorar la eficiencia y rentabilidad de activos renovables con más de 63 GW de potencia instalada.

Sus objetivos y metodología son:

- Comercialización de la energía que se realiza a través de algoritmos complejos, análisis de datos y automatismos para optimizar los mercados eléctricos.
- Desarrollo de soluciones informáticas avanzadas para aumentar la eficiencia y rentabilidad de los activos renovables.
- La integración en red centrándose en la optimización de la gestión de las redes de producción renovables.

Localización: Sevilla.

## **8- METEO (For Enegy).**

Realiza predicciones de producción energética a parques eólicos combinando soluciones meteorológicas con técnicas de inteligencia artificial para reducir los costes de desvío.

Estas predicciones pasan por un sistema de análisis integrado que:

- Predicen la producción del parque eólico.
- Suministran datos de alta precisión para las próximas 48 horas.
- Suministrar predicciones de precipitación, velocidad y dirección de los vientos.
- Suministran informes mensuales con la precisión de los servicios.
- Predicciones horarias para los próximos 8 días, incorporando mapas meteorológicos.
- Cálculo de las facturas eléctricas en función de las predicciones meteorológicas.

Localización: Parque Tecnológico de Álava (Vitoria).

## **9- ROBERT WALTERS.**

Empresa referente en búsqueda y selección especializada de mandos intermedios y directivos para contrataciones permanentes en empresas de energías renovables, incorporando las siguientes áreas de especialización:



- Contabilidad y finanzas.
- Banca y seguros.
- ingeniería e industria energética.
- Construcción de infraestructuras.
- Industria general y cadena de suministros.
- Telecomunicaciones, industrias digitales y ciberseguridad.

Localización: Madrid, Barcelona y Valencia.

#### **10- SIA AERONES NORDIC.**

Empresa tecnológica que diseña y fabrica sistemas robotizados para el mantenimiento e inspección de palas de aerogeneradores.

La utilización de los robots soporta tareas como:

- Dan acceso a palas de grandes dimensiones de las torres actuales.
- Resuelven problemas de protección contra rayos.
- Evitan que las palas se llenen de agua limpiando los orificios de drenaje que se hayan obstruido.
- Limpieza de palas evitando erosiones y corrosiones.
- Preparación de superficies para pintar diferentes zonas de las torres y palas.
- Prolongación de las vidas de las palas mediante la realización de mantenimientos predictivos de las mismas.

Localización: Oficinas centrales en Madrid.

#### **11- SINCRO MECANICA.**

Empresa caracterizada por su flexibilidad, agilidad en su especialización en la reparación integral del tren de potencia de los aerogeneradores.

Dispone de:

- Departamento de ingeniería de reparación.
- reparación de multiplicadores, tanto en taller como en el parque eólico.
- Fabricación y reparación de ejes principales y de engranajes.
- Tratamientos superficiales.
- Pruebas en vacío y en carga de los grupos multiplicadores.

Localización: Narón (La Coruña).

#### **12- TPI BLADE SERVICES EUROPE.**

Suministra servicios de mantenimiento de palas con técnicos altamente especializados y equipamiento tecnológico de última generación.

Ofrece servicios preventivos de ingeniería:

- Análisis de medidas y datos de ingeniería.
- Informes técnicos de identificación de fallos para reducir tiempos de indisposición.
- Servicios preventivos y predictivos en inspecciones a largo plazo.
- Medidas de temperaturas y toma de datos sin contacto.
- Inspecciones remotas con drones y cámaras termostáticas.
- Inspecciones rutinarias periódicas, detección de averías y reparación de estas.

Localización: Alcalá de Henares (Madrid).

### **8 - AGENTES FINANCIEROS.**

#### **1- ACOFI.**

Sociedad de gestión de fondos de activos no cotizados ofreciendo a sus clientes institucionales soluciones a medida para financiar las economías reales de las empresas.

Gestiona fondos de inversión dedicados a energías renovables apoyando a los sectores industriales mediante suministro de financiación adaptado a las necesidades empresariales que permitirán afrontar los retos de la transición energética.

Características principales:

- Financiación flexible con amortizaciones hasta los 15 años.
- Tarifas de reembolso reducidas para adaptarse a las necesidades de los clientes.
- Garantías solicitadas mínimas y en función de la tesorería de las empresas.

Localización: Paris (Francia), Oficinas en España en Madrid.

## **2- BEKA FINANCE.**

Es un banco de inversión global, con sede en Madrid, que trabaja en el sector eólico ofreciendo asesoramiento en fusiones, adquisiciones y financiación. Suministra financiación a empresas públicas y privadas, y a particulares.

Localización: Madrid.

## **3- EIT INNOENERGY.**

Reconocido a nivel mundial como el inversor tecnológico más activo, y de los más activos en energías renovables y sobre tecnologías climáticas.

Es el motor de diferentes iniciativas europeas, incluyendo:

- European Battery Alliance (EBA).
- European Solar Initiative (ESI).
- European Green Hydrogen Acceleration Center (EGHAC).

Localización: Barcelona.

# **9 - ANALISIS DE RECURSOS.**

## **1- KINTECH ENGINEERING.**

Desarrolla y fabrica sistemas de adquisición de datos y sensores para la evaluación de los recursos eólicos y solar y con ellos poder evaluar los datos con alta precisión y obtener un desarrollo óptimo de los diferentes proyectos.

Los principales suministros son:

- Data Logger ORBIT 360 diseñado para la evaluación de recursos eólicos y solares, Es un sistema flexible y fácil de utilizar, Se comunica con todo tipo de sensores exteriores y dispone de diferentes tipos de Input y Output para comunicarse con el exterior.
- Vela GEOVANE METMAST que resuelve finalmente las incertidumbres relacionadas con la medición de la dirección del viento, obteniendo el "offset" con respecto al Norte Verdadero.
- SISTEMA DE EVALUACION DE RECURSOS SOLARES que monitoriza integralmente el seguimiento de parques solares ya construidos, gestionando los datos de una forma total con un sistema SCADA.

Localización: Zaragoza.

## **2- NRG SYSTEMS.**

Se dedica a la fabricación de tecnología y sensorica inteligente, participando de todos los ciclos de la vida de proyectos de energías renovables, desde el análisis de recursos hasta la operación y mantenimiento.

Sus principales productos son:

- Diseño y fabricación de datalogger.
- Diseño y fabricación de sensores atmosféricos.

Estos equipos son utilizados en todo tipo de análisis de recursos energéticos, así como en el soporte de la Operación y Mantenimiento de turbinas eólicas de los diferentes fabricantes en tiempo real.

Localización: Sevilla.

## 10 - EMPRESAS DE CERTIFICACION.

### 1- BUREAU VERITAS.

Proporciona asesoramiento y experiencia en la gestión de proyectos de energía eólica a través de servicios y soluciones sostenibles que aportan eficiencia, seguridad y rentabilidad.

Los servicios que ofrece son:

- Definición, gestión y control de proyectos.
- Evaluaciones de viabilidad.
- Obtención de permisos y control de calidad de la tecnología desarrollada. Certificación de proyectos.
- Inspecciones reglamentarias, auditorías a subcontratistas, análisis de las condiciones de los lubricantes y grasas.
- Realización de ensayos no destructivos de equipos y componentes críticos.
- Gestión de Activos de Parques Eólicos. Control de procesos de Extensión de Vida de los parques eólicos.

Localización: Polígono Industrial la Granja, Madrid.

### 2- SGS.

Empresa líder en ensayos, inspección y certificación, siendo reconocida como referente de calidad e integridad.

- Servicios de Fabricación:
  - ✓ inspección de componentes.
  - ✓ Activación suministros.
  - ✓ Ensayos no destructivos.
  - ✓ Control dimensional.
  - ✓ Mejora de productividad.
- Servicios de Construcción:
  - ✓ Dirección de obra.
  - ✓ Supervisión de proyectos: cimentaciones, montaje, instalación equipos, coordinación de seguridad, formación en prevención.
- Instalación de equipos:
  - ✓ Recepción en obra de equipos.
  - ✓ Supervisión de tendidos de cables y puestas a tierra, Montaje de paneles eléctricos.
  - ✓ Modificaciones.
- Prevención:
  - ✓ Coordinación de Seguridad y Salud.
  - ✓ Auditorías técnicas.
  - ✓ Vigilancia ambiental

Localización: Madrid.

## 11 - CONSULTORIAS.

### 1- BARLOVENTO.

Compañía de ingeniería, consultoría y ensayo de energías renovables, asesorando entidades públicas y privadas.

Desarrollan su actividad en:

- Integración energías renovables.
- Meteorología y medioambiente.
- Energías eólica, solar y cogeneración.
- Ensayos y mediciones de diferentes equipos.
- Auditorias técnicas y económicas.

Localización: Logroño (La Rioja).

## **2- ECOS GROUP.**

Consultoría ambiental e ingeniería costera especializada en la tramitación ambiental de proyectos de energías marinas comprendiendo la implantación de energías renovables, tanto en el ámbito terrestre como marino.

Campo de acción principal:

- Planes de vigilancia medioambiental. Estudio del paisaje.
- Estudios de oleaje y clima marino. Estudios hidrodinámicos del mar.
- Estudios de geofísica, hidrografía y metoceanicos.

Localización: Las Palmas de Gran Canaria (Las Palmas).

## **3- GEM (Geociencias y Explotaciones Marítimas).**

Empresa especializada en el estudio del suelo y del subsuelo marino y oceánico.

Utiliza diferentes técnicas geofísicas y sistemas submarinos de sondeo, tomando muestras y realizando ensayos que permiten ofrecer soluciones precisas y asequibles para la implantación de los proyectos de los parques eólicos marinos, Destaca por:

- Estudios geofísicos e hidrográficos.
- Caracterización geotécnica.
- Perforación submarina.
- Testificación y toma de muestras.
- Laboratorios onshore y offshore.

Localización: Sant Cugat del Valles (Barcelona).

## **4- MS RDITECH.**

Empresa de investigación y desarrollo de energía eólica onshore, nearshore y offshore, enfocada a ofrecer consultoría muy especializada y asesoramiento técnico de alto valor añadido.

Como actividades principales ofrece:

- Consultoría avanzada y de alto valor añadido.
- Optimizaciones, nuevos conceptos de cimentación, conexiones con las torres.
- Ingeniería de ensayos. Ensayos estáticos sobre estructuras, ensayos de fatiga, ensayos geotécnicos, caracterización de materiales...etc.

Localización: Burgos.

## **5- PEAK WIND.**

Consultoría global que combina las áreas técnica y financiera para proveer asesoramiento, gestión de activos y "Data / Inteligente" para activos renovables.

Desarrolla su actividad en:

- Diseño de operaciones. Gestión comercial y de contratos.
- Gestión y operación de proyectos eólicos y gestión de activos.
- Proveer mejores prácticas a la energía eólica durante todo su ciclo de vida.

Localización: Zaragoza.

## **6- TYPESA.**

Ingeniería y consultoría en los ámbitos del transporte, la edificación, el agua, el medio ambiente, la energía y el desarrollo rural.

Participa en proyectos de energía eólica en todas las fases del ciclo de vida de los proyectos, desarrollo, diseño, y construcción.

En el campo de la eólica marina diseña plataformas flotantes, y proyectos de parques para la obtención de permisos y autorizaciones de los primeros parques marinos en España.

Localización: Paterna (Valencia).

#### **7- UL.**

Proporciona servicios independientes de consultoría, ensayos, inspecciones y certificaciones.

Destaca por las actividades:

- Análisis de riesgos financieros u operaciones.
- Ensayos a través de laboratorios certificados.
- Gestión de activos para la operación y verificación de rendimientos de instalaciones.
- Formación de profesionales a medida de los clientes.
- Soluciones avanzadas de digitalización y ciberseguridad.

Localización: Barcelona.

#### **8- ZABALA.**

Consultoría independiente especializada en servicios integrales de consultoría tanto para la gestión de procesos de investigación y desarrollo, como para la innovación.

Destaca por:

- Gestión de la financiación, innovación y gestión de subvenciones.
- Apoyo en licitaciones de parques eólicos internacionales.
- Gestión de procesos europeos de investigación.

Localización: Multiva (Navarra).

## **12 - FORMACION.**

#### **1- CPIFP (Centro Publico Integrado de Formación Profesional).**

Centro de formación profesional de grado superior en energías renovables siendo uno de los centros pioneros en España en impartir esta formación.

Proporciona formación a los trabajadores de una gran parte de trabajadores de empresas eólicas, teniendo en cuenta que con estos estudios se puede acceder a trabajos de:

- Técnico de gestión de la operación y mantenimiento de instalaciones eólicas y fotovoltaicas.
- Responsable de montaje de parques eólicos.
- Especialista montador y de mantenimiento de parques eólicos.
- Projectista de instalaciones solares fotovoltaicas.
- Encargado de mantenimiento de subestaciones eléctricas de instalaciones eólicas y fotovoltaicas.

Localización: Huesca.

#### **2- CUALTIS FORMACION.**

Centro de formación especializado en realizar cursos prácticos adaptados a las necesidades de los trabajadores de los clientes consiguiendo una mejora integral y permanente de su gestión empresarial.

Imparte cursos relacionados con:

- Primeros auxilios.
- Manipulación de cargas.
- Lucha contra incendios incluyendo simulador de situaciones reales.
- Trabajos en altura.
- Todos los cursos dirigidos a instalaciones de energías renovables.

Localización: Arganda del Rey (Madrid), Alcalá de Guadaíra (Sevilla).

### **3- JESUITAS EL CLOT (Escola del Clot).**

Centro educativo de formación profesional con una educación integral y con una enseñanza personalizada e integradora dirigida a formar técnicos capaces de desarrollar su actividad profesional en las diferentes áreas de la cadena de valor añadido de los proyectos eólicos.

Esta formación habilita a los trabajadores para:

- Técnicos polivalentes de oficinas técnicas de energías renovables.
- Técnicos de montajes, operación y mantenimiento de parques eólicos y fotovoltaicos.
- Asesores técnicos/comerciales de energías renovables.

Localización: Barcelona.

### **4- TESICNOR.**

Ingeniería de servicios en prevención de riesgos laborales, proporcionando soluciones para hacer más seguros los entornos de trabajo.

Sus principales áreas de actuación son:

- Actividades de diseño y revisión de materiales.
- Suministro, distribución y revisión de EPIS.
- Formación en Planes de Riesgos Laborales (PRL).
- Formación en seguridad industrial, ATEX, trabajos en altura, manejo de cargas, protección contra incendios, análisis de accidentes...etc.
- Seguridad eléctrica, trabajos en cuadros eléctricos, descargos, trabajos en alta tensión...etc.

Localización: Noain (Navarra).

## **13 - INGENIERIAS.**

### **1- APPLUS +.**

Ingeniería líder en la inspección, los ensayos y la certificación, suministrando soluciones para una gran variedad de necesidades que van desde la gestión integral de activos hasta las inspecciones reglamentarias más habituales en las empresas de generación de energías renovables.

Suministra servicios relacionados con:

- Ensayos no destructivos.
- Inspección industrial y medioambiental.
- Garantía de calidad en todos los procesos de autorización, diseño, montaje, operación, mantenimiento y desmantelamiento de parques de producción de energías renovables.
- Control de proveedores.
- Certificación e integridad de activos.

Localización: Parque Empresarial Las Mercedes (Madrid).

### **2- COBRA INSTALACIONES Y SERVICIOS.**

Ingeniería industrial aplicada, desarrollador, constructor y operador de parques eólicos onshore y offshore, trabajando para empresas públicas y privadas, siendo sus principales áreas de actuación:

- Sector energético en general.
- Redes, agua y medioambiente.
- Movilidad, comunicaciones y servicios.
- Energías renovables.
- Especialista en eólica offshore.

Localización: Oficinas centrales en Madrid.

### **3- EREDA.**

Servicios de ingeniería, consultoría y servicios técnicos en el sector de las energías renovables en todas las fases de los proyectos, especialmente en el ámbito de la energía eólica.

Entre otros, los servicios ofrecidos incluyen:

- Caracterizaciones de los emplazamientos.
- Evaluación y tramitación de los proyectos offshore.
- Estudios integrales de acoplamiento a las redes eléctricas de los parques eólicos.
- Operación, gestión y mantenimiento de las instalaciones de generación.
- Estudios de vida útil y extensión de vida de las instalaciones.

Localización: Oficinas centrales en Madrid.

### **4- IDOM.**

Servicios de consultoría e ingeniería de parques eólicos terrestres y marinos en las diferentes fases de los proyectos.

Ofrece servicios en:

- Estudios iniciales de viabilidad de los proyectos.
- Desarrollo de los proyectos de los parques eólicos.
- Supervisión de los proyectos y de los procesos de montaje.
- Diseño y gestión del desmantelamiento de sistemas, gestión de residuos.
- Investigación en proyectos de parques offshore, plataformas flotantes.
- Definición de planes logísticos para nuevos mercados eléctricos.

Localización: Bilbao (Vizcaya).

### **5- INALIA.**

Diseña sistemas integrales de monitorización de salud estructural de activos eólicos, validación de diseños, alertas de anomalías de funcionamiento, riesgo estructural y diagnosis en tiempo real.

Dispone de diferentes herramientas asociadas a la ingeniería:

- Conocimiento del comportamiento de los activos.
- Datos de cargas reales en tiempo real.
- Comportamiento estructural en función de las características del viento y del oleaje en el mar.
- Estudio histórico de tensiones en uniones atornilladas y soldadas.
- Diseño de planes de mantenimiento e inspección esenciales para el funcionamiento correcto de los activos.
- Estudios para la reducción de costes en la operación de los parques eólicos.

Localización: Miñano (Álava).

### **6- MS ENERTECH.**

Servicios de ingeniería civil y eléctrica a los sectores de generación de energías renovables y a la industria en general.

Campos de actuación:

- Estudios geotécnicos y geofísicos. Diseño y supervisión de campañas geotécnicas.
- Ingeniería civil. Cimentaciones, ingeniería de estructuras, análisis estructural de patologías.
- Ingeniería eléctrica, Diseños de media tensión, diseños de redes y protecciones.
- Asistencia a la dirección de obra. Supervisión de la ejecución de cimentaciones y obra civil, montaje de aerogeneradores.

Localización: Burgos.

### **7- TECNATOM.**

Ingeniería para el sector eléctrico, ayuda a la explotación de activos, inspección y entrenamiento.

Especialistas en:

- Tratamiento de datos.
- Análisis de riesgos.
- Pruebas funcionales y de servicio.
- Programas de extensión de vida de los activos. Análisis de la vida remanente.
- Diagnósticos y propuestas de mantenimiento.
- Ensayos destructivos y no destructivos.
- Formación del personal.

Localización: San Sebastián de los Reyes (Madrid).

#### **8- NABLA WIND HUB.**

Soluciones para el desarrollo de parques eólicos mediante la extensión de la vida útil, la mejora del rendimiento y la optimización del mantenimiento.

Los servicios están enfocados a:

- Análisis potencial de la mejora y de la extensión de la vida útil de los parques eólicos.
- Diseño, fabricación y suministro de soluciones al deterioro de las palas de los aerogeneradores aumentando su rendimiento.
- Anemometría y sensores avanzados, analizando los datos proporcionados para la optimización del mantenimiento predictivo de las instalaciones.
- Optimización de los planes de mantenimiento para adecuarlos a la realidad del emplazamiento y a la minimización de los costes de producción.

Localización: Vitoria (Álava).

#### **9- NABRAWIND TECHNOLOGIES.**

Desarrollo de diseños de tecnologías eólicas avanzadas para componentes de aerogeneradores.

- Desarrollo de torres de aerogeneradores de longitudes superiores a los 140 m.
- Análisis de costes, logística, instalación de este tipo de torres.
- Análisis estructural y de resonancias.
- Análisis y diseño de cimentaciones.
- Diseño de palas que se pueden construir y montar en dos o más partes en función de sus longitudes.

Localización: Pamplona (Navarra).

#### **10- JATORMAN.**

Diseña y desarrolla equipos y útiles para aerogeneradores y fabricantes de palas disponiendo de sistemas de mecanización de grandes piezas para generadores onshore y offshore.

Fabrica y monta:

- Giradores de rodamientos y coronas de gran diámetro,
- Carros autopropulsados y sistemas de manipulación, movimiento y transporte de piezas.
- Bobinados de cobre para rotores de polos salientes para generadores.
- Maquinaria especial y útiles para aplicaciones industriales, y específicamente para la industria eólica.

Localización: Alsasua (Navarra).



### **1- ALERION**

Desarrolla sistemas digitales para aerogeneradores para mantenimiento predictivo, combinado con drones e inteligencia artificial, además desarrolla ingeniería de palas.

Ofrece los servicios de:

- Inspecciones en campo para su posterior análisis.
- Mantenimiento predictivo mediante sistemas SCADA.
- Inspecciones de palas mediante drones automatizados.
- Inspecciones de palas mediante robots.
- Cálculos de vida remanente.

Localización: San Sebastián.

### **2- ARACNOPTERO (Arborea Intellbird),**

Desarrolla tecnología innovadora para potenciar mediante gemelo digital el mantenimiento predictivo de las palas eólicas.

- Ofrece soluciones para inspecciones digitales de aerogeneradores basados en software, inteligencia artificial y sistemas robóticos aéreos.
- Monitoriza el estado de los activos y su evolución en el tiempo, generando alarmas, recomendaciones e informes enfocados al mantenimiento predictivo de las instalaciones de los parques eólicos.

Localización: Villamayor (Salamanca).

### **3- CORFREE WIND.**

Suministra servicios de mantenimiento integral de aerogeneradores, así como a las instalaciones de protección contra incendios de estos.

Entre los servicios que ofrece destacan:

- Mantenimientos preventivos y correctivos de los aerogeneradores.
- Cambios de aceite en multiplicadores y grupos hidráulicos.
- Reparación de palas y retrofits.
- Montaje de torres de medición.
- Instalación y mantenimiento de sistemas de protección contra incendios (PCI).
- Trabajos de reapriete de tornillería de las infraestructuras de los aerogeneradores.

Localización: Soria.

### **4- GREENWORK TECHNOLOGY.**

Servicios del sector eólico, que ofrece trabajos de mantenimiento y reparaciones eólicas y realización de auditorías e inspecciones en campo.

Sus áreas de actividad son:

- Supervisión, realizando inspecciones para el cumplimiento con la normativa existente.
- Mantenimiento, tareas predictivas, preventivas y correctivas, tanto de los grupos de generación como de las palas.
- Montajes, pre-montaje y montajes finales de aerogeneradores.
- Inspecciones y auditorías, evaluaciones y revisiones detalladas para cumplimiento con las exigencias técnicas y cumplimiento con la normativa existente.
- Servicio con drones, soportando diferentes actividades de fotografía, termografía, videos, fotogrametría, topografía...etc.

Localización: Cidones (Soria).

### **5- OREMOTOR.**

Fabricación y reparación de motores eléctricos.

- Reparación de bobinados de aerogeneradores.

Especialista en reparación de bobinados tanto localmente como en talleres externos, Destaca por su metodología y calidad de la reparación final, que siempre está respaldada con las consiguientes pruebas y ensayos de carga posterior a la realización de los trabajos.

Localización: Hernani (Guipúzcoa).

#### **6- PREDITEC (Grupo Álava).**

Proporciona soluciones tecnológicas para la mejora de los procesos, aumento de la eficiencia y reducción de los costes en la operación de los sistemas.

Suministra instrumentación y equipos para:

- Mantenimientos predictivos y preventivos.
- Visión y monitorización de estructuras y equipos eléctricos.
- Digitalización en la analítica de datos.
- Datalogger, registradores y sistemas de diagnóstico multicanal.
- Información on-line y off-line de diferentes tipos de sensores, vibraciones, parámetros eléctricos, termografía...etc.

Localización: Oficina central en Madrid.

#### **6- PROXIMA SOLUTIONS (GmbH).**

Empresa gestora de activos, operación y mantenimiento, técnicas comerciales, conocimiento de sus activos de energías renovables en tiempo real.

Sus principales servicios son:

- Información en tiempo real del rendimiento de los activos y la situación actual de cada componente. Optimización de la producción.
- Disposición inmediata para responder ante cualquier situación relacionada con la producción eléctrica.
- Disposición de algoritmos inteligentes dedicados a la predicción fallos en los interruptores de las instalaciones eléctricas.

Localización: Oficinas centrales en Madrid.

#### **7- TRANSGRUMA.**

Alquiler de equipos y maquinaria de elevación para mantenimiento eólico y grandes correctivos, plataformas elevadoras móviles de personal.

Dispone de:

- Plataformas elevadoras móviles de personal para ejecución de trabajos a gran altura, en el rango de los 24 a los 90 m de altura.
- Grúas telescópicas para grandes correctivos en parques eólicos en el rango de 130 a 350 toneladas.
- Sistemas de eco limpieza para aerogeneradores, trabajando a alta presión sin perjuicio del medioambiente.

Localización: Leganés (Madrid).

#### **8- YNFINITI GLOBAL ENERGY SERVICES.**

Servicios para energías renovables relacionados con la operación y mantenimiento de los parques eólicos.

Suministra servicios relacionados con:

- Operación y mantenimiento, predictivo, preventivo, correctivo y ejecución de modificaciones.
- Puesta en marcha, revisiones, controles de montaje, pruebas funcionales.
- Reparaciones, componentes eléctricos, palas, pinturas...etc.
- Inspecciones, palas elevadoras, polipastos, extintores, balizas, termografías...etc.
- Controles de calidad, control de componentes, documentación, revisión de procesos.

- Servicios logísticos, gestión de stock de repuestos.
- Localización: Oficina central en Madrid.

## 15 - SUMINISTROS.

### 1- AMARA-E.

Suministrador de repuestos y componentes para aerogeneradores de cualquier tecnología, con stock propio.

Suministra equipos y componentes para aerogeneradores, grandes componentes, repuestos eléctricos, electrónicos, mecánicos, electromecánicos, hidráulicos, informáticos, equipos de telecomunicaciones, y suministros industriales.

También suministra equipos y repuestos para subestaciones eléctricas y líneas de evacuación.

Localización: Oficina central en Madrid.

### 2- DEXIS IBERICA.

Ofrece una amplia gama de productos, servicios y soluciones para el mantenimiento, equipos de protección individual, automatización y robótica industrial de los sectores industriales, y en concreto, de la industria eólica.

Especialista en el suministro de equipamiento para mantenimiento predictivo y correctivo, en equipos de protección de riesgos laborales, EPI's, ropa y vestuarios profesionales.

También suministra programas de formación de personal sobre neumática, mantenimiento, eficiencia energética, trabajos en altura, espacios confinados y manejo de cargas.

Localización: Zaragoza.

### 3- FORTINET.

Hace posible un mundo digital en el que podemos confiar gracias a su misión para proteger a las personas, los dispositivos y los datos, allá donde se encuentren suministrando ciberseguridad a las instalaciones industriales.

Los sistemas de Fortinet proporcionan una seguridad informática amplia, integrada y de alto rendimiento en todas las infraestructuras digitales empresariales, proporcionando seguridad en las redes de comunicaciones y proporcionando una total seguridad operativa de las infraestructuras informáticas.

Localización: Alcobendas (Madrid).

### 4- INELEC.

Empresa de suministros electrónicos y repuestos para aerogeneradores y en general para todas las necesidades de la industria de energías renovables.

Entre los suministros específicos para la energía eólica, destacan:

- Ultra condensadores que mejoran el rendimiento de los sistemas de baterías.
- Fusibles ultrarrápidos para diferentes tipos de protecciones en los sistemas de control electrónico.
- Cabinas de control, transformadores, convertidores estáticos.
- Componentes electrónicos en general, condensadores electrolíticos, resistencias, transistores, amplificadores operacionales...etc.

Localización: Almacén central en Madrid.

### 5- IGP (IED Greenpower).

Empresa especializada en el diseño y fabricación de soluciones de iluminación y seguridad optimizadas para aerogeneradores.

Destaca entre sus productos:

- Luminarias universales que optimizan la iluminación de los aerogeneradores.

- Luminarias que permiten la operación remota de los sistemas de iluminación.
- Sistemas de iluminación de sistemas de seguridad, iluminación, detección de personas, protección contra incendios, optimizando la seguridad y disminuyendo los costes.

Localización: Lizoain (Navarra).

#### **6- SPARES IN MOTION.**

Empresa de suministro de repuestos eólicos, consumibles, correctivos y grandes componentes para aerogeneradores VESTAS, GE, SIEMENS-GAMESA, NORDEX...etc.

Dispone de más de 25.000 repuestos para aerogeneradores, trabajando directamente con los principales fabricantes y disponiendo de stock propios para minimizar los tiempos de entrega.

Localización: Bilbao (Vizcaya).

## Anexo 3: Cálculos.

### 1.- COSTES DE EXPLOTACIÓN ANUAL.

	Años	C. Op. & Mto.	C. Seguros	C. Arrendamiento	C. Gestión	Gastos de Explotación
1	2023	5.153.101,33	5.147.953,38	1.715.984,46	2.287.979,28	14.305.018,45
2	2024	5.410.756,40	4.861.955,97	1.620.651,99	2.160.869,32	14.054.233,68
3	2025	5.681.294,22	4.289.961,15	1.429.987,05	1.906.649,40	13.307.891,82
4	2026	5.965.358,93	4.003.963,74	1.334.654,58	1.779.539,44	13.083.516,69
5	2027	6.263.626,88	3.717.966,33	1.239.322,11	1.652.429,48	12.873.344,80
6	2028	6.576.808,22	3.717.966,33	1.239.322,11	1.652.429,48	13.186.526,14
7	2029	6.905.648,63	3.431.968,92	1.143.989,64	1.525.319,52	13.006.926,71
8	2030	7.250.931,06	3.431.968,92	1.143.989,64	1.525.319,52	13.352.209,14
9	2031	7.613.477,62	3.431.968,92	1.143.989,64	1.525.319,52	13.714.755,70
10	2032	7.994.151,50	3.431.968,92	1.143.989,64	1.525.319,52	14.095.429,58
11	2033	8.393.859,07	3.145.971,51	1.048.657,17	1.398.209,56	13.986.697,31
12	2034	8.813.552,03	3.145.971,51	1.048.657,17	1.398.209,56	14.406.390,27
13	2035	9.254.229,63	3.145.971,51	1.048.657,17	1.398.209,56	14.847.067,87
14	2036	9.716.941,11	3.145.971,51	1.048.657,17	1.398.209,56	15.309.779,35
15	2037	10.202.788,17	3.145.971,51	1.048.657,17	1.398.209,56	15.795.626,41
16	2038	10.712.927,57	3.145.971,51	1.048.657,17	1.398.209,56	16.305.765,81
17	2039	11.248.573,95	3.145.971,51	1.048.657,17	1.398.209,56	16.841.412,19
18	2040	11.811.002,65	3.145.971,51	1.048.657,17	1.398.209,56	17.403.840,89
19	2041	12.401.552,78	2.859.974,10	953.324,70	1.271.099,60	17.485.951,18
20	2042	13.021.630,42	2.859.974,10	953.324,70	1.271.099,60	18.106.028,82

Tabla 9. Estimación de los costes de explotación anual. Fuente: (Elaboración propia).

## 2.- PAGO DE PRESTAMO PARA LA INVERSION INICIAL.

- Capital prestado: 100.000.000 euros.

- Tiempo de amortización: 15 Años.

- Interés: 3% anual.

	AÑO	ANUALIDAD	INTERÉS	AMORTIZACIÓN	CAPITAL PENDIENTE
0					100.000.000,00 €
1	2023	8.376.658,05 €	3.000.000,00 €	5.376.658,05 €	94.623.341,95 €
2	2024	8.376.658,05 €	2.838.700,26 €	5.537.957,79 €	89.085.384,16 €
3	2025	8.376.658,05 €	2.672.561,52 €	5.704.096,53 €	83.381.287,64 €
4	2026	8.376.658,05 €	2.501.438,63 €	5.875.219,42 €	77.506.068,22 €
5	2027	8.376.658,05 €	2.325.182,05 €	6.051.476,00 €	71.454.592,21 €
6	2028	8.376.658,05 €	2.143.637,77 €	6.233.020,28 €	65.221.571,93 €
7	2029	8.376.658,05 €	1.956.647,16 €	6.420.010,89 €	58.801.561,04 €
8	2030	8.376.658,05 €	1.764.046,83 €	6.612.611,22 €	52.188.949,82 €
9	2031	8.376.658,05 €	1.565.668,49 €	6.810.989,56 €	45.377.960,26 €
10	2032	8.376.658,05 €	1.361.338,81 €	7.015.319,24 €	38.362.641,02 €
11	2033	8.376.658,05 €	1.150.879,23 €	7.225.778,82 €	31.136.862,20 €
12	2034	8.376.658,05 €	934.105,87 €	7.442.552,18 €	23.694.310,02 €
13	2035	8.376.658,05 €	710.829,30 €	7.665.828,75 €	16.028.481,27 €
14	2036	8.376.658,05 €	480.854,44 €	7.895.803,61 €	8.132.677,66 €
15	2037	8.376.658,05 €	243.980,33 €	8.132.677,72 €	0,0 €
<b>TOTAL:</b>		<b>125.649.870,75 €</b>	<b>25.649.870,68 €</b>	<b>100.000.000,06 €</b>	

Tabla 10. Pago de préstamo para la inversión inicial. Fuente: (Elaboración propia).

### 3.- AMORTIZACIONES E INTERESES.

	Año	Amortización Préstamo	Interés Préstamo	Amortización Inversión Propia	Amortización Desmantelamiento.	Total Amortizaciones
1	2023	5.376.658,05	3.000.000,00	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
2	2024	5.537.957,79	2.838.700,26	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
3	2025	5.704.096,53	2.672.561,52	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
4	2026	5.875.219,42	2.501.438,63	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
5	2027	6.051.476,00	2.325.182,05	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
6	2028	6.233.020,28	2.143.637,77	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
7	2029	6.420.010,89	1.956.647,16	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
8	2030	6.612.611,22	1.764.046,83	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
9	2031	6.810.989,56	1.565.668,49	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
10	2032	7.015.319,24	1.361.338,81	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
11	2033	7.225.778,82	1.150.879,23	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
12	2034	7.442.552,18	934.105,87	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
13	2035	7.665.828,75	710.829,30	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
14	2036	7.895.803,61	480.854,44	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
15	2037	8.132.677,72	243.980,33	8.766.484,63	688.324,23	17.831.466,91
16	2038			8.766.484,63	688.324,23	9.454.808,86
17	2039			8.766.484,63	688.324,23	9.454.808,86
18	2040			8.766.484,63	688.324,23	9.454.808,86
19	2041			8.766.484,63	688.324,23	9.454.808,86
20	2042			8.766.484,63	688.324,23	9.454.808,86

Tabla 11. Estimación de las amortizaciones e intereses. Fuente: (Elaboración propia).

#### 4.- INGRESOS.

	AÑO	PRECIO (E/MWh).	PRODUCCIÓN ANUAL (MWH)	VENTA ENERGIA €	RETRIBUCIÓN (PRIMA) A LA INVERSIÓN	INGRESOS ANUALES
1	2023	91	635.549,80	57.835.031,80	15.780.701,53	73.615.733,33
2	2024	86		54.657.282,80	15.780.701,53	70.437.984,33
3	2025	76		48.301.784,80	15.780.701,53	64.082.486,33
4	2026	71		45.124.035,80	15.780.701,53	60.904.737,33
5	2027	66		41.946.286,80	15.780.701,53	57.726.988,33
6	2028	66		41.946.286,80	15.780.701,53	57.726.988,33
7	2029	61		38.768.537,80	15.780.701,53	54.549.239,33
8	2030	61		38.768.537,80	15.780.701,53	54.549.239,33
9	2031	61		38.768.537,80	15.780.701,53	54.549.239,33
10	2032	61		38.768.537,80	15.780.701,53	54.549.239,33
11	2033	56		35.590.788,80	15.780.701,53	51.371.490,33
12	2034	56		35.590.788,80	15.780.701,53	51.371.490,33
13	2035	56		35.590.788,80	15.780.701,53	51.371.490,33
14	2036	56		35.590.788,80	15.780.701,53	51.371.490,33
15	2037	56		35.590.788,80	15.780.701,53	51.371.490,33
16	2038	56		35.590.788,80	15.780.701,53	51.371.490,33
17	2039	56		35.590.788,80	15.780.701,53	51.371.490,33
18	2040	56		35.590.788,80	15.780.701,53	51.371.490,33
19	2041	51		32.413.039,80	15.780.701,53	48.193.741,33
20	2042	51		32.413.039,80	15.780.701,53	48.193.741,33

Tabla 12. Estimación de los Ingresos. Fuente: (Elaboración propia).



## 5.- FLUJO DE CAJA Y CRITERIOS DE INVERSION.

AÑO	INGRESOS ANUALES	COSTOS EXPLOTACION	EBITDA	TOTAL, AMORTI,	BAIL	IMPUESTOS	BENEFICIO NETO
2023	73.615.733,33	14.305.018,45	59.310.714,88	17.831.466,91	41.479.247,97	6.636.679,68	34.842.568,30
2024	70.437.984,33	14.054.233,68	56.383.750,65	17.831.466,91	38.552.283,74	6.168.365,40	32.383.918,34
2025	64.082.486,33	13.307.891,82	50.774.594,51	17.831.466,91	32.943.127,60	5.270.900,42	27.672.227,18
2026	60.904.737,33	13.083.516,69	47.821.220,64	17.831.466,91	29.989.753,73	4.798.360,60	25.191.393,13
2027	57.726.988,33	12.873.344,80	44.853.643,54	17.831.466,91	27.022.176,62	4.323.548,26	22.698.628,36
2028	57.726.988,33	13.186.526,14	44.540.462,19	17.831.466,91	26.708.995,28	4.273.439,24	22.435.556,03
2029	54.549.239,33	13.006.926,71	41.542.312,62	17.831.466,91	23.710.845,71	3.793.735,31	19.917.110,40
2030	54.549.239,33	13.352.209,14	41.197.030,19	17.831.466,91	23.365.563,28	3.738.490,12	19.627.073,15
2031	54.549.239,33	13.714.755,70	40.834.483,64	17.831.466,91	23.003.016,72	3.680.482,68	19.322.534,05
2032	54.549.239,33	14.095.429,58	40.453.809,76	17.831.466,91	22.622.342,84	3.619.574,85	19.002.767,99
2033	51.371.490,33	13.986.697,31	37.384.793,02	17.831.466,91	19.553.326,11	3.128.532,18	16.424.793,93
2034	51.371.490,33	14.406.390,27	36.965.100,07	17.831.466,91	19.133.633,15	3.061.381,30	16.072.251,85
2035	51.371.490,33	14.847.067,87	36.524.422,47	17.831.466,91	18.692.955,55	2.990.872,89	15.702.082,66
2036	51.371.490,33	15.309.779,35	36.061.710,98	17.831.466,91	18.230.244,07	2.916.839,05	15.313.405,02
2037	51.371.490,33	15.795.626,41	35.575.863,93	17.831.466,91	17.744.397,02	2.839.103,52	14.905.293,49
2038	51.371.490,33	16.305.765,81	35.065.724,52	9.454.808,86	25.610.915,66	4.097.746,51	21.513.169,15
2039	51.371.490,33	16.841.412,19	34.530.078,14	9.454.808,86	25.075.269,28	4.012.043,08	21.063.226,19
2040	51.371.490,33	17.403.840,89	33.967.649,44	9.454.808,86	24.512.840,58	3.922.054,49	20.590.786,09
2041	48.193.741,33	17.485.951,18	30.707.790,15	9.454.808,86	21.252.981,29	3.400.477,01	17.852.504,28
2042	48.193.741,33	18.106.028,82	30.087.712,51	9.454.808,86	20.632.903,65	3.301.264,58	17.331.639,07

Tabla 13. Flujo de caja y criterios de inversión. Fuente: (Elaboración propia).

### 5.- CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN).

	AÑO	$F_t$	$(1+k)^t$	$F_t/(1+k)^t$	Inversión ( $I_0$ )
1	2023	34.842.568,30	1,05	33.183.398,38	275.329.692,62
2	2024	32.383.918,34	1,10	29.373.168,56	
3	2025	27.672.227,18	1,16	23.904.310,28	
4	2026	25.191.393,13	1,22	20.725.021,47	
5	2027	22.698.628,36	1,28	17.784.969,27	
6	2028	22.435.556,03	1,34	16.741.757,35	
7	2029	19.917.110,40	1,41	14.154.718,51	
8	2030	19.627.073,15	1,48	13.284.375,67	
9	2031	19.322.534,05	1,55	12.455.477,73	
10	2032	19.002.767,99	1,63	11.666.051,12	
11	2033	16.424.793,93	1,71	9.603.236,84	
12	2034	16.072.251,85	1,80	8.949.631,22	
13	2035	15.702.082,66	1,89	8.327.149,69	
14	2036	15.313.405,02	1,98	7.734.310,13	
15	2037	14.905.293,49	2,08	7.169.701,02	
16	2038	21.513.169,15	2,18	9.855.430,66	
17	2039	21.063.226,19	2,29	9.189.815,82	
18	2040	20.590.786,09	2,41	8.555.896,92	
19	2041	17.852.504,28	2,53	7.064.842,16	
20	2042	17.331.639,07	2,65	6.532.112,48	

Tabla 14. Cálculo del valor actual neto. Fuente: (Elaboración propia).

Valor Actual Neto (**VAN**), viene dado por la expresión:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Es el valor que suma todos los flujos de caja reducidos al precio del dinero actual, en base al interés aplicado a lo largo de la vida útil del parque eólico (de la inversión).

En este caso y aplicando un interés del 5% anual, el valor es de:

$$\mathbf{VAN = 925.682,67}$$

## 6.- CÁLCULO DEL TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR).

	AÑO	$F_t$	INVERSIÓN ( $I_0$ )	$\sum_{t=1}^n F_t$	$i * F_t$	$\sum_{t=1}^n i * F_t$
1	2023	34.842.568,30			1.742.128,41	
2	2024	32.383.918,34			1.619.195,92	
3	2025	27.672.227,18			1.383.611,36	
4	2026	25.191.393,13			1.259.569,66	
5	2027	22.698.628,36			1.134.931,42	
6	2028	22.435.556,03			1.121.777,80	
7	2029	19.917.110,40			995.855,52	
8	2030	19.627.073,15			981.353,66	
9	2031	19.322.534,05			966.126,70	
10	2032	19.002.767,99			950.138,40	
11	2033	16.424.793,93			821.239,70	
12	2034	16.072.251,85			803.612,59	
13	2035	15.702.082,66			785.104,13	
14	2036	15.313.405,02			765.670,25	
15	2037	14.905.293,49			745.264,67	
16	2038	21.513.169,15			1.075.658,46	
17	2039	21.063.226,19			1.053.161,31	
18	2040	20.590.786,09			1.029.539,30	
19	2041	17.852.504,28			892.625,21	
20	2042	17.331.639,07	275.329.692,62	419.862.928,68	866.581,95	20.993.146,43

Tabla 15. Cálculo del tasa interna de rentabilidad. Fuente: (Elaboración propia).

Tasa Interna de Rentabilidad (TIR), viene dado por la expresión:

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t}$$

Es el valor que suministra la rentabilidad del proyecto permitiendo valorar la inversión realizada y valorarla en cuanto a la viabilidad económica de este tipo de inversiones.

En este caso, el valor del TIR, es decir, la rentabilidad del proyecto es de:

$$\text{TIR} = 6,88 \%$$

## 7.- CÁLCULO DEL LEVELIZED COST OF ENERGY (LCOE).

	Año	Cos. + Amor. (€)	Energía (MWh)	(1+r) <sup>n</sup>	Cos./((1+r) <sup>n</sup> )	Ener./((1+r) <sup>n</sup> )
1	2023	32.136.485,36	635.549,80	1,05	30.606.176,54	605.285,52
2	2024	31.885.700,59	635.549,80	1,10	28.921.270,38	576.462,40
3	2025	31.139.358,73	635.549,80	1,16	26.899.348,87	549.011,81
4	2026	30.914.983,60	635.549,80	1,22	25.433.833,52	522.868,39
5	2027	30.704.811,71	635.549,80	1,28	24.058.023,41	497.969,90
6	2028	31.017.993,05	635.549,80	1,34	23.146.103,99	474.257,05
7	2029	30.838.393,63	635.549,80	1,41	21.916.270,60	451.673,38
8	2030	31.183.676,06	635.549,80	1,48	21.106.339,41	430.165,12
9	2031	31.546.222,61	635.549,80	1,55	20.334.976,37	409.681,07
10	2032	31.926.896,49	635.549,80	1,63	19.600.344,90	390.172,45
11	2033	31.818.164,23	635.549,80	1,71	18.603.421,64	371.592,81
12	2034	32.237.857,18	635.549,80	1,80	17.951.245,16	353.897,91
13	2035	32.678.534,78	635.549,80	1,89	17.330.124,70	337.045,63
14	2036	33.141.246,26	635.549,80	1,98	16.738.581,41	320.995,84
15	2037	33.627.093,32	635.549,80	2,08	16.175.206,84	305.710,32
16	2038	25.760.574,68	635.549,80	2,18	11.801.216,07	291.152,69
17	2039	26.296.221,05	635.549,80	2,29	11.472.954,14	277.288,27
18	2040	26.858.649,75	635.549,80	2,41	11.160.323,73	264.084,07
18	2041	26.940.760,04	635.549,80	2,53	10.661.373,58	251.508,64
20	2042	27.560.837,68	635.549,80	2,65	10.387.389,86	239.532,04
<b>TOTAL:</b>		<b>610.214.460,82</b>	<b>12.710.996,00</b>		<b>384.304.525,12</b>	<b>7.920.355,29</b>

Tabla 16. Cálculo del levelized cost of energy. Fuente: (Elaboración propia).

El Levelized Cost of Energy (LCOE), viene dado por la expresión:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_{totaln}}{(1+r)^n}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_n}{(1+r)^n}}$$

Este valor mide los costes totales que el parque eólico tendrá a lo largo de toda su vida útil y los divide por la producción de energía que se realizará también durante todos sus años de operación.

En este caso, el valor del LCOE, es decir, el coste medio del MWh a lo largo de toda la vida útil de la instalación, será de:

$$LCOE = 48,52 \text{ euros/MWh}$$

# Bibliografía

- ABB. (2022). *XLPE Submarine Cable Systems*. Obtenido de <https://new.abb.com>
- AEE. (2021). *Estudio Macroeconómico del Impacto del Sector Eólico en España*. Asociación Empresarial Eólica .
- AEE. (2022). *Potencia Instalada y Generación*. Asociación Empresarial Eólica . Obtenido de <https://aeeolica.org>
- AEMET. Gobierno de España. (2022). *Predicción Marítima. Costas. Costas de Galicia*. Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España. Obtenido de <http://www.aemet.es>
- Amada, J. M. (2022). *Máster Europeo en Energías Renovables y Eficiencia Energética CURSO DE ENERGÍA EÓLICA*.
- Comision Europea . (2022). *European Atlas of the Seas*. Comision Europea. Obtenido de <https://ec.europa.eu>
- Diesel o Gasolina. (2022). *Precio del Diesel y la Gasolina hoy en España*. Obtenido de <https://www.dieselogasolina.com>
- EIT-Innoenergy. (2022). *Green investment opportunities*. . Obtenido de <https://www.innoenergy.com>
- ETIP Wind. (2022). *European Technology & Innovation Platform on Wind Energy*. Wind Europe .
- Fundación Naturgy. (2020). *Integración de las Energías Renovables en la Transición energética*. Obtenido de <https://www.fundacionnaturgy.org>
- Gonzalez-Rodriguez., A. G. (2021). *Revisión de los componentes de costos de los parques eólicos marinos*.
- IDAE. (2022). *Plan Energías Renovables 2011-2020* .Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Obtenido de <https://www.idae.es/>
- IEA. (2022). *Data and statics*. Agencia Internacional de la Energía (IEA). Obtenido de <https://www.iea.org>
- IRENA. (2019). *Future of Wind*. Agencia Internacional de Energía Renovable. Obtenido de <https://www.irena.org>
- IRENA. (2019). *Future of Wind. Deployment, investment, Technology, grid integration and socio-economic aspects*. Internarional Renewable Energy Agency. Obtenido de <https://www.irena.org>

- MITECO . (2022). *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es>
- MITECO. (2021). *Hoja de ruta eólica marina y energías del mar en España. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es>
- OMIE. (2022). *Resultados del mercado: Precio del mercado diario. Operador de Mercado Interno Eléctrico*. Obtenido de <https://www.omie.es/>
- Ray D. (2019). *Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis. (Versión 14)*. Obtenido de <https://www.lazard.com>
- Red Eléctrica de España. (2021). *Informe resumen de la energía renovable en España en el año 2020*. Obtenido de [www.ree.es](http://www.ree.es)
- Red Eléctrica de España. (2022). *Informe resumen de la energía renovable en España en el año 2021*. Obtenido de [www.ree.es](http://www.ree.es)
- Selectra. (2022). *Precio kWh hoy: precio de la luz hora a hora en España*. Obtenido de <https://selectra.es>
- Staffell & Green. (2014). *¿Cómo disminuye el rendimiento de los parques eólicos marinos con la edad? Energía renovable, 66,775-786*.
- Vryhof Stevshark. (2022). *Productos y tecnologías de amarre*. Obtenido de <https://delmarvryhof.com>
- Wind Europe . (2020). *Wind energy and economic recovery in Europe*.
- Wind Europe . (2022). *Floating Offshore Wind Energy*. Obtenido de <https://windeurope.org>