



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Análisis del potencial de las Energías  
Renovables Marinas en España**

Autor: María Maestu Ortega

Director: Jaime Navarro Ocón

Madrid

Junio 2024

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título **Análisis del potencial de las Energías Renovables Marinas en España** en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2023/2024 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

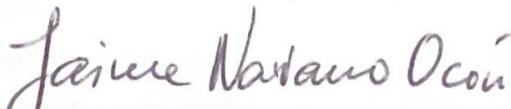
Fdo.: María Maestu Ortega

Fecha: 19/ 06/ 2024



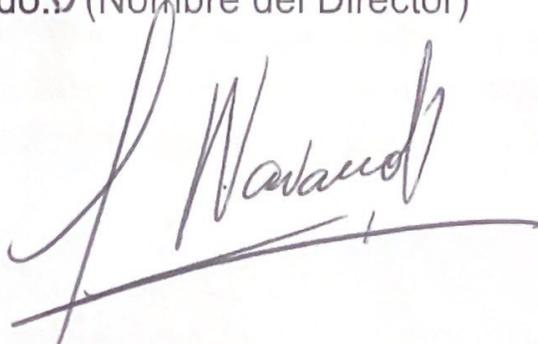
Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: (Nombre del Director)

Fecha: 20/ 06/ 2024







MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Análisis del potencial de las Energías  
Renovables Marinas en España**

Autor: María Maestu Ortega

Director: Jaime Navarro Ocón

Madrid

Junio 2024

# **Agradecimientos**

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han ayudado y colaborado durante la realización de mi Trabajo Fin de Máster. En primer lugar, a mi director, Jaime Navarro Ocón por su ayuda en la dirección y planificación de este Trabajo Fin de Máster. Por último, agradecer a mis padres por la oportunidad de contar siempre con su apoyo en mi trayectoria académica.



# ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES MARINAS EN ESPAÑA

**Autor: Maestu Ortega, María.**

Director: Navarro Ocón, Jaime.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como objetivo analizar el potencial de las tecnologías renovables marinas (eólica marina, undimotriz, energía de las corrientes y energía del gradiente salino) en España. Para ello se va a realizar un análisis técnico y un análisis económico de cada tecnología que permita identificar dentro de los emplazamientos permitidos por la legislación vigente para instalar estas tecnologías cuales son los más idóneos para cada una de ellas.

**Palabras clave:** Eólica marina, undimotriz, gradiente salino, energía de las corrientes, demarcaciones marinas, POEM, LCOE.

### 1. Introducción

En los últimos años España ha dado un gran paso en el crecimiento de las energías renovables como alternativa a los combustibles fósiles. De acuerdo con los registros de Red Eléctrica de España durante el año 2023 un 61,2% de la potencia total instalada fue en energías renovables [1]. Estos porcentajes de mantenerse van a permitir llevar a cabo en España en la próxima década una transición energética de los combustibles fósiles a las tecnologías renovables aprovechando que nuestro país cuenta con la mayor cantidad de horas de sol en Europa y ser uno de los que tiene mayor recurso eólico.

En el último mes del año 2021, el MITECO publicó la Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España [2], que cuenta con 23 acciones para posicionar a España como líder europeo en innovación tecnológica y en I+D+i, y ayudar a fortalecer la cadena de valor de la industria nacional.

Adicionalmente, el gobierno ha aprobado mediante el Real Decreto 150/2023 del 28 de febrero de 2023 los planes de ordenación del espacio marítimo de las cinco demarcaciones marinas españolas y dentro de estas demarcaciones se han establecido diferentes zonas donde poder instalar proyectos renovables marinos.

Ambas medidas sin duda van a contribuir y facilitar en los próximos años al desarrollo de proyectos de energías renovables marinas en España.

Este proyecto se centra en analizar el potencial en particular de las energías renovables marinas que son el resultado del aprovechamiento de los recursos de océanos y mares. La energía eólica marina es la tecnología más desarrollada en el mundo de entre las energías marinas y en particular la energía eólica marina de cimentación fija. Sin embargo, España es el país europeo con más instalaciones de I+D+i de eólica flotante [3] debido a la orografía de nuestra costa. Del resto de las tecnologías de energías marinas, sólo la undimotriz (energía de las olas) tiene una planta en nuestro país con 296 kW en Matriku, País Vasco.[4]



Figura 1: Demarcaciones marítimas. Fuente: [5]

## 2. Metodología

De acuerdo con la publicación de los planes de ordenación del espacio marítimo (POEM) el estudio se circunscribe a los emplazamientos que estos planes determinan como disponibles para llevar a cabo una instalación de estas tecnologías.

En primer lugar, se lleva a cabo un análisis técnico de acuerdo con los parámetros críticos de cada tecnología para analizar el potencial de cada zona, se ha utilizado el software Furow [6] para el estudio técnico de la eólica marina ya que permite realizar un análisis de los perfiles de viento de cada emplazamiento mediante una base de datos. Se ha contado también con la información de los puertos del estado del ministerio de transporte y movilidad sostenible [7] ya que cuentan con datos históricos, en tiempo real y predicciones a futuro de la salinidad, la temperatura del agua, velocidad de corrientes, oleaje y nivel del mar y que son necesarios para analizar el resto de las tecnologías de energía marinas. Este análisis técnico permite determinar la zona o zonas más óptimas para cada tecnología.

A continuación, y para cada una de las tecnologías se lleva a cabo un análisis económico. Para realizar el análisis económico se han obtenido de los costes de inversión, costes de operación y mantenimiento y coste de desmantelamiento de proyectos en funcionamiento o en fase de prueba para posteriormente calcular los indicadores económicos LCOE (levelized cost of energy) que representa la suma de los costes de un activo de generación de energía durante su periodo de vida (€/MWh), VAN (valor actual neto) y TIR (tasa de interés de retorno). Una vez calculado el LCOE para todas las zonas. Para aquella zona o zonas con este indicador más bajo, se ha calculado el VAN y el TIR con objeto de determinar la rentabilidad de la inversión realizada.

## 3. Resultados

Después de examinar cada tecnología desde una perspectiva técnica y económica, identificando los emplazamientos óptimos desde el punto de vista técnico y los económicos como aquellos con menores LCOE, se puede observar que España tiene un potencial marino único y particular, con la zona noratlántica destacando por su oleaje y por tanto propicia para la energía undimotriz, Canarias por sus velocidades de viento y por tanto propicia para la energía eólica, Levante y Baleares por mayores valores de

salinidad del agua y por tanto propicia para la energía de gradiente salino, y el Estrecho y Alborán por las intensas corrientes marinas y por tanto propicia para la energía de las corrientes.

| Tecnologías               | Potencia extraída (kW) | emplazamiento |
|---------------------------|------------------------|---------------|
| Eólica offshore           | 5400                   | CANGC-1       |
| Undimotriz                | 42,31                  | NOR-3         |
| Gradiente salino          | 1,58                   | LEBA-1        |
| Energía de las corrientes | 25,25                  | ESAL-1        |

Tabla 1: Mejores emplazamientos técnicos. Fuente: Elaboración Propia

| Tecnologías               | LCOE €/MWh | emplazamiento |
|---------------------------|------------|---------------|
| Eólica offshore           | 60,92      | NOR-2         |
| Undimotriz                | 205,27     | NOR-3         |
| Gradiente salino          | 1427,04    | LEBA-1        |
| Energía de las corrientes | 313,77     | ESAL-1        |

Tabla 2: Mejores emplazamientos económicos. Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar también en los resultados que aquellas zonas con el LCOE más bajo coinciden también con aquellas más óptimas desde el punto de vista técnico excepto la energía eólica marina. En esta tecnología la zona más óptima desde el punto vista técnico es Gran Canaria mientras que la zona con LCOE más bajo es la Noratlántica-2 (La Coruña-Ferrol). Esta diferencia se debe a la mayor cantidad de parámetros analizados en el análisis técnico para determinar la idoneidad en comparación con el análisis económico basado en el LCOE, que tiene en cuenta solamente la energía generada y que genera mayores ingresos por venta de energía y para la que en su cálculo sólo se considera la velocidad del viento de la zona.

| Tecnologías               | Demarcaciones           |
|---------------------------|-------------------------|
| Eólica offshore           | Canarias y Noratlántica |
| Undimotriz                | Noratlántica            |
| Gradiente salino          | Levantino-Balear        |
| Energía de las corrientes | Estrecho y Gibraltar    |

Tabla 3: Resultados mejores demarcaciones por tecnología. Fuente: Elaboración Propia

#### 4. Conclusiones

Este trabajo ha permitido analizar la capacidad de las costas españolas para implementar y llevar a cabo proyectos de tecnologías marinas renovables. A pesar de las dificultades de implementar los primeros proyectos de estas tecnologías en España, la energía eólica marina ha progresado significativamente y se han implantado ya varios proyectos. El avance que esta tecnología está también produciéndose en Europa y en el mundo está permitiendo que el diseño de esta tecnología pase de una fase de prototipo a una fase

industrial reduciéndose significativamente los costes de inversión y mejorándose a la vez la eficiencia y costes de operación y mantenimiento que van a permitir en los próximos años seguir reduciendo los LCOE y mejorando los TIR y VAN de estos proyectos, lo cual estimulará su crecimiento en el mundo.

Sin embargo, para las otras tecnologías marinas como la energía undimotriz, corrientes marinas y gradiente salino es necesario todavía apoyo de las administraciones para que los proyectos pueden pasar de la fase de innovación a la industrial.

En general es fundamental establecer alianzas internacionales para impulsar las tecnologías y controlar el desarrollo de energías renovables en el mar. Asimismo, es todavía necesario mantener beneficios fiscales y ayudas económicas de los gobiernos para poder implantar proyectos de innovación e investigación que permitan en un futuro cercano validar estas tecnologías tanto desde el punto de vista técnico como económico y para aquellas más desarrolladas como la eólica marina mejorar sus rendimientos.

## 5. Referencias

- [1] «Red Eléctrica de España,» [En línea]. Available: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/potencia-evolucion-renovable-no-renovable>.
- [2] MITECO, «Hoja de ruta eólica marina y energías del mar en España,» 2021.
- [3] IDAE, «Eólica Marina y Energías del Mar en España,» [En línea]. Available: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/eolica/eolica-marina/eolica-marina-y-energias-del-mar>
- [4] «Planta Undimotriz de Mutriku,» [En línea]. Available: <https://www.mutriku.eus/es/turismo/mutriku/planta-olas>
- [5] MITECO, «PLANES DE ORDENACIÓN DEL ESPACIO MARÍTIMO (POEM),» [En línea]. Available: [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/participacion-publica/resumenejecutivooesae\\_poem\\_tcm30-529031.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/participacion-publica/resumenejecutivooesae_poem_tcm30-529031.pdf)
- [6] Solute, «FUROW,» [En línea]. Available: <https://furow.es/#demo>
- [7] MITMS, «Puertos del Estado,» [En línea]. Available: <https://www.puertos.es/es-es>

# **ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF MARINE RENEWABLE ENERGIES IN SPAIN**

**Autor: Maestu Ortega, María.**

Director: Navarro Ocón, Jaime.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

## **ABSTRACT**

The objective of this project is to analyze the potential of marine renewable technologies (offshore wind, wave, current energy and saline gradient energy) in Spain. For this purpose, a technical analysis and an economic analysis of each technology will be carried out in order to identify which are the most suitable sites for each technology within the sites allowed by the current legislation for the installation of these technologies.

**Keywords:** Offshore wind, wave, saline gradient, current energy, marine demarcations, POEM, LCOE.

### **1. Introduction**

In recent years, Spain has taken a big step in the growth of renewable energy as an alternative to fossil fuels. According to the records of Red Eléctrica de España, 61.2% of the total power installed in 2023 will come from renewable sources [1]. These percentages will allow Spain to carry out an energy transition from fossil fuels to renewable technologies in the next decade, taking advantage of the fact that our country has the most hours of sunshine in Europe and is one of the countries with the greatest wind resources.

In the last month of 2021, MITECO published the Roadmap for the Development of Offshore Wind and Marine Energy in Spain [2], which includes 23 actions to position Spain as a European leader in technological innovation and R&D&I, and to contribute to strengthening the value chain of the national industry.

Additionally, the government has approved by Royal Decree 150/2023 of February 28, 2023, the maritime space management plans of the five Spanish marine demarcations and within these demarcations different zones have been established where marine renewable projects can be installed.

Both measures will undoubtedly contribute to and facilitate the development of marine renewable energy projects in Spain in the coming years.

This project focuses on the analysis of the potential of marine renewable energies, which are the result of exploiting the resources of the oceans and seas. Offshore wind energy is the most developed technology in the world among marine energies and in particular fixed foundation offshore wind energy. However, due to the orography of our coast, Spain is the European country with the highest number of R&D&I

facilities for floating wind energy [3]. Of the rest of the marine energy technologies, only wave energy has a plant in our country with 296 kW in Matriku, Basque Country [4].



Figure 2: Marine demarcations. Source:[5]

## 2. Methodology

According to the publication of the maritime spatial plans (POEM) the study is limited to the sites that these plans determine as available to carry out an installation of these technologies.

First of all, a technical analysis is carried out according to the critical parameters of each technology in order to analyze the potential of each area. The Furow software [6] has been used for the technical study of offshore wind energy, since it allows the analysis of the wind profiles of each site through a database. The information provided by the State Ports of the Ministry of Transport and Sustainable Mobility [7] was also used, since it has historical, real-time and future data on salinity, water temperature, current speed, swell and sea level, which are necessary for the analysis of the other offshore energy technologies. This technical analysis makes it possible to determine the most optimal area or areas for each technology.

An economic analysis is then carried out for each of the technologies. In order to carry out the economic analysis, the investment costs, the operation and maintenance costs and the decommissioning costs of the projects in operation or in the test phase were determined in order to subsequently calculate the economic indicators LCOE (levelized cost of energy), which represents the sum of the costs of a power generation plant during its lifetime (€/MWh), NPV (net present value) and IRR (interest rate return). Once the LCOE has been calculated for all zones. For the zone(s) with the lowest LCOE, NPV and IRR were calculated to determine the profitability of the investment.

## 3. Results

After studying each technology from a technical and economic point of view, identifying the optimal sites from a technical point of view and the economic ones as

those with the lower LCOE, it can be seen that Spain has a unique and particular marine potential, with the North Atlantic area standing out for its waves and therefore favorable for wave energy, The Canary Islands are favorable for wind energy because of their high wind speeds, the Levante and Balearic Islands are favorable for salinity gradient energy because of their high salinity levels, and the Strait of Alboran is favorable for tidal energy because of its strong currents.

| Tecnologías               | Potencia extraída (kW) | emplazamiento |
|---------------------------|------------------------|---------------|
| Eólica offshore           | 5400                   | CANGC-1       |
| Undimotriz                | 42,31                  | NOR-3         |
| Gradiente salino          | 1,58                   | LEBA-1        |
| Energía de las corrientes | 25,25                  | ESAL-1        |

Table 4: Improved technical locations. Source: Own elaboration

| Tecnologías               | LCOE €/MWh | emplazamiento |
|---------------------------|------------|---------------|
| Eólica offshore           | 60,92      | NOR-2         |
| Undimotriz                | 205,27     | NOR-3         |
| Gradiente salino          | 1427,04    | LEBA-1        |
| Energía de las corrientes | 313,77     | ESAL-1        |

Table 5: Best economic locations. Source: Own elaboration

The results also show that the areas with the lowest LCOE matches with the most technically optimal areas, except for offshore wind energy. For this technology, the most technically optimal area is Gran Canaria, while the area with the lowest LCOE is Noratlántica-2 (La Coruña-Ferrol). This difference is due to the greater number of parameters analyzed in the technical analysis to determine the suitability compared to the economic analysis based on the LCOE, which only considers the energy generated and generates greater income from the sale of energy, and for which only the wind speed of the area is considered in its calculation.

| Tecnologías               | Demarcaciones           |
|---------------------------|-------------------------|
| Eólica offshore           | Canarias y Noratlántica |
| Undimotriz                | Noratlántica            |
| Gradiente salino          | Levantino-Balear        |
| Energía de las corrientes | Estrecho y Gibraltar    |

Table 6: Results best demarcations by technology. Source: Own elaboration

#### 4. Conclusions

This work has allowed to analyze the capacity of the Spanish coasts to implement and carry out projects of marine renewable technologies. Despite the difficulties encountered in the implementation of the first projects of these technologies in Spain,

offshore wind energy has made significant progress and several projects have already been implemented. The progress that this technology is also making in Europe and the world allows the design of this technology to move from the prototype phase to the industrial phase, significantly reducing the investment costs and at the same time improving the efficiency and the operating and maintenance costs, which will allow in the coming years to continue reducing the LCOE and improving the IRR and NPV of these projects, which will stimulate their growth in the world.

However, for other marine technologies, such as wave energy, ocean currents and salinity gradients, administrative support is still needed to move projects from the innovation to the industrial phase.

In general, it is essential to establish international alliances to promote technologies and manage the development of marine renewable energy. Likewise, it is still necessary to maintain tax benefits and economic support from governments to carry out innovation and research projects that will allow these technologies to be validated in the near future, both from a technical and economic point of view, and for those that are more developed, such as offshore wind power, to improve their performance.

## 5. References

- [1] «Red Eléctrica de España,» [En línea]. Available: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/potencia-evolucion-renovable-no-renovable>.
- [2] MITECO, «Hoja de ruta eólica marina y energías del mar en España,» 2021.
- [3] IDAE, «Eólica Marina y Energías del Mar en España,» [En línea]. Available: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/eolica/eolica-marina/eolica-marina-y-energias-del-mar>
- [4] «Planta Undimotriz de Mutriku,» [En línea]. Available: <https://www.mutriku.eus/es/turismo/mutriku/planta-olas>
- [5] MITECO, «PLANES DE ORDENACIÓN DEL ESPACIO MARÍTIMO (POEM),» [En línea]. Available: [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/participacion-publica/resumenejecutivooesae\\_poem\\_tcm30-529031.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/participacion-publica/resumenejecutivooesae_poem_tcm30-529031.pdf)
- [6] Solute, «FUROW,» [En línea]. Available: <https://furow.es/#demo>
- [7] MITMS, «Puertos del Estado,» [En línea]. Available: <https://www.puertos.es/es-es>



## *Índice de la memoria*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Capítulo 1. Introducción .....</b>                                   | <b>15</b> |
| 1.1 Motivación del proyecto.....  | 16        |
| <b>Capítulo 2. Estado de la Cuestión .....</b>                          | <b>17</b> |
| 2.1 Contextualización Energías Renovables en España .....               | 17        |
| 2.1.1 Renovables Marinas en España .....                                | 20        |
| 2.2 Relación con los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS)..... | 27        |
| <b>Capítulo 3. Legislación Renovables Marinas en España .....</b>       | <b>28</b> |
| 3.1 RD 1028/2007 .....  | 29        |
| 3.2 RD 363/2017 .....   | 30        |
| 3.3 Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) .....            | 31        |
| 3.4 RD 12/2021 .....  | 32        |
| 3.5 Hoja de ruta eólica marina y energías del mar .....                 | 33        |
| 3.6 RD 29/2021 .....  | 35        |
| 3.7 RD 150/2023 .....   | 36        |
| <b>Capítulo 4. Análisis Técnico tecnologías.....</b>                    | <b>37</b> |
| 4.1 Elección demarcaciones marinas.....                                 | 40        |
| 4.1.1 Demarcación Noratlántica.....                                     | 41        |
| 4.1.2 Demarcación Levantino Balear.....                                 | 50        |
| 4.1.3 Demarcación Estrecho y Alborán .....                              | 52        |
| 4.1.4 Demarcación Canaria .....   | 53        |
| 4.2 Eólica offshore .....   | 57        |
| 4.2.1 Recurso eólico .....  | 58        |
| 4.2.2 Variabilidad del Viento .....                                     | 78        |
| 4.2.3 Distancia a la subestación eléctrica (SET) .....                  | 80        |
| 4.2.4 Profundidad.....  | 86        |
| 4.2.5 Coexistencia con otras actividades .....                          | 90        |
| 4.2.6 Conexión a la red eléctrica .....                                 | 103       |
| 4.2.7 Subestación eléctrica offshore.....                               | 108       |

|   |            |
|---|------------|
| 4.2.8 Oleaje .....  | 110        |
| 4.2.9 Análisis comparativo demarcaciones.....                       | 112        |
| 4.3 Undimotriz .....  | 114        |
| 4.3.1 Puntos SIMAR .....  | 116        |
| 4.3.2 Análisis comparativo demarcaciones.....                       | 117        |
| 4.3.3 Resultados .....  | 120        |
| 4.4 Gradiente Salino.....   | 121        |
| 4.4.1 puntos SIMAR.....   | 124        |
| 4.4.2 Análisis comparativo demarcaciones.....                       | 124        |
| 4.5 Corrientes .....  | 130        |
| 4.5.1 Puntos SIMAR .....  | 131        |
| 4.5.2 Análisis comparativo demarcaciones.....                       | 132        |
| 4.5.3 Resultados .....  | 134        |
| <b>Capítulo 5. Análisis Económico Tecnologías .....</b>             | <b>137</b> |
| 5.1 Eólica offshore .....   | 137        |
| 5.1.1 Costes de inversión.....                                      | 138        |
| 5.1.2 Costes de operación y mantenimiento .....                     | 138        |
| 5.1.3 Costes de desmantelamiento.....                               | 138        |
| 5.1.4 LCOE.....   | 140        |
| 5.1.5 VAN .....   | 142        |
| 5.1.6 TIR.....  | 145        |
| 5.2 Undimotriz .....  | 146        |
| 5.2.1 Costes de inversión.....                                      | 146        |
| 5.2.2 Costes de operación y mantenimiento.....                      | 147        |
| 5.2.3 Coste de desmantelamiento .....                               | 147        |
| 5.2.4 LCOE.....   | 147        |
| 5.2.5 Flujos de caja .....  | 150        |
| 5.2.6 VAN .....   | 150        |
| 5.2.7 TIR.....  | 151        |
| 5.3 Gradiente Salino.....   | 152        |
| 5.3.1 Costes de inversión.....                                      | 152        |
| 5.3.2 Costes de operación y mantenimiento.....                      | 152        |
| <hr/>   |            |
| Análisis del potencial de las energías renovables marinas en España |            |

|   |            |
|---|------------|
| 5.3.3 LCOE.....   | 152        |
| 5.4 Corrientes .....  | 154        |
| 5.4.1 Costes de inversión.....  | 154        |
| 5.4.2 Costes de operación y mantenimiento.....                            | 155        |
| 5.4.3 LCOE.....   | 155        |
| 5.4.4 Flujos de caja .....  | 157        |
| 5.4.5 VAN .....   | 158        |
| <b>Capítulo 6. Análisis de resultados.....</b>                            | <b>160</b> |
| <b>Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros.....</b>                   | <b>162</b> |
| <b>Capítulo 8. Bibliografía.....</b>                                      | <b>164</b> |
| <b>ANEXOS 173</b>   |            |
| <b>ANEXO I: Distancias a las Subestaciones Eléctricas.....</b>            | <b>174</b> |
| <b>Anexo II- Batimetría Emplazamientos .....</b>                          | <b>184</b> |
| <b>Anexo III- Oleaje Eólica .....</b>                                     | <b>190</b> |
| <b>Anexo IV- Características Técnicas Turbina Siemens Gamesa.....</b>     | <b>199</b> |
| <b>Anexo V- Datos Altura de Ola Significativa y Periodo de Pico .....</b> | <b>200</b> |
| <b>Anexo VI- Velocidades de corrientes marinas .....</b>                  | <b>209</b> |
| <b>Anexo VII-Salinidad.....</b>   | <b>212</b> |

## *Índice de figuras*

|   |    |
|---|----|
| Figura 1:Demarcaciones marinas. Fuente:[5].....   | 8  |
| Figure 2: Marine demarcations. Source:[5].....  | 12 |
| Figura 3:Evolución generación renovable y no renovable del 2007-2011 en España. Fuente:<br>[4] .....                        | 18 |
| Figura 4:Evolución generación renovable y no renovable del 2019-2023 en España. Fuente:<br>[4] .....                        | 19 |
| Figura 5:Generación renovable por tecnología en GWh. Fuente: [4] .....  | 19 |
| Figura 6:Evolución de la potencia instalada renovable y no renovable [4].....   | 20 |
| Figura 7.Demarcaciones Marinas. Fuente: [17] .....  | 22 |
| Figura 8: Energía cinética del viento. Fuente: [62] .....   | 24 |
| Figura 9:Línea temporal legislación energías del mar. Fuente: Elaboración Propia.....                                       | 28 |
| Figura 10: Esquema del Procedimiento vigente para la tramitación de las instalaciones de<br>Eólica Marina. Fuente: [1]..... | 30 |
| Figura 11: Itinerario para el desarrollo de la Eólica Marina y Energías del Mar en<br>España.2021-2030. Fuente: [1].....    | 34 |
| Figura 12:Esquema de orientación de los POEM en las demarcaciones marinas. Fuente: [16]<br>.....                            | 38 |
| Figura 13:Zona para la Defensa Nacional. Zona permanente de ejercicios submarinos.<br>Fuente: [20] .....                    | 40 |
| Figura 14:Zona NOR-1 al Rio Miño. Fuente: [20].....   | 41 |
| Figura 15: Zona NOR-1 a las Islas Cíes. Fuente: [20] .....  | 42 |
| Figura 16:Zona NOR-2. Fuente: [20] .....  | 43 |
| Figura 17:Zona NOR-3. Fuente: [20] .....  | 44 |
| <hr/>   |    |
| Análisis del potencial de las energías renovables marinas en España   |    |

|  |    |
|--|----|
| Figura 18:Zona NOR-4. Fuente: [20] .....   | 44 |
| Figura 19:Zona NOR-5 a Foz. Fuente: [20] .....                                   | 45 |
| Figura 20:Zona NOR-5. Fuente: [20] .....   | 46 |
| Figura 21:Zona NOR-6 a Ribadeo. Fuente: [20] .....                               | 47 |
| Figura 22:Zona NOR-6. Fuente: [20] .....   | 47 |
| Figura 23:Zona NOR-7. Fuente: [20] .....   | 48 |
| Figura 24:Zona NOR-8. Fuente: [20] .....   | 49 |
| Figura 25:Zona NOR-8 a Gijón. Fuente: [20] .....                                 | 49 |
| Figura 26:Zona LEBA-1. Fuente: [20] .....  | 50 |
| Figura 27:Zona LEBA-2. Fuente: [20] .....  | 51 |
| Figura 28: Zona LEBA-3. Fuente: [20] .....                                       | 52 |
| Figura 29:Zona ESAL-1. Fuente: [20] .....  | 52 |
| Figura 30:Zona ESAL-2. Fuente: [20] .....  | 53 |
| Figura 31:Zona CAN-FV1. Fuente: [20] .....                                       | 54 |
| Figura 32:Zona CANFV-2. Fuente: [20] .....                                       | 55 |
| Figura 33:Zona CAN-GC1. Fuente: [20] .....                                       | 56 |
| Figura 34:Zona CAN-TEN1.Fuente: [20] .....                                       | 56 |
| Figura 35:Zona CAN-TEN2. Fuente: [20] .....                                      | 57 |
| Figura 36:Factor de forma. Fuente: [69] .....                                    | 59 |
| Figura 37:Furow. Fuente: Elaboración Propia .....                                | 60 |
| Figura 38: Perfil velocidades anuales zona Noratlántica 50m. Fuente:Furow .....  | 61 |
| Figura 39:Perfil velocidades anuales zona Noratlántica 100m. Fuente: Furow ..... | 62 |
| Figura 40: Perfil diurno zona Noratlántica 100m. Fuente: Furow .....             | 63 |
| Figura 41:Perfil diurno zona Noratlántica 50m. Fuente: Furow .....               | 64 |
| Figura 42: Distribución Weibull zona Noratlántica. Fuente: Furow .....           | 65 |
| Figura 43: perfil anual viento zona canaria 50m. Fuente: Furow .....             | 67 |
| Figura 44: Perfil anual viento zona Canaria 100m. Fuente: Furow .....            | 67 |
| Figura 45.Perfil diurno viento zona canaria 50m. Fuente: Furow .....             | 68 |
| Figura 46:Perfil diurno viento zona canaria 100m. Fuente: Furow .....            | 69 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 47: Distribución Weibull demarcación canaria. Fuente: Furow .....                            | 69  |
| Figura 48: Distribución parámetros Weibull zona canaria. Fuente: Elaboración Propia .....           | 70  |
| Figura 49: Perfil anual de viento zona Levantino-balear 50m. Fuente: Furow.....                     | 71  |
| Figura 50: perfil anual viento zona Levantino-Balear 100m. Fuente: Furow .....                      | 71  |
| Figura 51: perfil diurno de viento zona Levantino-Balear 50m. Fuente: Furow.....                    | 72  |
| Figura 52: perfil diurno de viento zona Levantino-Balear 100m. Fuente: Furow.....                   | 73  |
| Figura 53: Distribución de Weibull zona Levantino-Balear. Fuente: Furow .....                       | 73  |
| Figura 54: Perfil anual de viento zona Estrecho y Alborán 50m. Fuente: Furow .....                  | 74  |
| Figura 55: perfil anual de viento zona Estrecho y Alborán 100m. Fuente: Furow .....                 | 75  |
| Figura 56: Perfil diurno de viento zona Estrecho y Alborán 50m. Fuente: Furow .....                 | 76  |
| Figura 57: Perfil diurno de viento zona Estrecho y Alborán 100m. Fuente: Furow .....                | 76  |
| Figura 58: Distribución de Weibull zona Estrecho y Alborán. Fuente: Furow .....                     | 77  |
| Figura 59: Parámetros de ajuste de Weibull zona Estrecho y Alborán. Fuente: Elaboración Propia..... | 77  |
| Figura 60: Matriz de peso zona Estrecho y Alborán. Fuente: Elaboración Propia .....                 | 77  |
| Figura 61: Resultados velocidad media viento. Fuente: Elaboración Propia .....                      | 78  |
| Figura 62: Actividades Coexistencia Actividades. Fuente: [20] .....                                 | 90  |
| Figura 63: Actividades demarcación noratlántica. Fuente: [20].....                                  | 91  |
| Figura 64: Densidad de Buques zona Noratlántica. Fuente: [20].....                                  | 93  |
| Figura 65: Áreas con interés valiosos para las aves noratlántica. Fuente: [20].....                 | 93  |
| Figura 66: Actividades demarcación LEBA. Fuente: [20].....  | 95  |
| Figura 67: Densidad media de buques LEBA Fuente: [20] .....   | 95  |
| Figura 68: Áreas con interés valiosos para las aves LEBA. Fuente: [20] .....                        | 96  |
| Figura 69: Actividades demarcación ESAL. Fuente: [20] .....   | 97  |
| Figura 70: Densidad media de buques ESAL Fuente: [20].....  | 97  |
| Figura 71: Áreas con interés valiosos para las aves LEBA. Fuente: [20] .....                        | 98  |
| Figura 72: Actividades demarcación canarias. Fuente: [20] .....                                     | 99  |
| Figura 73: Densidad media de buques canarias Fuente: [20].....                                      | 100 |
| Figura 74: Áreas con interés valiosos para las aves canarias. Fuente: [20].....                     | 101 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 75:Dispositivos según tamaño y orientación undimotriz. Fuente: [1] .....               | 115 |
| Figura 76:Puntos SIMAR. Fuente: [36] .....  | 117 |
| Figura 77:Potencia oleaje media demarcación noratlántica. Fuente: Elaboración Propia. ....    | 118 |
| Figura 78: Potencia oleaje media demarcación ESAL. Fuente: Elaboración Propia. ....           | 118 |
| Figura 79: Potencia oleaje media demarcación LEBA. Fuente: Elaboración Propia.....            | 119 |
| Figura 80: Potencia oleaje media demarcación canarias. Fuente: Elaboración Propia. ....       | 119 |
| Figura 81:Resultados potencia oleaje. Fuente: Elaboración Propia .....                        | 120 |
| Figura 82:Esquema planta PRO. Fuente: Elaboración Propia.....                                 | 122 |
| Figura 83:Esquema proceso Electrodiálisis inversa. Fuente: [1] .....                          | 123 |
| Figura 84:Valores medios salinidad zona noratlántica. Fuente: Elaboración Propia .....        | 124 |
| Figura 85: Valores medios salinidad zona LEBA. Fuente: Elaboración Propia .....               | 125 |
| Figura 86: Valores medios salinidad zona ESAL. Fuente: Elaboración Propia.....                | 125 |
| Figura 87: Valores medios salinidad zona canarias. Fuente: Elaboración Propia.....            | 126 |
| Figura 88: Temperaturas medias emplazamientos. Fuente: Elaboración Propia.....                | 128 |
| Figura 89:Valores incremento presión osmótica emplazamientos. Fuente: Elaboración Propia..... | 128 |
| Figura 90: Potencias generadas 19 emplazamientos. Fuente: Elaboración Propia.....             | 129 |
| Figura 91:Energía cinética España. Fuente: EmodNET .....                                      | 131 |
| Figura 92:Velocidad de corrientes zona noratlántica. Fuente: Elaboración Propia .....         | 132 |
| Figura 93: Velocidad de corrientes zona ESAL. Fuente: Elaboración Propia .....                | 133 |
| Figura 94: Velocidad de corrientes zona LEBA. Fuente: Elaboración Propia.....                 | 134 |
| Figura 95: Velocidad de corrientes zona canaria. Fuente: Elaboración Propia.....              | 134 |
| Figura 96:Precios mercado eléctrico. Fuente: Elaboración Propia.....                          | 143 |
| Figura 97:Fujos de caja zona canaria. Fuente: Elaboración Propia.....                         | 144 |
| Figura 98: Flujos de caja zona noratlántica. Fuente: Elaboración Propia .....                 | 144 |
| Figura 99:VAN zona Canarias. Fuente: Elaboración Propia.....                                  | 144 |
| Figura 100: VAN zona Norátlantica. Fuente: Elaboración Propia.....                            | 145 |
| Figura 101:TIR zona canaria. Fuente: Elaboración Propia .....                                 | 146 |
| Figura 102: TIR zona canaria. Fuente: Elaboración Propia .....                                | 146 |

|   |            |
|---|------------|
| Figura 103:Costes de inversión Undimotriz. Fuente: [52] .....                   | 147        |
| Figura 104: Costes de operación y mantenimiento. Undimotriz. Fuente: [52] ..... | 147        |
| Figura 105: Coste de desmantelamiento. Undimotriz. Fuente: [52].....            | 147        |
| <i>Figura 106:Resultados LCOE undimotriz. Fuente: Elaboración Propia .....</i>  | <i>149</i> |
| Figura 107:Flujos de caja undimotriz. Fuente: Elaboración Propia .....          | 150        |
| Figura 108:Resultados LCOE gradiente salino. Fuente: Elaboración Propia .....   | 153        |
| Figura 109:Distancia SET más cercana NOR-1. Fuente:EmodNET.....                 | 174        |
| Figura 110:Distancia SET más cercana NOR-2. Fuente:EmodNET.....                 | 175        |
| Figura 111: Distancia SET más cercana NOR-3. Fuente:EmodNET.....                | 175        |
| Figura 112: Distancia SET más cercana NOR-4. Fuente:EmodNET.....                | 176        |
| Figura 113: Distancia SET más cercana NOR-5. Fuente: EmodNET.....               | 176        |
| Figura 114: Distancia SET más cercana NOR-6. Fuente: EmodNET.....               | 177        |
| Figura 115: Distancia SET más cercana NOR-7. Fuente: EmodNET.....               | 177        |
| Figura 116: Distancia SET más cercana NOR-8. Fuente: EmodNET.....               | 178        |
| Figura 117: Distancia SET más cercana ESAL-1. Fuente: EmodNET .....             | 179        |
| Figura 118: Distancia SET más cercana ESAL-2. Fuente: EmodNET .....             | 179        |
| Figura 119: Distancia SET más cercana LEBA-1. Fuente: EmodNET.....              | 180        |
| Figura 120: Distancia SET más cercana LEBA-2. Fuente: EmodNET.....              | 180        |
| Figura 121: Distancia SET más cercana LEBA-3. Fuente: EmodNET.....              | 180        |
| Figura 122: Distancia SET más cercana CANFV-1. Fuente: EmodNET.....             | 181        |
| Figura 123: Distancia SET más cercana CANFV-2. Fuente: EmodNET.....             | 181        |
| Figura 124: Distancia SET más cercana CANLANZ-1. Fuente: EmodNET .....          | 182        |
| Figura 125: Distancia SET más cercana CANGC-1. Fuente: EmodNET .....            | 182        |
| Figura 126: Distancia SET más cercana CANTEN-1. Fuente: EmodNET.....            | 183        |
| Figura 127: Distancia SET más cercana CANTEN-2. Fuente: EmodNET.....            | 183        |
| Figura 128:Batimetría NOR-1. Fuente: [20] .....                                 | 184        |
| Figura 129: Batimetría NOR-2 NOR-3 NOR-4. Fuente: [20].....                     | 185        |
| Figura 130: Batimetría NOR-5 NOR-6 NOR-7 NOR-8. Fuente: [20] .....              | 185        |
| Figura 131: Batimetría ESAL-1 ESAL-2.. Fuente: [20] .....                       | 186        |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 132:Batimetría LEBA-1. Fuente: [20] .....  | 186 |
| Figura 133: Batimetría LEBA-2 LEBA-3. Fuente: [20] .....  | 187 |
| Figura 134: Batimetría CANTEN-1 CANTEN-2. Fuente: [20].....                                     | 187 |
| Figura 135: Batimetría CANGC-1. Fuente: [20].....   | 188 |
| Figura 136: Batimetría CANLANZ-1. Fuente: [20].....   | 188 |
| Figura 137: Batimetría CANFV-1 CANFV-2. Fuente: [20] .....                                      | 189 |
| Figura 138:Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-1. Fuente: [36].....                | 190 |
| Figura 139: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-2. Fuente: [36].....               | 191 |
| Figura 140: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-3. Fuente: [36].....               | 191 |
| Figura 141: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-4. Fuente: [36].....               | 191 |
| Figura 142: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-5. Fuente: [36].....               | 192 |
| Figura 143: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-6. Fuente: [36].....               | 192 |
| Figura 144: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-7. Fuente: [36].....               | 193 |
| Figura 145: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-8. Fuente: [36].....               | 193 |
| Figura 146: Altura significativa ola eólica ESAL-1. Fuente: [36] .....                          | 194 |
| Figura 147: Altura significativa ola eólica ESAL-2. Fuente: [36] .....                          | 194 |
| Figura 148: Altura significativa ola eólica LEBA-1. Fuente: [36].....                           | 194 |
| Figura 149: Altura significativa ola eólica LEBA-2. Fuente: [36].....                           | 195 |
| Figura 150: Altura significativa ola eólica LEBA-3. Fuente: [36].....                           | 195 |
| Figura 151: Altura significativa ola eólica CANFV-1. Fuente: [36].....                          | 196 |
| Figura 152: Altura significativa ola eólica CANFV-2. Fuente: [36].....                          | 196 |
| Figura 153: Altura significativa ola eólica CANLANZ-1. Fuente: [36] .....                       | 197 |
| Figura 154: Altura significativa ola eólica CANTEN-1. Fuente: [36].....                         | 197 |
| Figura 155: Altura significativa ola eólica CANTEN-2. Fuente: [36].....                         | 198 |
| Figura 156: Altura significativa ola eólica CANGC-1. Fuente: [36] .....                         | 198 |
| Figura 157:.....  | 199 |
| Figura 158:Datos tecnología undimotriz zona NOR-1, NOR-2,NOR-3. Fuente: Elaboración Propia..... | 200 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 159: Datos tecnología undimotriz zona NOR-4, NOR-5, NOR-6. Fuente: Elaboración Propia ..... | 201 |
| Figura 160: Datos tecnología undimotriz zona NOR-7, NOR-8. Fuente: Elaboración Propia .....        | 202 |
| Figura 161: Datos tecnología undimotriz zona LEBA-1, LEBA-2. Fuente: Elaboración Propia.....       | 203 |
| Figura 162: Datos tecnología undimotriz zona LEBA-3. Fuente: Elaboración Propia.....               | 204 |
| Figura 163: Datos tecnología undimotriz zona ESAL-1, ESAL-2. Fuente: Elaboración Propia.....       | 205 |
| Figura 164: Datos tecnología undimotriz zona CANFV-1, CANFV-2. Fuente: Elaboración Propia.....     | 206 |
| Figura 165: Datos tecnología undimotriz zona CANLANZ-1, CANTEN-1. Fuente: Elaboración Propia ..... | 207 |
| Figura 166: Datos tecnología undimotriz zona CANTEN-2, CANGC-1. Fuente: Elaboración Propia.....    | 208 |
| Figura 167: Salinidad zona noratlántica. Fuente: Elaboración Propia .....                          | 212 |
| Figura 168: Salinidad zona LEBA. Fuente: Elaboración Propia.....                                   | 212 |
| Figura 169: Salinidad zona ESAL. Fuente: Elaboración Propia .....                                  | 213 |
| Figura 170: Salinidad zona canarias. Fuente: Elaboración Propia .....                              | 213 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Mejores emplazamientos técnicos. Fuente: Elaboración Propia .....                           | 9  |
| Tabla 2: Mejores emplazamientos económicos. Fuente: Elaboración Propia .....                         | 9  |
| Tabla 3: Resultados mejores demarcaciones por tecnología. Fuente: Elaboración Propia ...             | 9  |
| Table 4: Improved technical locations. Source: Own elaboration.....                                  | 13 |
| Table 5: Best economic locations. Source: Own elaboration .....                                      | 13 |
| Table 6: Results best demarcations by technology. Source: Own elaboration.....                       | 13 |
| Tabla 7: Resumen Tecnologías Renovables Marinas. Fuente: Elaboración Propia .....                    | 27 |
| Tabla 8: Hitos del PRTP para la eólica marina y energías del mar del 2021-2030. Fuente: [1]<br>..... | 35 |
| Tabla 9: Zonas de alto potencial demarcaciones marinas. Fuente: [2].....                             | 57 |
| Tabla 10: Parámetros ajuste Weibull zona Noratlántica. Fuente: Furow .....                           | 66 |
| Tabla 11: Criterio selección velocidad media viento. Fuente: Elaboración Propia.....                 | 66 |
| Tabla 12: Matriz de decisión con pesos viento zona Noratlántica. Fuente: Elaboración Propia<br>..... | 66 |
| Tabla 13: Matriz decisión zona canaria. Fuente: Elaboración Propia .....                             | 70 |
| Tabla 14: Criterio pesos variabilidad del viento. Fuente: Elaboración Propia.....                    | 79 |
| Tabla 15: Matriz de pesos variabilidad del viento. Fuente: Elaboración Propia.....                   | 79 |
| Tabla 16: SET demarcación Noratlántica. Fuente: [26] [27] .....                                      | 81 |
| Tabla 17: Distancias SET demarcación Noratlántica. Fuente: Elaboración Propia .....                  | 81 |
| Tabla 18: Criterio de pesos Distancia SET. Fuente: Elaboración Propia.....                           | 82 |
| Tabla 19: Resultados Distancias con puntuación Noratlántica. Fuente: Elaboración Propia<br>.....     | 82 |
| Tabla 20: SET demarcación Canarias. Fuente: [29].....  | 83 |
| Tabla 21: Distancias SET demarcación canaria. Fuente: Elaboración Propia .....                       | 83 |
| Tabla 22: Resultados Distancias con puntuación Canaria. Fuente: Elaboración Propia.....              | 83 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 23: SET demarcación LEBA. Fuente: [30] [24].....   | 84  |
| Tabla 24: Distancias SET demarcación LEBA. Fuente: Elaboración Propia.....                               | 84  |
| Tabla 25: Resultados Distancias con puntuación LEBA. Fuente: Elaboración Propia.....                     | 85  |
| Tabla 26: SET demarcación ESAL. Fuente: [31].....  | 85  |
| Tabla 27: Distancias SET demarcación ESAL. Fuente: Elaboración Propia.....                               | 85  |
| Tabla 28: Resultados Distancias con puntuación LEBA. Fuente: Elaboración Propia.....                     | 85  |
| Tabla 29: Criterio de pesos profundidad. Fuente: Elaboración Propia.....                                 | 87  |
| Tabla 30: Valores profundidad zona Noratlántica. Fuente: Elaboración Propia.....                         | 87  |
| Tabla 31: Valores profundidad zona canaria. Fuente: Elaboración Propia.....                              | 88  |
| Tabla 32: Valores profundidad zona LEBA. Fuente: Elaboración Propia.....                                 | 88  |
| Tabla 33: Valores profundidad zona ESAL. Fuente: Elaboración Propia.....                                 | 89  |
| Tabla 34: Resultados coexistencia actividades noratlántica. Fuente: Elaboración Propia...                | 94  |
| Tabla 35: Resultados coexistencia actividades LEBA. Fuente: Elaboración Propia.....                      | 96  |
| Tabla 36: Resultados coexistencia actividades ESAL. Fuente: Elaboración Propia.....                      | 99  |
| Tabla 37: Resultados coexistencia actividades canarias. Fuente: Elaboración Propia.....                  | 101 |
| Tabla 38: Criterio rangos coexistencia actividades. Fuente: Elaboración Propia.....                      | 102 |
| Tabla 39: Resultados finales factor coexistencia actividades. Fuente: Elaboración Propia.....            | 102 |
| Tabla 40: Conexión red noratlántica. Fuente: [33].....   | 104 |
| Tabla 41: Conexión red ESAL. Fuente: [34].....   | 105 |
| Tabla 42: Conexión red LEBA. Fuente: [34].....   | 105 |
| Tabla 43: Conexión red canarias. Fuente: [34].....   | 106 |
| Tabla 44: Criterio pesos conexión eléctrica. Fuente: Elaboración Propia.....                             | 107 |
| Tabla 45: Resultados con puntuaciones conexión a la red eléctrica. Fuente: Elaboración Propia.....       | 108 |
| Tabla 46: Resultados para las subestaciones de estudio. Fuente: Elaboración Propia.....                  | 108 |
| Tabla 47: Criterio puntuación subestación offshore. Fuente: Elaboración Propia.....                      | 109 |
| Tabla 48: Resultados valoración instalación de una subestación offshore. Fuente: Elaboración Propia..... | 109 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 49: Criterio oleaje. Fuente: Elaboración Propia .....                                 | 111 |
| Tabla 50: Resultados oleaje. Fuente: Elaboración Propia .....                               | 111 |
| Tabla 51: Orden importancia parámetros eólica. Fuente: Elaboración Propia.....              | 112 |
| Tabla 52: Resultado final eólica. Fuente: Elaboración Propia .....                          | 114 |
| Tabla 53: Resultados Potencia corrientes. Fuente: Elaboración Propia .....                  | 135 |
| Tabla 54: Costes de inversión eólica marina. Fuente: [48] .....                             | 138 |
| Tabla 55: Costes de operación y mantenimiento eólica marina. Fuente: [48] .....             | 138 |
| Tabla 56: Coste de desmantelamiento eólica marina. Fuente [48].....                         | 138 |
| Tabla 57: Curva de potencia aerogenerador SG 8MW-167DD. Fuente: Elaboración Propia .....    | 140 |
| Tabla 58: Potencias producidas eólica marina. Fuente: Elaboración Propia.....               | 140 |
| Tabla 59: LCOE eólica marina. Fuente: Elaboración Propia .....                              | 141 |
| Tabla 60: Valores VAN undimotriz. Fuente: Elaboración Propia.....                           | 151 |
| Tabla 61: Costes de inversión gradiente salino. Fuente: [38].....                           | 152 |
| Tabla 62: Costes de operación y mantenimiento gradiente salino. Fuente: [38].....           | 152 |
| Tabla 63: Costes de inversión. Fuente: [47] .....   | 155 |
| Tabla 64: Costes de operación y mantenimiento. Fuente: [47] .....                           | 155 |
| Tabla 65: LCOE corrientes. Fuente: Elaboración Propia .....                                 | 157 |
| Tabla 66: Flujos de caja ESAL-1. Fuente: Elaboración Propia.....                            | 158 |
| Tabla 67: Valor VAN ESAL-1. Fuente: Elaboración Propia .....                                | 159 |
| Tabla 68: Resultados técnicos. Fuente: Elaboración Propia.....                              | 160 |
| Tabla 69: LCOE tecnologías. Fuente: Elaboración Propia.....                                 | 161 |
| Tabla 70: Resultados mejores demarcaciones por tecnología. Fuente: Elaboración Propia ..... | 161 |
| Tabla 71: Valores velocidad corriente zona noratlántica. Fuente: Elaboración Propia.....    | 209 |
| Tabla 72: Valores velocidad corriente zona LEBA. Fuente: Elaboración Propia .....           | 210 |
| Tabla 73: Valores velocidad corriente zona ESAL. Fuente: Elaboración Propia .....           | 211 |
| Tabla 74: Valores velocidad corriente zona canarias. Fuente: Elaboración Propia .....       | 211 |

## *Índice de ecuaciones*

|   |     |
|---|-----|
| Ecuación 1: Potencia eólica extraída .....                        | 58  |
| Ecuación 2: Distribución probabilidad Weibull. Fuente: [21] ..... | 59  |
| Ecuación 3: Función de distribución Acumulada. Fuente: [21] ..... | 59  |
| Ecuación 4:Potencia extraída Undimotriz. ....                     | 116 |
| Ecuación 5:Presión osmótica.....                                  | 126 |
| Ecuación 6:Incremento presión osmótica.....                       | 127 |
| Ecuación 7:Potencia generada salinidad .....                      | 129 |
| Ecuación 8:Potencia corrientes marinas .....                      | 134 |
| Ecuación 9: Energía anual producida .....                         | 140 |
| Ecuación 10:LCOE eólica .....                                     | 141 |
| Ecuación 11: VAN eólica.....                                      | 142 |
| Ecuación 12:LCOE undimotriz .....                                 | 148 |
| Ecuación 13: Energía producida anual undimotriz.....              | 148 |
| Ecuación 14:VAN undimotriz .....                                  | 151 |
| Ecuación 15:Energía producida anual gradiente salino.....         | 153 |
| Ecuación 16:LCOE gradiente salino .....                           | 153 |
| Ecuación 17: LCOE corrientes .....                                | 155 |
| Ecuación 18:Energía producida corrientes .....                    | 156 |
| Ecuación 19:VAN corrientes.....                                   | 159 |

## **Capítulo 1. INTRODUCCIÓN**

Este trabajo tiene como objetivo y finalidad determinar el potencial de las tecnologías de energía renovables marinas, también conocidas como energía azul, viables en nuestro país, llevando a cabo un estudio técnico y económico de ellas que permita realizar un análisis que identifique cuál es la tecnología renovable marina y cuál es la mejor zona geográfica en España para su implantación.

Las energías marinas, se consideran todas ellas energías no contaminantes, inagotables y limpias y por ello el aprovechamiento de estos recursos marinos se encuentran en una etapa de crecimiento e innovación.

La energía eólica marina es la tecnología más avanzada de las energías azules en Europa, con una potencia instalada de 12 GW.

En España contamos con proyectos de energía eólica marina con 50 MW de potencia en fase de instalación y de energía undimotriz con 296 kW de potencia instalada. [1]

Se espera que estas tecnologías se desarrollen significativamente en los años venideros, con el fin de cumplir con el plan nacional integrado de energía y clima y su descarbonización en 2030 o de alcanzar un 80% de energía renovable en generación eléctrica y consolidar un 100% renovable para 2050.

La aprobación de los POEM (Planes de Ordenación del Espacio Marítimo) que se utilizan para regular los océanos y mares va a facilitar que en los próximos años se puedan implantar estas tecnologías en nuestras zonas costeras españolas. Estos planes aseguran que la regulación de los usos y actividades en los océanos no afecte el medio ambiente y delimiten. Se han establecido y distinguido cinco demarcaciones marinas españolas: la Noratlántica, la Levantino-Balear, la Canaria, la Sudatlántica y el Estrecho y Alborán en donde se pueden llevar a cabo los proyectos de forma sostenible.

---

Análisis del potencial de las energías renovables marinas en España

## ***1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO***

La motivación detrás de este Trabajo fin de Máster surge de la necesidad de reconocer el valor de la energía azul, la cual desempeña y desempeñará un papel crucial en el proceso de descarbonización para 2030. Se espera que la energía eólica marina suministre un 14% de la demanda eléctrica de la Unión Europea en un futuro cercano.

Los océanos y mares representan el 70% de la superficie total del planeta y constituyen la mayor reserva de energía renovable, limpia e inagotable a nivel mundial. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), se estima un potencial de producción eléctrica anual de 120.000 TWh/año, aunque en la actualidad su explotación está poco desarrollada. [2]

La tecnología de la energía eólica marina destaca por su previsibilidad y estabilidad en la generación de energía. España lidera la investigación y desarrollo en proyectos de eólica flotante y otras energías marinas en Europa, con un destacado número de patentes a nivel mundial.

El avance tecnológico y la madurez de la industria han contribuido a reducir el coste total de instalación en un 32% entre 2010 y 2020, así como el coste normalizado de la energía (LCOE) en un 48% durante el mismo período. [3]

## **Capítulo 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN**

### ***2.1 CONTEXTUALIZACIÓN ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA***

La transición energética a través de las energías renovables es adecuada, ya que es uno de los países con mayores recursos eólicos y el país de Europa con una mayor cantidad de horas solares, lo cual posibilita la producción de la electricidad de la manera más económica posible en la actualidad.

Estas tecnologías son fuentes de energía limpia, inagotable y no contaminantes. Destacan por su contribución a la reducción de gases de efecto invernadero, ayudar a combatir el cambio climático y creación de empleo.

En España a lo largo de los últimos años se ha dado un gran crecimiento de las energías renovables como alternativa a los combustibles fósiles. En el año 2007 España contaba en el mix energético con tan sólo un 20% de generación renovable frente a un 80% de generación no renovable.

EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN RENOVABLE Y NO RENOVABLE (%) | SISTEMA ELÉCTRICO: Nacional

Del 2007 al 2011

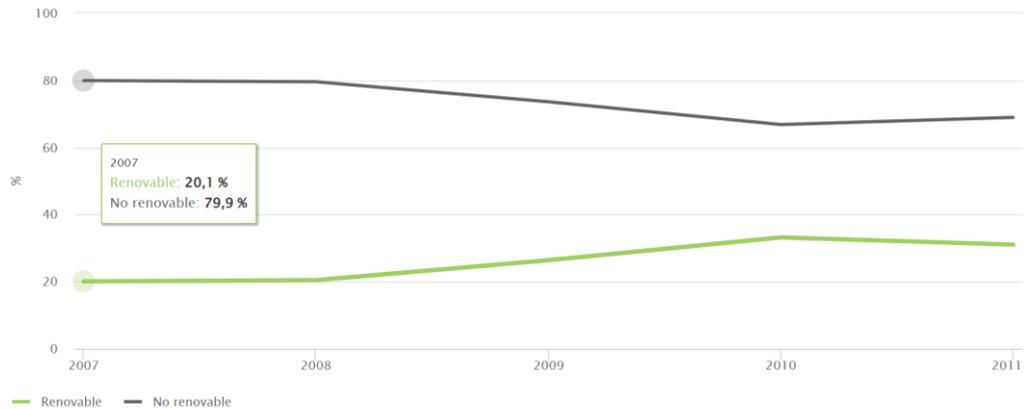


Figura 3: Evolución generación renovable y no renovable del 2007-2011 en España. Fuente: [4]

Como se muestra en la Figura 4, en el año 2019, 12 años después, hay un 38% de generación renovable en España. En el año 2023, las renovables superan ya la generación no renovable con un 50,3% frente a un 49,7%

EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN RENOVABLE Y NO RENOVABLE (%) | SISTEMA ELÉCTRICO: Nacional

Del 2019 al 2023

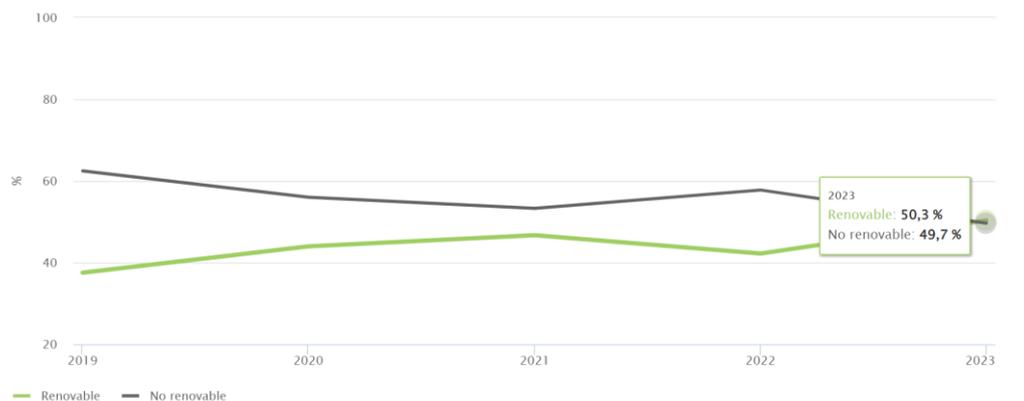


Figura 4: Evolución generación renovable y no renovable del 2019-2023 en España. Fuente:

[4]

Dentro de las tecnologías renovables instaladas en España la eólica es la tecnología con mayor generación eléctrica en el mercado español. En los últimos dos años como se observa en la Figura 5 la solar fotovoltaica ha superado a la hidráulica ocupando el segundo lugar dentro de las energías renovables. En el año 2023 se ha registrado una generación de renovables de aproximadamente 135 GWh.

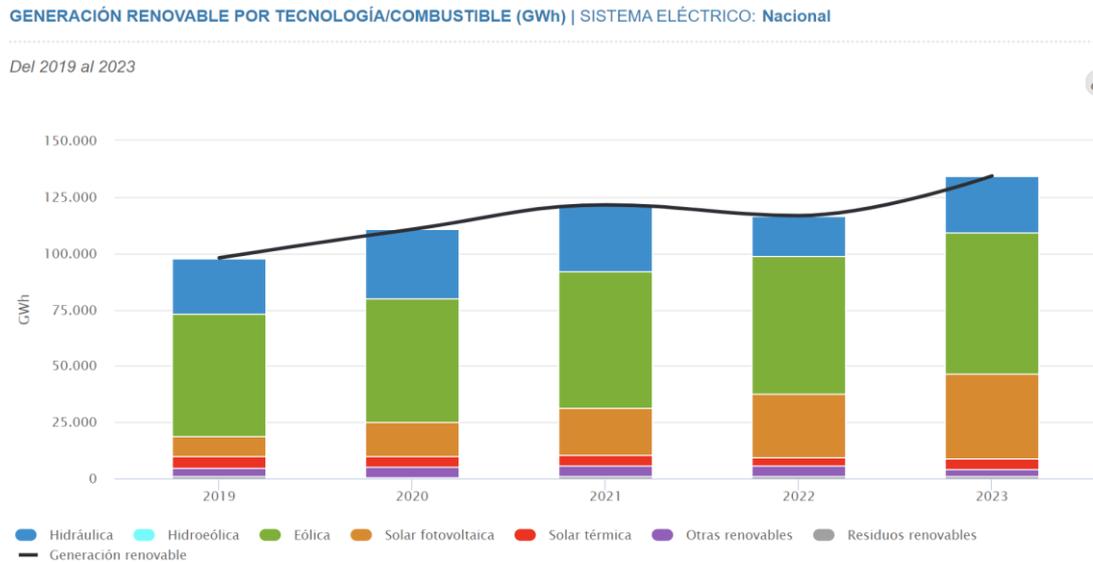


Figura 5: Generación renovable por tecnología en GWh. Fuente: [4]

Actualmente, queda patente que las energías renovables en España están en alza teniendo en cuenta los registros de la Red Eléctrica de España, así mientras que en el año 2015 la potencia instalada renovable era 45,5%, el año 2023 se sitúa en el 61,2%, tal y como se aprecia en la Figura 6. Igualmente, en esa figura 4 se apreciaba tendencia negativa de las no renovables desde un 54,6% en el año 2015 hasta un 38,8% en el año 2023. [4]

EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA RENOVABLE Y NO RENOVABLE (%) | SISTEMA ELÉCTRICO: Nacional

Del 2019 al 2023

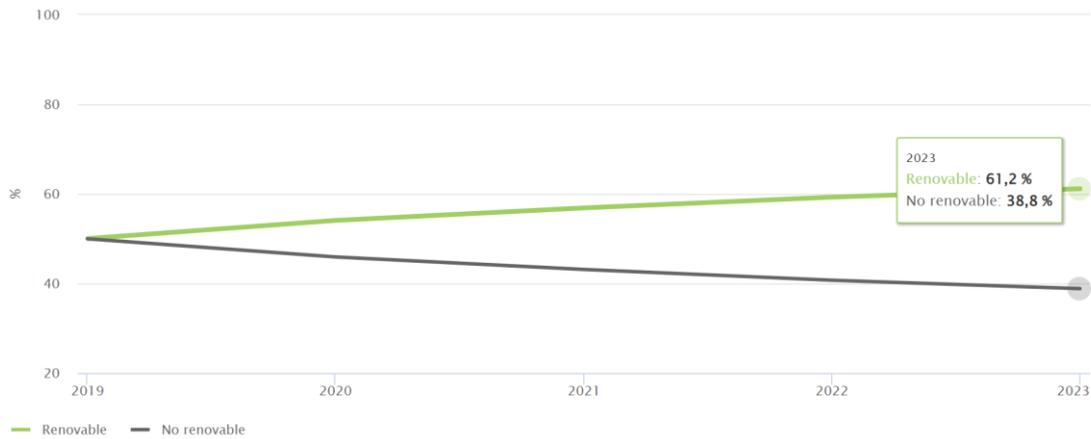


Figura 6: Evolución de la potencia instalada renovable y no renovable [4]

### 2.1.1 RENOVABLES MARINAS EN ESPAÑA

Para alcanzar una reducción de al menos el 90% en las emisiones de gases de efecto invernadero, las energías renovables marinas se integran en el desafío de descarbonización en España, consideradas como una alternativa complementaria a las energías renovables terrestres. [5]

En la actualidad, aunque la energía eólica marina es la más desarrollada de las energías renovables marinas, también, presenta un gran potencial en el sistema energético español, con un enfoque en la ampliación de su alcance y la expansión de la tecnología eólica flotante para aprovechar áreas marinas ubicadas a más de 50 metros de la costa, e incluso de una profundidad de hasta 1000 metros.

El resto de las energías del mar se encuentran en una etapa más incipiente de desarrollo. Existe un interés en particular debido a las buenas condiciones marítimas de España para el desarrollo de tecnologías como la energía undimotriz (de las olas) y la energía de las corrientes marinas.

Además, la energía solar fotovoltaica flotante ha comenzado a emerger en España, con varios proyectos en desarrollo sobre embalses.

Los cuatro grandes objetivos con vistas al año 2030 desarrollados en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima son los siguientes: [6]

1. Convertir a España en un centro destacado en Europa para la investigación y desarrollo de tecnologías de energía marina, mejorando las instalaciones de pruebas actuales y ofreciendo un entorno favorable y eficiente para la evaluación de nuevos prototipos. Dentro del marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), se destinarán un mínimo de 200 millones de euros de fondos públicos para esto durante los años 2021 y 2023. [6]
2. Convertirse en un referente a nivel mundial en competencias y aptitudes industriales, generando empleo y valor añadido en todas las etapas de desarrollo de tecnologías, mejorando las condiciones logísticas cruciales por el tamaño de los aerogeneradores y respaldando proyectos empresariales, manteniendo un enfoque de economía circular. La importancia de colaborar con sectores clave en nuestro país, como la industria naval, siderúrgica y energía eólica terrestre, es destacable. [6]
3. La sostenibilidad es esencial en el desarrollo de las energías renovables en el mar. Además de su ejecución planificada a través de los Planes de Ordenación del Espacio Marítimo, ahora accesibles al público, se utilizarán estas tecnologías para integrar sistemas de monitoreo del medio marino, lo que favorecerá su conservación y ampliará la comprensión de las interacciones y efectos de las distintas actividades. [6]
4. Organizar las energías renovables, sobre todo las eólicas, con una normativa clara y anticipada en tres aspectos fundamentales: distribución espacial, conexión a la red y estructura empresarial. Estos puntos son crucialmente significativos por la localización de las instalaciones en áreas de acceso público, el alto coste inicial que necesitan y su gran producción de energía eléctrica. Así que, para elegir los proyectos más apropiados

en cada caso, el proceso de selección de nuevos proyectos puede implicar fases de evaluación previa y un sistema de competencia. [6]

El Real Decreto 150/2023 define cinco Demarcaciones Marinas, cada una con su estrategia específica y un ciclo de actualización de seis años, en lo que respecta a los límites del espacio del medio marino. [7]



Figura 7. Demarcaciones Marinas. Fuente: [17]

### ***2.1.1.1 Energía Eólica Marina***

Como mencionamos anteriormente, actualmente, la energía eólica marina, es la más predominante de las energías azules, y es una tecnología clave en la UE. Pero apenas se ha desarrollado en España, por la elevada profundidad de las aguas territoriales para proyectos con cimentación fija –inviable a partir de 50 metros de profundidad–, la solución tecnológica consolidada hasta el momento. [8]

España es una potencia en soluciones flotantes para los parques eólicos marinos. A escala global, hay 27 iniciativas identificadas, de las cuales siete son españolas. Además, es el país europeo con más instalaciones de I+D para eólica flotante y las energías del mar como son la Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN) y la Plataforma de Energía Marina de Vizcaya

(BiMEP) o la Zona experimental de aprovechamiento de energías marinas de Punta Langosteira (La Coruña), que es el segundo banco de pruebas del mundo para la energía de las olas. [6]

En diciembre de 2021, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) lanzó la Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España, con 23 acciones para posicionar a España como líder europeo en tecnología y I+D, fortaleciendo la cadena de valor de la industria nacional. En este documento también se asegura una disposición organizada de las instalaciones en las aguas cercanas a la costa que proteja el medio ambiente marino y sea compatible con diferentes usos y actividades. [6]

En la actualidad, España cuenta con un parque eólico marino desarrollado por la empresa Greenalia, ubicado en la costa de Gran Canaria. Este parque consta de 4 turbinas de 12,5 MW cada una, con una altura de buje de 140 m y un diámetro de rotor de 220 m. [9]

Desde una perspectiva económica, la abundancia de recursos eólicos en ubicaciones cercanas a la costa, junto con el aumento del tamaño de las turbinas y los parques eólicos, permitirán una reducción en los costos de generación (LCOE). Se espera que para 2025 los costos disminuyan a un rango de 80-100 €/MWh y que en 2030 se sitúen entre 40-60 €/MWh, según IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía). [6]

### ***2.1.1.2 Energía solar fotovoltaica flotante***

La energía solar fotovoltaica flotante está experimentando un crecimiento significativo a nivel mundial, con una capacidad instalada acumulada superior a los 2 GW en la actualidad, siendo China el país líder con el 70% del total. [1]

En España, varias plantas de energía solar fotovoltaica flotante están operativas, destacando la planta en el embalse de Sierra Brava (Cáceres). Esta planta cuenta con 3000 paneles solares y una capacidad pico de 1,125 MW, utilizando cinco tipos de tecnologías de paneles solares con diferentes configuraciones según la inclinación, orientación y ubicación. [10]

Para el año 2030, se espera que la tecnología de energía solar fotovoltaica flotante (FVF) contribuya con una capacidad instalada de 40-60 MW para las Energías del Mar.

Al no existir más de un par de plantas piloto en todo el mundo en océanos y mares, ha sido esta tecnología excluida del estudio. En la actualidad, en nuestro país se está optando por esta tecnología en embalses y ríos.

### ***2.1.1.3 Otras Tecnologías De Energías Marinas***

El aprovechamiento de los recursos energéticos del mar abarca diversas tecnologías más allá de la eólica y la fotovoltaica, siendo a nivel mundial, la tecnología de amplitud de mareas es la más extendida con una capacidad instalada de 485 MW. Sin embargo, en España esta tecnología no se encuentra disponible debido a que ninguna de las 5 demarcaciones presenta una diferencia de marea superior a 5 metros entre marea alta y baja, requisito necesario para esta tecnología.

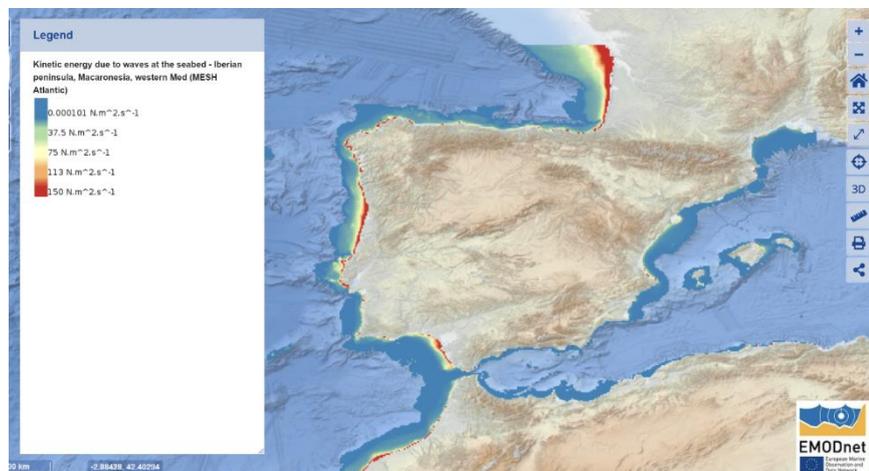


Figura 8: Energía cinética del viento. Fuente: [62]

Otra tecnología de las Energías del Mar, la energía undimotriz o de las olas está emergiendo en España como la fuente con mayor potencial. Las regiones de Galicia y el área del mar Cantábrico destacan por sus valores más elevados de potencia. [11]

La planta pionera en energía undimotriz en Europa, establecida desde 2011 está ubicada en Matriku (País Vasco), es la más antigua y la primera en comercializarse. En la actualidad, cuenta con 16 turbinas de aire comprimido con una capacidad total de generación de 296 kW.

El resto de las tecnologías de energía marina aún no tienen presencia en España. La energía de las corrientes presenta un potencial significativo en el Estrecho de Gibraltar y en Galicia, donde la energía cinética de las olas es más pronunciada que en otras áreas costeras españolas. Este enfoque implica el uso de sistemas sumergidos en el mar, como las turbinas.

La energía de gradiente térmico aprovecha la disparidad de temperaturas entre la superficie y el fondo marino. Sin embargo, su desarrollo en las costas españolas no es viable porque no se encuentra una diferencia de al menos 20°C necesaria para generar energía eléctrica mediante un ciclo termodinámico.

Finalmente, la energía de gradiente salino está en una etapa experimental y presenta el menor potencial de todas las tecnologías, con una producción mundial estimada de tan solo 0.05 MW. En la actualidad, solo existe una instalación operativa desde 2021 en Países Bajos, generando entre 80 y 100 kW. [1]

Se muestra como resumen el estado de cada tecnología según la fase de proyectos en la que se encuentra.

| Tecnologías   | Proyectos con instalación   | Proyectos de i+D+I                        |
|---------------|---|---|
| Eólica Marina | Sí<br><br>(Parque eólico marino en la costa de Gran Canaria desarrollado por Greenalia) | Sí<br><br>(Actualmente hay investigación) |

Análisis del potencial de las energías renovables marinas en España

|                                  |  |   |
|----------------------------------|--|---|
| <b>Undimotriz</b>                | Sí<br><br>(Planta undimotriz en Matriku (País Vasco))                          | Sí<br><br>(Actualmente hay investigación) |
| <b>Gradiente salino</b>          | No hay ningún proyecto actualmente instalado                                   | Sí<br><br>(Actualmente hay investigación) |
| <b>Solar fotovoltaica</b>        | Sí<br><br>Planta fotovoltaica flotante en el embalse de Sierra Brava (Cáceres) | Sí<br><br>(Actualmente hay investigación) |
| <b>Amplitud de marea</b>         | No hay ningún proyecto actualmente instalado                                   | No  |
| <b>Energía de las Corrientes</b> | No hay ningún proyecto actualmente instalado                                   | Sí<br><br>(Actualmente hay investigación) |
| <b>Gradiente Térmico</b>         | No hay ningún proyecto actualmente instalado                                   | No  |

Tabla 7: Resumen Tecnologías Renovables Marinas. Fuente: Elaboración Propia

## **2.2 RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)**

La energía eólica marina y resto de energías del mar se alinean con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como son:

*ODS 7: La energía asequible y no contaminante.* Garantizan un acceso asequible y no contaminante a la energía, promoviendo así una fuente energética segura, moderna y sostenible. En España, el desarrollo de las energías marinas emergentes se alinea bien con este objetivo contribuyendo a la reducción del precio de la energía en nuestro país y a la reducción de impacto medioambiental de la generación eléctrica.

*ODS 9: Industria, Innovación e infraestructura.* Buscan desarrollar tecnologías e infraestructuras innovadoras para aprovechar el potencial energético del mar, lo que se alinea con el fomento de la industria, la innovación y la infraestructura.

*ODS 13: Acción por el clima.* Contribuyen a la lucha contra el cambio climático y la reducción de la contaminación al ofrecer una alternativa limpia a los combustibles fósiles, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero y produciendo energía de manera más sostenible.

*ODS 14: Vida submarina.* Promueven la conservación de los océanos y la vida marina al aprovechar los recursos marinos de manera responsable y minimizando el impacto en los ecosistemas submarinos. El objetivo principal de estas energías marinas es utilizar los recursos marinos de forma sostenible para generar energía limpia y respetuosa con el medio ambiente.

## Capítulo 3. LEGISLACIÓN RENOVABLES MARINAS EN ESPAÑA

En este capítulo, se llevará a cabo un análisis minucioso de la evolución legislativa tanto de la energía eólica marina como de otras formas de energía del mar, a través una línea temporal que abordará los Reales Decretos y otros documentos relevantes que han impulsado el desarrollo normativo en el ámbito nacional. Este estudio permitirá comprender cómo ha evolucionado el marco regulatorio en España en relación con estas energías renovables emergentes, identificando hitos legislativos clave y analizando su impacto en la industria y en la política energética del país.

A continuación, se presenta la línea temporal con los hitos más relevantes hasta la actualidad.



Figura 9: Línea temporal legislación energías del mar. Fuente: Elaboración Propia

### **3.1 RD 1028/2007**

Este primer Real Decreto inicia los procedimientos administrativos para tramitar las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar. Su objetivo es controlar los procesos y definir las condiciones y requisitos necesarios para adquirir los permisos y concesiones administrativas necesarios para la construcción y ampliación de instalaciones de generación eléctrica en aguas territoriales.

Para tecnologías no eólicas de carácter renovable se establece un procedimiento simplificado, por tratarse en su mayor parte de instalaciones de tamaño reducido y carácter experimental. [12]

En relación con el principal asunto de este decreto real, se define el área eólica marina como una extensión de superficie limitada por coordenadas de latitud y longitud. Las zonas designadas para la ubicación de parques eólicos marinos deben estar delimitadas por la agrupación de cuadriláteros de diez segundos de longitud y latitud, que sean múltiplos de diez y coincidan con grados y minutos completos. [12]

Las plantas eólicas marinas en el mar territorial deben tener una capacidad instalada mínima superior a los 50MW. La descripción implicará calcular la cantidad máxima de energía que podría ser transmitida por las redes eléctricas y evaluar los efectos potenciales de un proyecto de energía eólica en el entorno. Esto significa analizar impactos como la pesca, la flora y fauna, las aves, la navegación por mar y aire, el turismo, el patrimonio histórico y arqueológico, el paisaje, la geomorfología y las comunidades biológicas del fondo marino, las playas, la dinámica costera, la protección del medio ambiente, la explotación de recursos minerales, la defensa y seguridad, los cables y tuberías submarinas, así como otros aspectos importantes. [12]

**RD 1028/2007: Procedimiento Ordinario Potencia > 50 MW**

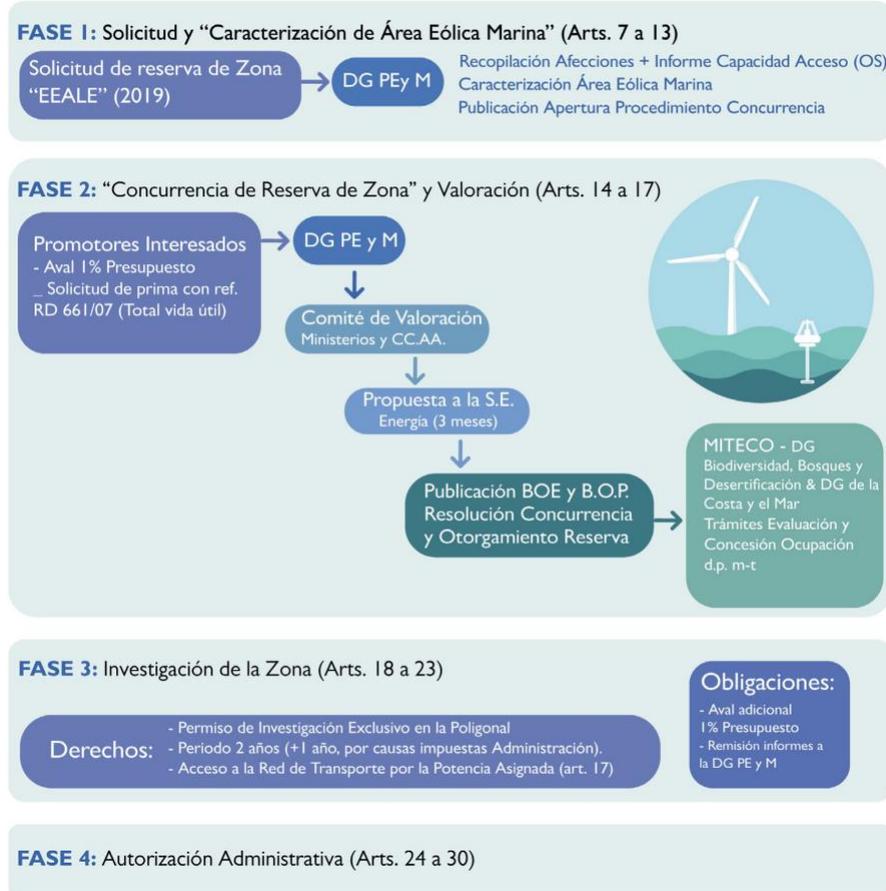


Figura 10: Esquema del Procedimiento vigente para la tramitación de las instalaciones de Eólica Marina. Fuente: [1]

### 3.2 RD 363/2017

El decreto del 11 de abril de 2017 crea un marco para la gestión del espacio marítimo con el fin de fomentar el desarrollo sostenible de las economías marítimas, así como el uso sostenible de los recursos y el desarrollo de los espacios marítimos.

El aspecto más importante de este real decreto es la ordenación por primera vez del espacio marítimo con el fin de contribuir a los objetivos [13]:

- Se tendrán en cuenta aspectos económicos, sociales y ambientales para impulsar el crecimiento sostenible en los sectores marítimos, a través de un enfoque ecosistémico que promueva la convivencia de actividades y un acceso equitativo a los recursos.
- Promover el crecimiento sostenible de las actividades marítimas como la pesca, acuicultura, turismo, patrimonio histórico, transporte marítimo y energía y recursos marinos, manteniendo el enfoque en la conservación ambiental y la adaptación al cambio climático.
- Establecer objetivos concretos de gestión para cada demarcación marina, teniendo en cuenta los objetivos ambientales de las estrategias marinas y la planificación sectorial.

Se elaboran cinco Planes de Ordenación del Espacio marítimo una por demarcación (subdivisión de las regiones marinas en España). Para cada una de ellas se tendrá en cuenta las actividades y usos existentes, las especies y espacios protegidos y los recursos.

### ***3.3 PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA (PNIEC)***

El plan nacional integrado de energía y clima, establecido el 20 de enero de 2020, busca cumplir con los objetivos de la UE para 2030: reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 40%, incrementar el uso de energías renovables en un 32%, mejorar la eficiencia energética en un 32.5% y lograr una interconexión eléctrica del 15% entre los Estados miembros.

Ante la crisis climática, España ha centrado su atención en la acción política en su Plan, prometiendo salvaguardar el interés general y cuidar a los sectores más desprotegidos. El compromiso se ve reflejado en el PNIEC 2021-2030, que trata cinco aspectos clave de la Unión de la Energía: descarbonización, eficiencia energética, seguridad energética, mercado interior de la energía e investigación e innovación.

---

Análisis del potencial de las energías renovables marinas en España

El PNIEC se estructura en dos partes principales: una describe los objetivos, políticas y medidas necesarias para alcanzar los objetivos, y la otra proporciona análisis prospectivo y proyecciones. El plan se centra en la eficiencia energética como principio fundamental, con el objetivo de alcanzar una mejora del 39,5% para 2030, lo que beneficiará a la economía española en general. [14]

La implementación del PNIEC cambiará el sistema energético de España para ser más autónomo y seguro, disminuyendo la dependencia de combustibles fósiles y aumentando la proporción de energías renovables en el mix energético. Igualmente, se anticipa que creará posibilidades de inversión y trabajo, en particular mediante el fomento de energías renovables y la generación distribuida.

Se mejorará la coordinación entre las administraciones públicas a través de un Sistema Nacional de Políticas, Medidas y Proyecciones en Energía y Clima para asegurar el seguimiento del PNIEC. Este sistema facilitará el cumplimiento de las obligaciones de información ante la Unión Europea y las Naciones Unidas, permitiendo evaluar el progreso y la efectividad de las políticas y medidas implementadas. [14]

### **3.4 RD 12/2021**

En el real decreto de junio de 2021 se aprueban los planes de ordenación del espacio marítimo y se desarrollarán los futuros Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM) de las cinco demarcaciones marinas españolas existentes [15]. Estos planes seguirán las directrices marcadas en el RD 363/2017.

Dado el procedimiento en marcha para planificar el espacio marítimo y crear la futura Hoja de Ruta para impulsar la Energía Eólica Marina y las Energías del Mar en España, es preciso detener la aceptación de nuevas solicitudes de autorización administrativa y reserva de zona en aguas españolas según lo establecido en el Real Decreto 1028/2007. Se mantendrá esta suspensión hasta que se cree un nuevo marco que adapte el proceso actual a la ordenación del

espacio marítimo derivada de la tramitación de los Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM) y a lo establecido en la Hoja de Ruta en desarrollo.

### **3.5 HOJA DE RUTA EÓLICA MARINA Y ENERGÍAS DEL MAR**

La Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España se alinea con la Estrategia de la UE sobre las Energías Renovables Marinas y ha sido elaborada a partir de las contribuciones de diversos actores económicos, administrativos y ciudadanos. Esta hoja de ruta establece cuatro objetivos principales para España: 1. Ser un referente en Europa en el desarrollo tecnológico y la innovación ambiental relacionados con las energías renovables en el medio marino; 2. Destacar a nivel internacional en capacidades industriales y en toda la cadena de valor del sector; 3. Impulsar un desarrollo de las energías renovables marinas que sea compatible y sostenible desde una perspectiva ambiental y social; 4. Establecer un marco estatal apropiado para el despliegue ordenado de las energías renovables marinas. Esta implementación es crucial para la estrategia de reducción de emisiones de la economía española y también enfrenta desafíos como la recuperación económica post COVID-19, la transición justa, el reto demográfico y la economía circular. [1]

En abril de 2021, el Consejo de ministros aprobó el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la Economía Española, fundamental para gestionar los 140.000 millones de euros de los fondos europeos de recuperación Next Generation EU hasta 2026. Este plan busca abordar los efectos económicos de la pandemia del COVID-19, destacando áreas como la transición ecológica, la digitalización, la cohesión social y la igualdad de género. En este marco, el Componente 7 tiene como objetivo aumentar la utilización de energías renovables, centrándose en el desarrollo de la energía eólica y otras fuentes marinas, a través de la creación de regulaciones claras, el apoyo a la industria local y la promoción de la investigación y la innovación. [1]

En esta hoja de ruta se muestra todo el recorrido para la puesta en marcha de un proyecto de eólica marina o de una energía marina como se muestra en la Figura 10.

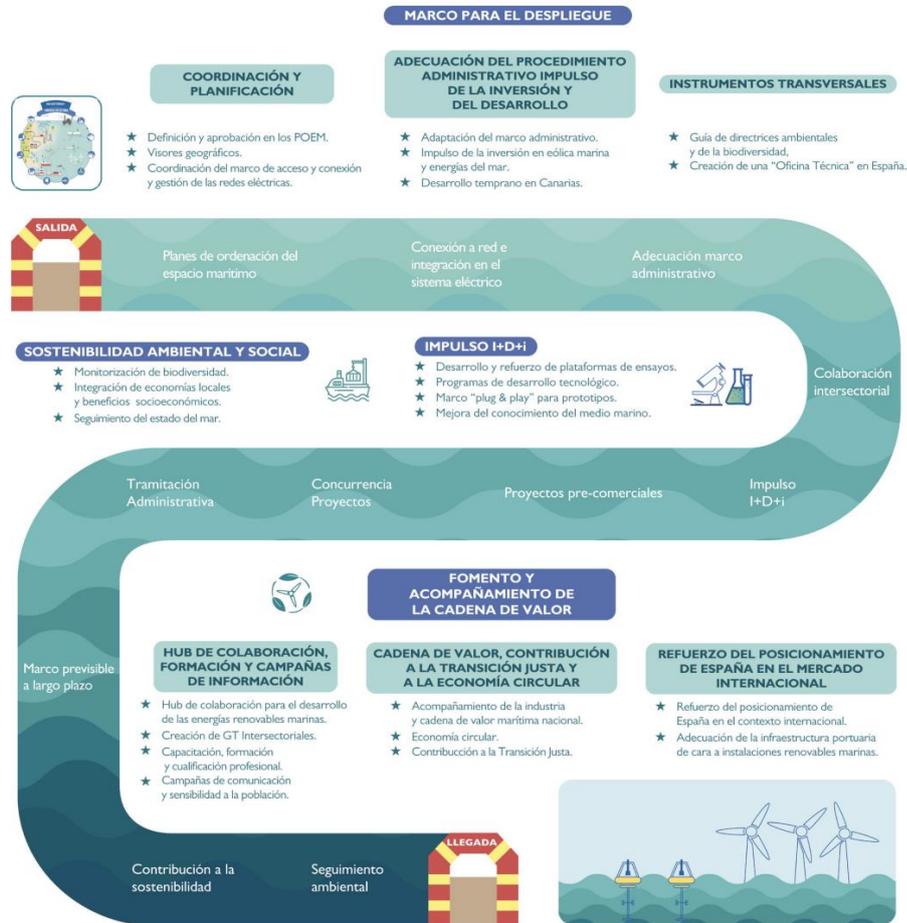


Figura 11: Itinerario para el desarrollo de la Eólica Marina y Energías del Mar en España.2021-2030. Fuente: [1]

En el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), España ha adquirido compromisos con la Unión Europea para lograr ciertos objetivos vinculados al avance

de la energía eólica marina y otras formas de energía marina en el periodo comprendido entre 2021 y 2023.

| Número | Medida | Hito | Nombre  | Cronograma |      | Descripción de cada Hito y Objetivo   |
|--------|--------|------|---|------------|------|---|
|        |        |      |   | Trimestre  | Año  |   |
| 112    | C7.R4  | Hito | Hoja de Ruta de la energía eólica marina y otras energías del mar.  | T4         | 2021 | Publicación de la Hoja de Ruta de la Energía eólica marina y otras energías del mar.  |
| 113    | C7.R4  | Hito | Entrada en vigor de las medidas reglamentarias identificadas en la Hoja de Ruta de la energía eólica marina y otras energías del mar. | T2         | 2023 | Entrada en vigor de las principales medidas reglamentarias identificadas en la Hoja de Ruta de la energía eólica marina y otras energías del mar, para promover la investigación y la innovación, así como apoyar el despliegue de tecnologías flotantes.<br>Medidas clave:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>La aprobación definitiva de los planes de ordenación del espacio marítimo,</li> <li>La mejora de la coordinación de la planificación de la red y de la estrategia marina y la actualización del marco reglamentario.</li> </ul>   |
| 116    | C7.I1  | Hito | Nuevos proyectos, tecnologías o instalaciones de infraestructuras de energías renovables marinas.                                     | T3         | 2023 | Al menos seis avances adjudicados que fomenten nuevos proyectos, tecnologías o instalaciones de infraestructuras de energías renovables marinas. Los seis avances deben contribuir a la ejecución de proyectos de energías renovables marinas en España.<br>Los avances podrán incluir a PyMes con actividades de energías renovables marinas que reciban subvenciones, préstamos o inversiones en capital, participen en la contratación pública precomercial, así como subvenciones concedidas directamente a proyectos marinos de energías renovables o a un prototipo de una nueva tecnología de producción o un despliegue de energías renovables marinas. |

Tabla 8:Hitos del PRTP para la eólica marina y energías del mar del 2021-2030 Fuente: [11]

### 3.6 RD 29/2021

El objetivo del Real Decreto del 10 de diciembre de 2021 es acelerar el progreso en el fortalecimiento de las capacidades de investigación y desarrollo de tecnologías marinas en línea con la Hoja de Ruta para el desarrollo de la energía eólica marina y de las energías marinas en España.

Para permitir la instalación de prototipos experimentales de I+D+i, es necesario hacer ajustes en el Real Decreto-Ley 12/2021.

### **3.7 RD 150/2023**

En el Real Decreto del 28 de febrero de 2023 se aprueban definitivamente los planes de ordenación del espacio marítimo de las cinco demarcaciones marinas españolas.

El objetivo de estos planes es garantizar la sostenibilidad de las actividades humanas en el mar, promover el desarrollo de los sectores marítimos y cumplir con los compromisos internacionales, como el Pacto Verde Europeo, el Acuerdo de París y las estrategias de la Unión Europea sobre cambio climático y biodiversidad. [5]

Estos planes de ordenación también están vinculados con la implementación del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, particularmente en lo que respecta al desarrollo de energías renovables marinas. Se espera que las principales medidas reglamentarias, incluida la aprobación final de los planes de ordenación del espacio marítimo, entren en vigor antes de junio de 2023, con el objetivo de fomentar la investigación y el desarrollo en este ámbito. [5]

En la elaboración de los planes de gestión del espacio marítimo, se ha seguido el procedimiento establecido en el artículo 7 del Real Decreto 363/2017, de 8 de abril. Este procedimiento ha requerido una coordinación total entre distintas entidades gubernamentales y ha impulsado de manera activa la participación de los agentes involucrados y de la sociedad civil.

Estos cinco planes de ordenación del espacio marítimo son los siguientes:

- Plan de ordenación del espacio marítimo de la demarcación marina noratlántica.
- Plan de ordenación del espacio marítimo de la demarcación marina sudatlántica.
- Plan de ordenación del espacio marítimo de la demarcación marina del Estrecho y Alborán.
- Plan de ordenación del espacio marítimo de la demarcación marina levantino-balear.
- Plan de ordenación del espacio marítimo de la demarcación marina canaria.

## **Capítulo 4. ANÁLISIS TÉCNICO TECNOLOGÍAS**

En este capítulo se va a analizar las características técnicas de cada una de las tecnologías que tienen potencial en las demarcaciones marinas. Estas demarcaciones siguen un esquema de orientación con objeto de conseguir una coexistencia entre los diferentes usos y actividades con el fin de garantizar el buen estado del medio marino. [16].

Cada Plan de Ordenación del Espacio Marítimo está compuesto por cinco secciones y cada una de ellas tiene una sección compartida con todas las demarcaciones y otra específica. [17]

La estructura general se compone de:

- I. Contexto y ámbito de aplicación: incluye la introducción, el marco normativo, la metodología y el ámbito de aplicación.
- II. Principios de orientación y objetivos de planificación: establece los principios y los objetivos de la normativa sectorial y los planes de planificación.
- III. Diagnóstico: implica un análisis de los sectores marítimos, la situación actual y las previsiones de desarrollo, con un documento para cada demarcación marina.
- IV. Ordenación del espacio marítimo: presenta el esquema de ordenación, la coexistencia de usos y actividades, las zonas de uso prioritario y las zonas de alto potencial para varios usos.
- V. Aplicación, evaluación y seguimiento: engloba las medidas de los planes de ordenación, evaluación ambiental estratégica y seguimiento de los planes de ordenación.

En la Figura 12 se observa el proceso para establecer dentro de las demarcaciones la diferenciación entre las dos zonas destinadas a los proyectos de I+D+i: las denominadas zonas ZUP (zonas de uso prioritario) y ZAP (zonas de uso potencial).

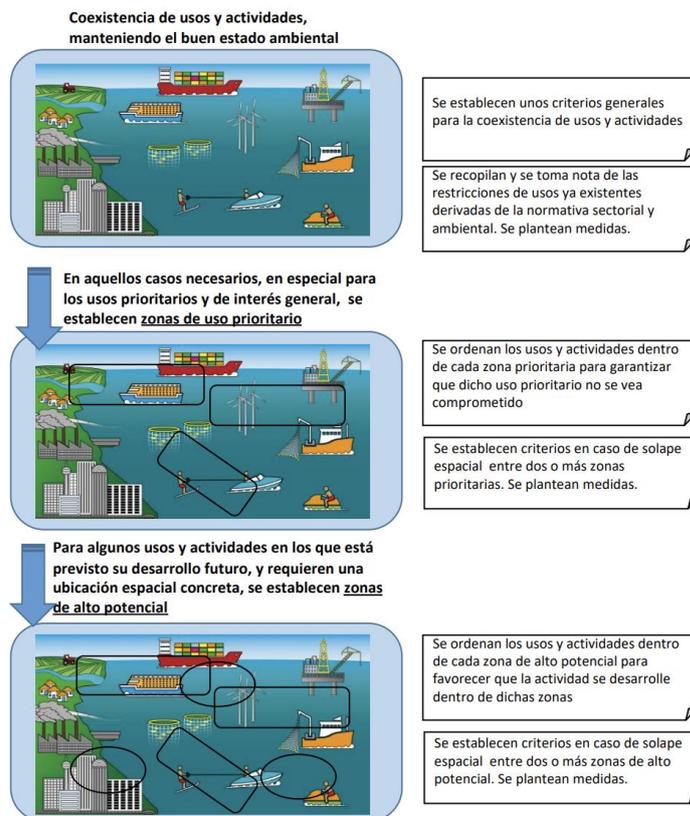


Figura 12:Esquema de orientación de los POEM en las demarcaciones marinas. Fuente: [16]

Estas zonas de alto potencial cumplen una serie de requisitos técnicos marcados por el ministerio que son los siguientes:

- El recurso eólico tiene una altura de 100 m en el caso de las cuatro demarcaciones marinas peninsulares y de 140 m en las zonas canarias. La velocidad de viento es superior a 7,5 m/s, si bien parece insuficiente para los proyectos, por lo que los promotores tendrán que buscar áreas más cercanas a los 10 m/s. [18]
- La profundidad no supera los 1000m: por lo que, los proyectos serán principalmente eólicos flotantes debido a que la profundidad mínima es de 50m y la mayoría de las áreas están en torno a los 500m. A pesar de que algunos desarrollos afirman ser capaces de alcanzar una profundidad de hasta 1000m, la experiencia actual se limita a 300m. Se espera que los primeros proyectos que se implementen en España sean aquellos que se encuentren en profundidades inferiores a 200 metros. [18]
- La localización debe estar siempre que sea posible cerca de un área terrestre con las instalaciones eléctricas adecuadas para eliminar la energía generada. La localización es una de las claves para que los proyectos sean viables, pues en caso contrario, los gastos aumentarán significativamente para la empresa promotora que asuma toda la infraestructura eléctrica. [18]

Para la realización de este trabajo se han elegido las zonas de alto potencial como zonas posibles para la instalación de las diferentes tecnologías a analizar. Dentro de las demarcaciones cada una de ellas tiene establecidas ciertas zonas para este uso excepto la demarcación Sudatlántica que no destina zonas de alto potencial al tener a su disposición la demarcación para el uso militar.



Figura 13: Zona para la Defensa Nacional. Zona permanente de ejercicios submarinos.

Fuente: [20]

#### **4.1 ELECCIÓN DEMARACIONES MARINAS**

En este apartado se va a realizar un breve análisis de cada una de las zonas de alto potencial que van a servir de futuro análisis técnico y económico de las tecnologías a estudiar.

## 4.1.1 DEMARCACIÓN NORÁTLANTICA

### 4.1.1.1 NOR-1

Polígono en forma de triángulo cuyo punto más próximo a la costa es el vértice superior a una distancia de 21 km en la desembocadura del Río Miño. El vértice inferior de esta zona se encuentra a casi 40 km del suroeste de las Islas Cíes [19]. Cuenta con una superficie de  $117,63\text{km}^2$ .



Figura 14: Zona NOR-1 al Río Miño. Fuente: [20]



Figura 15: Zona NOR-1 a las Islas Cíes. Fuente: [20]

#### 4.1.1.2 NOR-2

Zona con mayor superficie de toda la demarcación noratlántica contando con  $1806 \text{ km}^2$ , situada frente a las costas de A Coruña, Ferrol y Ortegal. La distancia mínima a la costa situada en la zona de Coruña es de unos 49 km. [20]



Figura 16: Zona NOR-2. Fuente: [20]

#### 4.1.1.3 NOR-3

Cuadrilátero frente la Costa de Árabra y la Ria de Ortigueira con una superficie de  $112,97 \text{ km}^2$ . El punto más próximo a la costa está situado frente al Cabo Ortegal a 24 km.



Figura 17: Zona NOR-3. Fuente: [20]

#### 4.1.1.4 NOR-4

Polígono cuyo lado de mayor longitud transcurre desde la Ría de Ortigueira hasta la Punta de Estaca de Bares cuenta con una superficie de  $77,70 \text{ km}^2$  siendo la zona más pequeña de esta demarcación. La distancia mínima al Cabo Estaca de Bares es de 22, 81 km



Figura 18: Zona NOR-4. Fuente: [20]

#### 4.1.1.5 NOR-5

Polígono cuyo lado mayor transcurre a lo largo de toda la costa de La Mariña Central. Cuenta con una superficie de  $236,29 \text{ km}^2$ . Se sitúa a tan solo 32 km de las playas de Foz y cuenta con una distancia mínima a la costa de 21,27 km.



Figura 19: Zona NOR-5 a Foz. Fuente: [20]



Figura 20: Zona NOR-5. Fuente: [20]

#### 4.1.1.6 NOR-6

Polígono situado en la zona de Ribadeo hasta la desembocadura de río Navia, cuenta con una superficie de  $105 \text{ km}^2$ . La Distancia a Ribadeo es de 34 km y distancia mínima a la costa de unos 30 km.



Figura 21: Zona NOR-6 a Ribadeo. Fuente: [20]



Figura 22: Zona NOR-6. Fuente: [20]

#### 4.1.1.7 NOR-7

Cuadrilátero situado entre la desembocadura del río Navia y la localidad de Luarca. Cuenta con una superficie de  $80 \text{ km}^2$  y una distancia a Luarca de 32,5 km.



Figura 23: Zona NOR-7. Fuente: [20]

#### 4.1.1.8 NOR-8

Polígono situado entre Luanco y Gijón. Cuenta con una superficie de  $152 \text{ km}^2$  y una distancia mínima a la costa de 14,13 km. La distancia a Gijón es de 24,18 km.



Figura 24: Zona NOR-8. Fuente: [20]



Figura 25: Zona NOR-8 a Gijón. Fuente: [20]

## 4.1.2 DEMARCACIÓN LEVANTINO BALEAR

### 4.1.2.1 LEBA-1

Polígono situado en las costas catalanas cuyo lado de mayor longitud se sitúa entre la localidad de Roses y Begur. Es el emplazamiento de mayor superficie de esta demarcación contando con  $250 \text{ km}^2$ . La distancia mínima a la costa es de 14 km.



Figura 26: Zona LEBA-1. Fuente: [20]

### 4.1.2.2 LEBA-2

Polígono situado en la costa noreste de la isla de Menorca. Cuenta con una superficie de  $147,35 \text{ km}^2$  y una distancia mínima a la costa de 4,65 km. El lado de mayor longitud se encuentra entre La Talaia de Fornells y la Punta de Pa Gros.



Figura 27: Zona LEBA-2. Fuente: [20]

#### 4.1.2.3 LEBA-3

Polígono situado en la zona sureste de la Isla de Menorca, cuenta con una superficie de  $77,65 \text{ km}^2$ . Se encuentra a tan solo 16,93 km de la capital de la isla Mahón.



Figura 28: Zona LEBA-3. Fuente: [20]

### 4.1.3 DEMARCACIÓN ESTRECHO Y ALBORÁN

#### 4.1.3.1 ESAL-1

Polígono situado en la zona costera de las provincias de Cádiz y Málaga. Cuenta con una superficie de  $534,24 \text{ km}^2$  siendo el emplazamiento de menor superficie de esta demarcación. Abarca en su lado de mayor longitud desde la línea de la concepción hasta la punta de Calaburras. Con una distancia mínima al puerto de Marbella de 20,08 km.



Figura 29: Zona ESAL-1. Fuente: [20]

#### 4.1.3.2 ESAL-2

Polígono ubicado entre las provincias de Granada y Almería situado entre la punta del Moro y Motril. Es el emplazamiento de mayor superficie de esta demarcación con  $688,37 \text{ km}^2$ . La distancia mínima a la costa es de 7,23 km.



Figura 30: Zona ESAL-2. Fuente: [20]

## 4.1.4 DEMARCACIÓN CANARIA

### 4.1.4.1 CAN-FV1

Polígono situado en la costa sureste de la isla de Fuerteventura entre las salinas del Carmen y la punta de Piedras Caídas. Cuenta con una superficie de  $192,24 \text{ km}^2$  y distancia mínima a la costa de 5,51 km.



Figura 31: Zona CAN-FV1. Fuente: [20]

#### **4.1.4.2 CAN-FV2**

Polígono situado en la zona noreste de la isla de Fuerteventura cerca del puerto del Rosario. Cuenta con tan solo una superficie de 16  $km^2$  y una distancia al puerto del Rosario de 6,58 km.

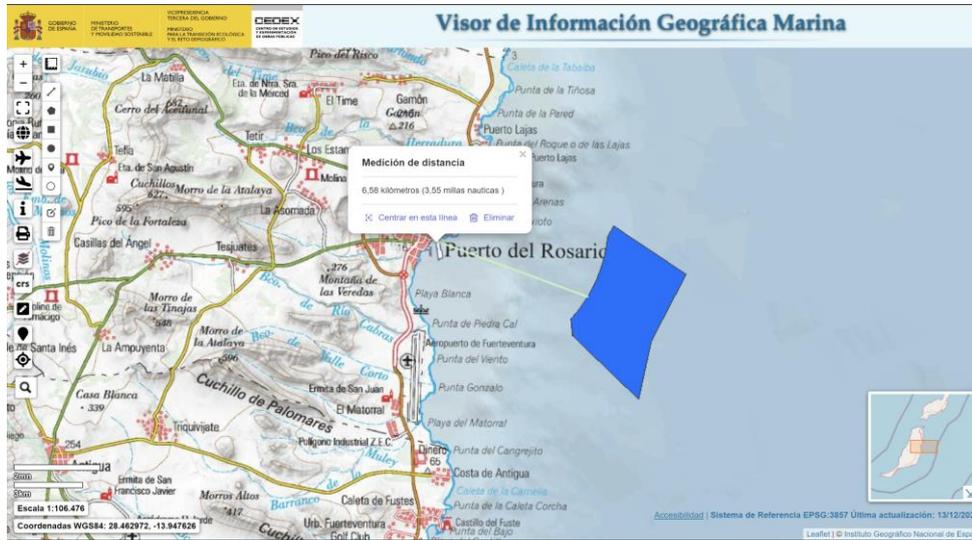


Figura 32: Zona CANFV-2. Fuente: [20]

#### 4.1.4.3 CAN-GC1

Polígono situado en la zona sureste de la isla de Gran Canaria. Ubicado entre el aeropuerto de la isla y la playa del inglés. Cuenta con una superficie de  $163,89 \text{ km}^2$  siendo el único emplazamiento de esta isla. La distancia mínima a la costa es de 5,89 km.



Figura 33: Zona CAN-GC1. Fuente: [20]

#### 4.1.4.4 CAN-TEN1

Polígono situado en la zona sureste de la isla de Tenerife frente al aeropuerto de Tenerife sur. Cuenta con una superficie de  $21,32 \text{ km}^2$  y una distancia mínima a la costa de  $1,86 \text{ km}$ .



Figura 34: Zona CAN-TEN1. Fuente: [20]

#### 4.1.4.5 CAN-TEN2

Polígono situado en el este de la isla de Tenerife cerca del puerto de Güímar. Cuenta con una superficie de  $70,78 \text{ km}^2$  y una distancia mínima a la costa de  $1,90 \text{ km}$ .



Figura 35: Zona CAN-TEN2. Fuente: [20]

A continuación, se presenta un resumen de todos los emplazamientos, incluyendo la superficie que abarcan, el código del polígono y la mínima distancia a la costa.

| Demarcación Marina | Código Polígono | Superficie (km <sup>2</sup> ) | Distancia a la costa |
|--------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|
| CAN                | CAN-GC1         | 163,89                        | 6000                 |
| CAN                | CAN-TEN1        | 21,32                         | 1880                 |
| CAN                | CAN-TEN2        | 70,78                         | 1850                 |
| CAN                | CAN-LANZ1       | 97,39                         | 1850                 |
| CAN                | CAN-FV1         | 192,24                        | 5600                 |
| CAN                | CAN-FV2         | 16,25                         | 5600                 |
| ESAL               | ESAL-1          | 534,24                        | 13600                |
| ESAL               | ESAL-2          | 688,37                        | 7500                 |
| LEBA               | LEBA-1          | 249,99                        | 12000                |
| LEBA               | LEBA-2          | 147,35                        | 5000                 |
| LEBA               | LEBA-3          | 77,65                         | 10600                |
| NOR                | NOR-1           | 117,63                        | 22330                |
| NOR                | NOR-2           | 1806,41                       | 28500                |
| NOR                | NOR-3           | 112,97                        | 22000                |
| NOR                | NOR-4           | 77,70                         | 22500                |
| NOR                | NOR-5s          | 236,29                        | 21000                |
| NOR                | NOR-6           | 104,98                        | 31500                |
| NOR                | NOR-7           | 80,18                         | 30000                |
| NOR                | NOR-8           | 152,45                        | 1450                 |

Tabla 9: Zonas de alto potencial demarcaciones marinas. Fuente: [2]

## 4.2 EÓLICA OFFSHORE

La primera tecnología que se ha analizado es la energía eólica marina. El parámetro más importante dentro de esta tecnología para poder llevar a cabo un análisis del potencial es el recurso eólico, es decir, el viento. Para sacar el máximo provecho de este recurso, es crucial elegir cuidadosamente los mejores lugares para aprovechar al máximo esta fuente de energía.

---

Análisis del potencial de las energías renovables marinas en España

A partir del viento se puede obtener la potencia eólica que podría producir una turbina. Esta potencia viene determinada por:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * v^3 * C_p * R^2 * \pi$$

Ecuación 1: Potencia eólica extraída

Siendo  $v$  la velocidad del viento,  $\rho$  la densidad del aire ( $1,225 \text{ kg/ m}^3$ ) y  $C_p$  el coeficiente de potencia. Este último valor se define como el rendimiento de funcionamiento del aerogenerador, es decir, el rendimiento entre la potencia que hay disponible y la que se extrae. El límite de este rendimiento se conoce como el límite de Benz por el que se establece que la energía máxima aprovechable entre la que se extrae no puede ser superior a un 59,3%.

Además de la velocidad del viento, se van a tener en cuenta en este análisis otros factores importantes para la toma de decisión de la instalación en un emplazamiento en concreto de un parque eólico que son la profundidad, la distancia a una subestación eléctrica (SET), la variabilidad del viento, la necesidad de una subestación offshore, la coexistencia con otras actividades, el oleaje y la conexión eléctrica a la red.

#### **4.2.1 RECURSO EÓLICO**

Como se observa en la Ecuación 1, la potencia está directamente relacionada con el cubo de la velocidad del viento por lo que es el parámetro más importante. Para analizar la velocidad media anual de viento y la desviación típica de estas distribuciones de viento se ha hecho uso de la distribución de Weibull. Es una distribución de probabilidad continua determinada por la siguiente función de probabilidad.

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) * \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} * \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

Ecuación 2: Distribución probabilidad Weibull. Fuente: [21]

$$f(v) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right]$$

Ecuación 3: Función de distribución Acumulada. Fuente: [21]

Siendo  $v$  la velocidad del viento en (m/s),  $c$  el factor de escala medido en (m/s) y  $k$  el factor de forma que es un parámetro adimensional.

El factor de escala  $c$  indica la velocidad promedio, es decir, los valores más altos se corresponden con mayores velocidades de viento en dicho emplazamiento. El factor de forma  $k$  en cambio indica la dispersión, la forma de la distribución y la asimetría de la distribución. Para valores de  $k$  menores de uno indica una asimetría a la izquierda que resulta en densidades de viento menores. En cambio, para valores de  $k$  mayores de uno se obtiene una curva con asimetría a la derecha que resulta en densidades de viento mayores.

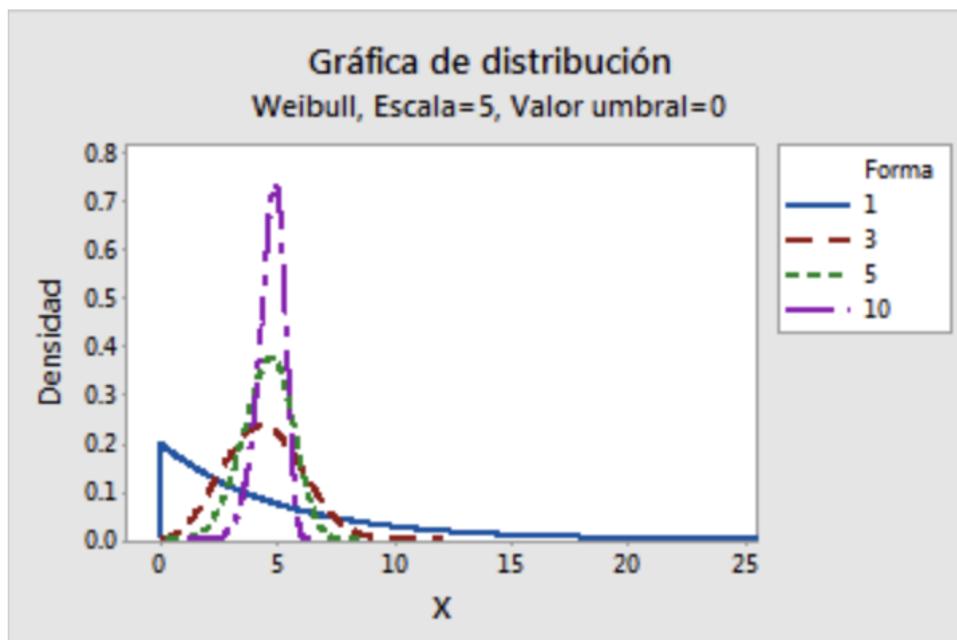


Figura 36:Factor de forma. Fuente: [69]

La distribución de Weibull ha sido calculada para los 19 emplazamientos gracias al software FUROW [22]. Este programa inicialmente requiere de una base de datos que tiene incorporada que contiene los valores de viento determinadas por sus coordenadas de latitud y longitud. Se ha usado la base de datos MERRA-2. [23]. Esta base ofrece valores dentro de una amplia gama de variables climáticas con datos desde 1980 hasta la actualidad mediante métodos numéricos avanzados. A partir de esta base de datos, se han obtenido valores de viento para dos alturas (50m y 100m) en los dos últimos años de Ene-2021 hasta Dic-2023.

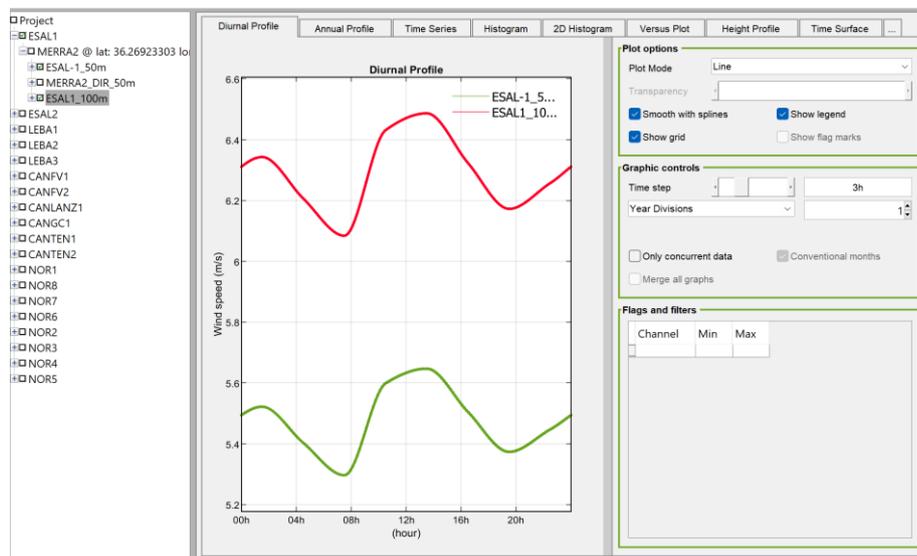


Figura 37:Furow. Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 37 se observa la pestaña principal de este software donde a la izquierda se muestran todas las demarcaciones y a la derecha se pueden desplegar todas las gráficas de viento diarias, anuales e histogramas para cada emplazamiento recogidas de la base de datos.

A continuación, se va a presentar por demarcaciones los perfiles de viento anuales y diurnos, así como la distribución de Weibull que se obtiene.

#### 4.2.1.1 Demarcación Noratlántica

Se han calculado los perfiles de velocidades de viento anuales y diarios a 50m de altura en las ocho zonas de esta demarcación, y se han extrapolado a 100m, que son alturas más cercanas a los aerogeneradores de hoy en día para obtener resultados más precisos. En las siguientes figuras se muestran las gráficas de las velocidades para 50m y 100m de altura:

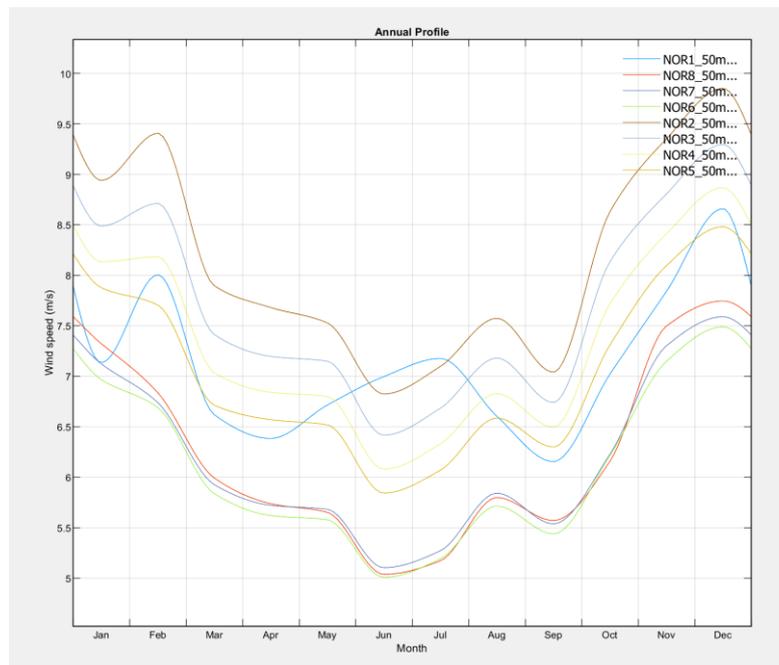


Figura 38: Perfil velocidades anuales zona Noratlántica 50m. Fuente:Furow

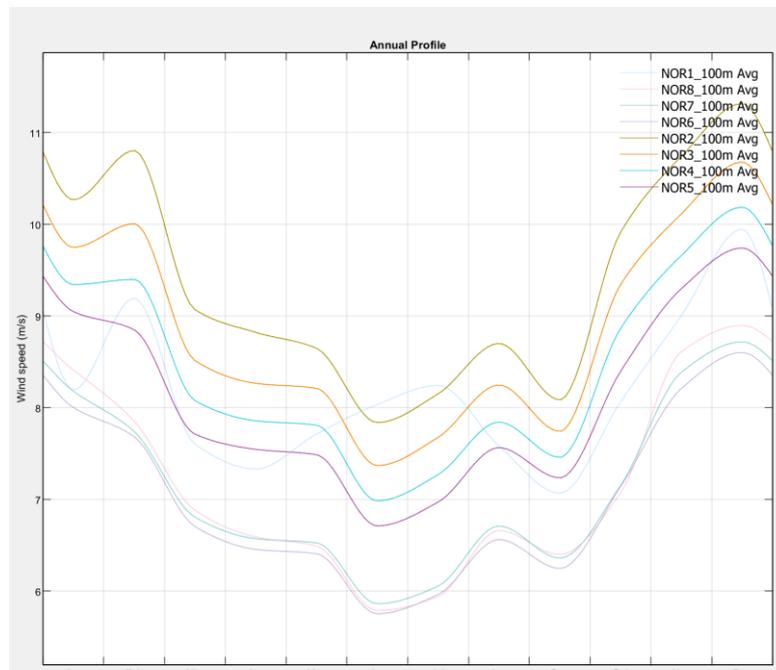


Figura 39: Perfil velocidades anuales zona Noratlántica 100m. Fuente: Furow

En ambas figuras se observa como la tendencia es similar para todos los emplazamientos, excepto la zona NOR-1 que al encontrarse en la costa oeste de la península en vez de en la costa norte tiene otras distribuciones de viento. Además, se observan mayores distribuciones de viento en los meses de invierno con respecto a los de verano.

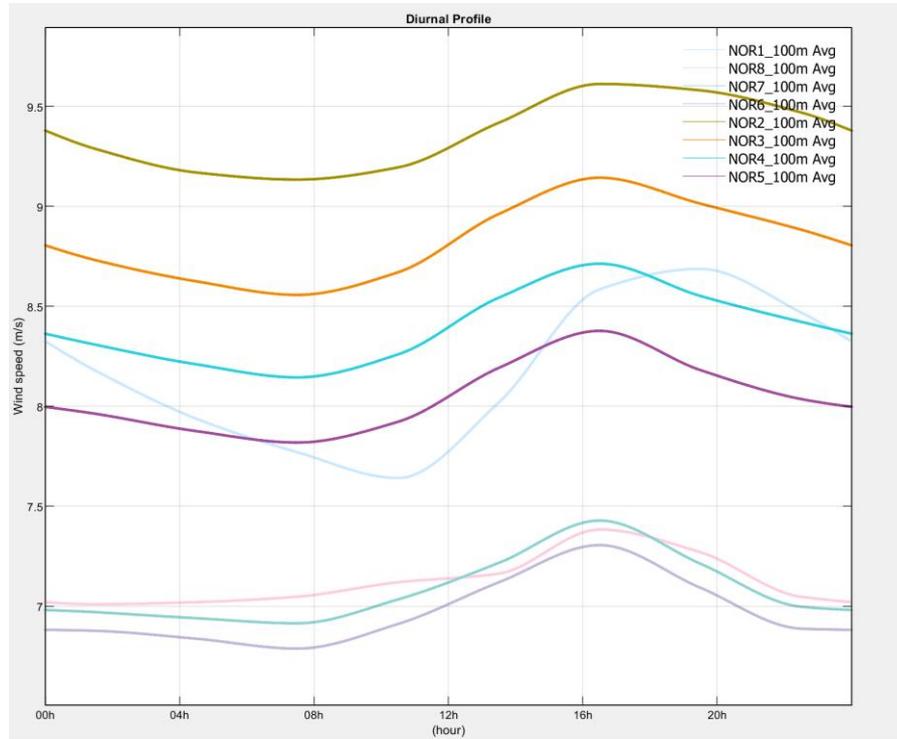


Figura 40: Perfil diurno zona Noratlántica 100m. Fuente: Furow

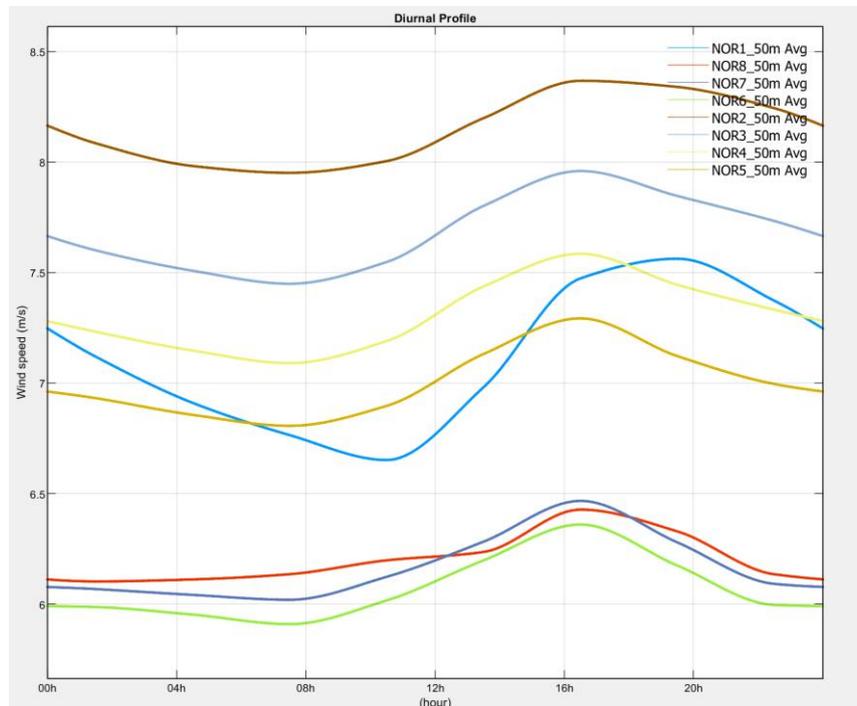


Figura 41: Perfil diurno zona Noratlántica 50m. Fuente: Furow

En las Figura 40 y Figura 41 correspondientes con los perfiles de velocidad diurnos, se repite el patrón de similitudes entre los perfiles de las zonas que se encuentran en la zona norte con respecto al que se encuentra en la zona oeste (NOR-1).

La distribución de Weibull que se obtiene en esta demarcación es la siguiente:

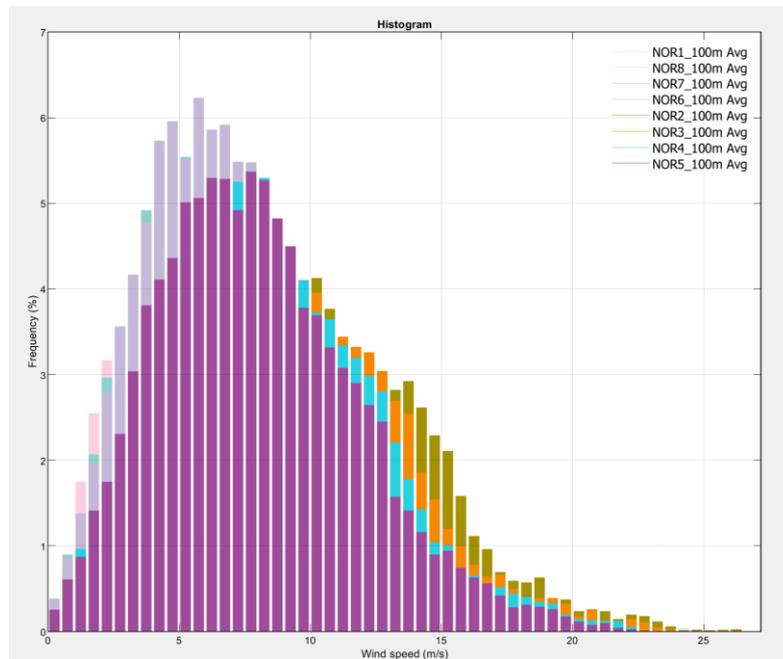


Figura 42: Distribución Weibull zona Noratlántica. Fuente: Furow

Una vez obtenidas las distribuciones de Weibull con Furow, se obtiene una tabla con los parámetros de esta distribución más la desviación típica y el coeficiente de determinación que indica también la variabilidad de los datos. Es un valor entre 0 y 1. En todos los casos este valor es muy próximo a 1 lo que significa que el modelo obtenido se ajusta correctamente a los datos.

| Weibull   | K    | c (m/s) | $\sigma$ (desviación típica) | R <sup>2</sup> |
|-----------|------|---------|------------------------------|----------------|
| NOR1 100m | 2.09 | 9.21    | 4.10                         | 0.9951         |
| NOR2 100m | 2.24 | 10.56   | 4.42                         | 0.9951         |
| NOR3 100m | 2.25 | 9.95    | 4.15                         | 0.9960         |
| NOR4 100m | 2.25 | 9.47    | 3.95                         | 0.9962         |
| NOR5 100m | 2.22 | 9.08    | 3.82                         | 0.9964         |
| NOR6 100m | 2.10 | 7.88    | 3.48                         | 0.9943         |
| NOR7 100m | 2.07 | 8.01    | 3.60                         | 0.9955         |
| NOR8 100m | 1.99 | 8.05    | 3.75                         | 0.9958         |

Tabla 10: Parámetros ajuste Weibull zona Noratlántica. Fuente: Furow

Obtenidos estos valores se ha decidido realizar una matriz de decisión con pesos para evaluar la mejor zona en esta demarcación según la velocidad promedio medida con el parámetro de forma  $c$  de la distribución de Weibull. Se han establecido los siguientes rangos:

| Rangos      | Pts |
|-------------|-----|
| 7m/s-8m/s   | 1   |
| 8 m/s-9 m/s | 2   |
| >9m/s       | 3   |

Tabla 11: Criterio selección velocidad media viento. Fuente: Elaboración Propia

Estos rangos se han establecido siguiendo los valores mínimos que establecen los POEM para la instalación de un parque eólico offshore siendo el valor mínimo 7,5 m/s y un valor excelente cualquier velocidad del viento superior a los 9 m/s. [18]

| Weibull   | c (m/s) | Pts |
|-----------|---------|-----|
| NOR1 100m | 9,21    | 3   |
| NOR2 100m | 10,56   | 3   |
| NOR3 100m | 9,95    | 3   |
| NOR4 100m | 9,47    | 3   |
| NOR5 100m | 9,08    | 3   |
| NOR6 100m | 7,88    | 1   |
| NOR7 100m | 8,01    | 2   |
| NOR8 100m | 8,05    | 2   |

Tabla 12: Matriz de decisión con pesos viento zona Noratlántica. Fuente: Elaboración Propia

Tras analizar la velocidad media en esta demarcación se observa como atendiendo solo a este criterio la mejor zona para realizar un proyecto de eólica marina sería la zona NOR-2 con una velocidad media de 10,56 m/s.

#### 4.2.1.2 Demarcación Canaria

Para la demarcación canaria se ha seguido el mismo procedimiento para sus seis emplazamientos. Primero se ha obtenido los perfiles anuales y diurnos para alturas de 50m y 100m.

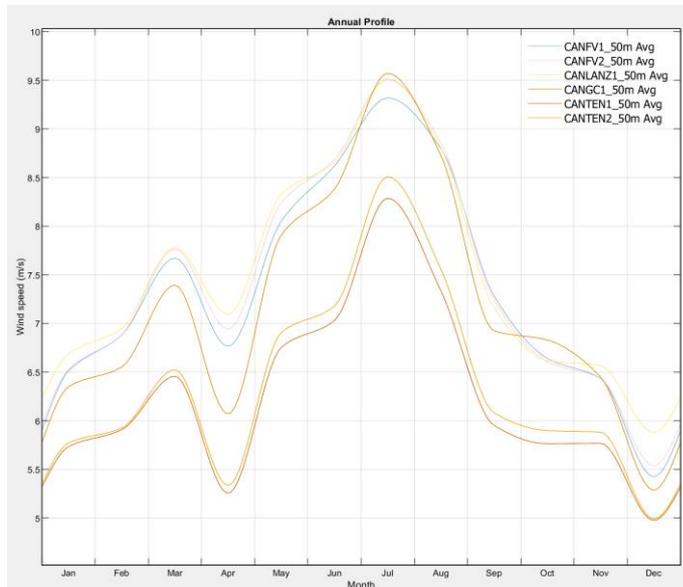


Figura 43: perfil anual viento zona canaria 50m. Fuente: Furow

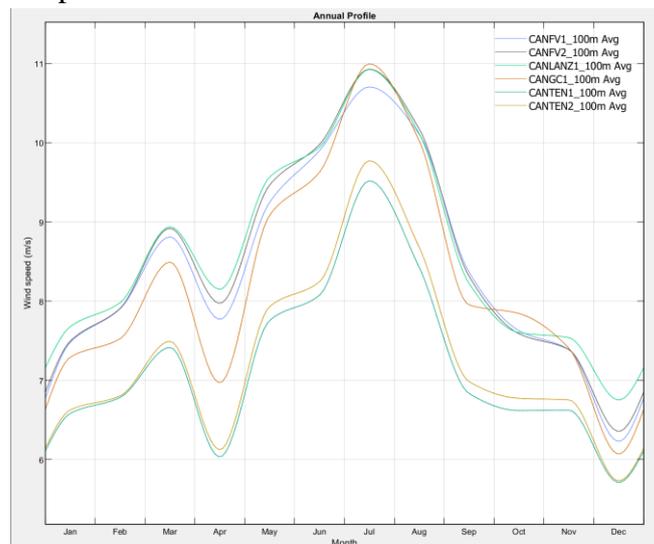


Figura 44: Perfil anual viento zona Canaria 100m. Fuente: Furow

En ambas figuras se observa como en esta demarcación se observan velocidades de viento superiores para los meses de verano llegando a picos de 11 m/s para una altura de 100m en el

mes de julio excepto las zonas TEN-1 y TEN-2 con máximos de aproximadamente 9,5 m/s en el mes de julio.

Los perfiles diurnos son los siguientes:

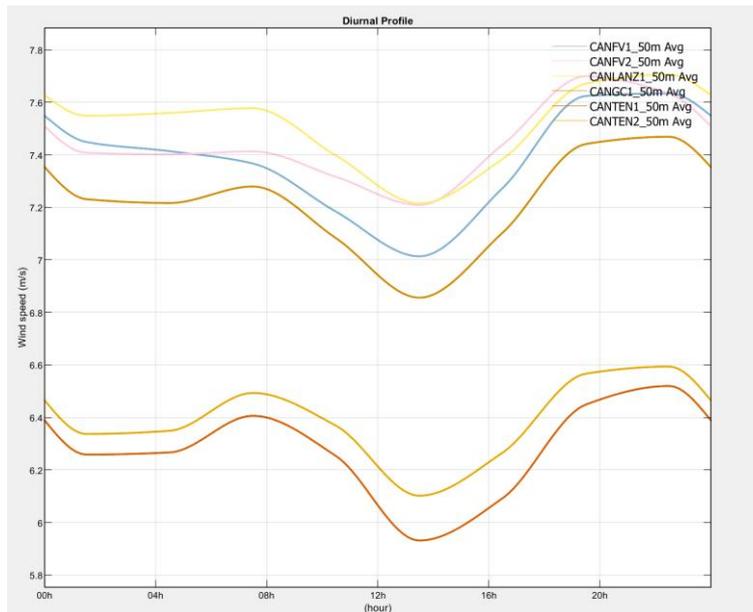


Figura 45. Perfil diurno viento zona canaria 50m. Fuente: Furow

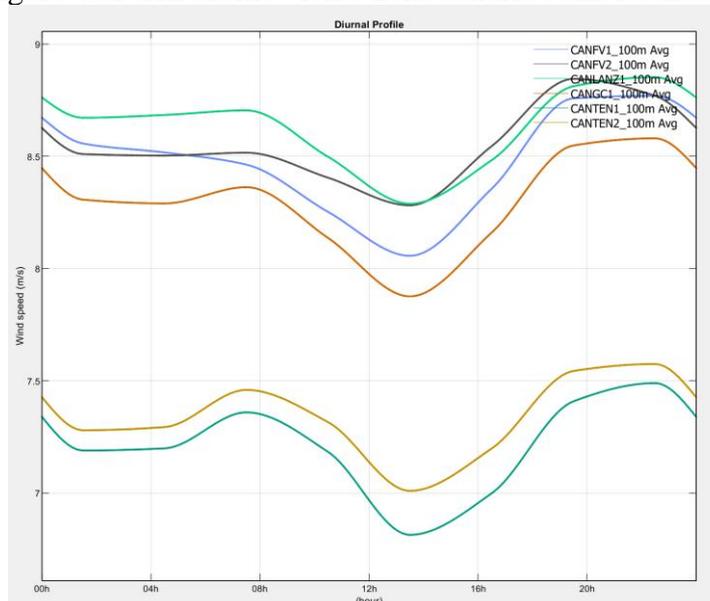


Figura 46: Perfil diario viento zona canaria 100m. Fuente: Furow

En las gráficas del perfil diario se nota una notable disparidad en la velocidad entre TEN-1 y TEN-2 comparado con los otros emplazamientos. A lo largo del día todos los emplazamientos siguen la misma tendencia, con una tendencia más baja de viento en las horas centrales del día.

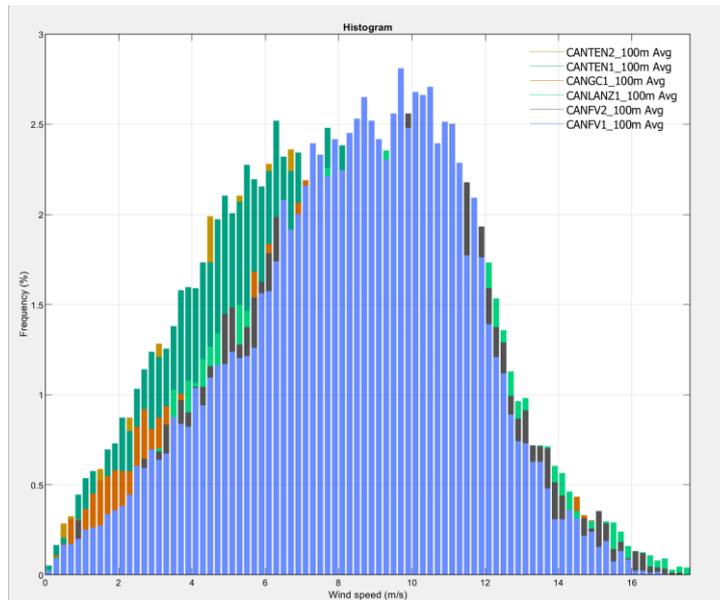


Figura 47: Distribución Weibull demarcación canaria. Fuente: Furow

Con la distribución de Weibull se obtiene la tabla con los parámetros típicos de la distribución de Weibull.

| Weibull       | K    | c (m/s) | $\sigma$ (desviación típica) | R <sup>2</sup> |
|---------------|------|---------|------------------------------|----------------|
| CANFV1 100m   | 3.13 | 9.44    | 2.96                         | 0.9635         |
| CANFV2 100m   | 3    | 9.55    | 3.10                         | 0.9744         |
| CANLANZ1 100m | 2.95 | 9.65    | 3.18                         | 0.9726         |
| CANCG1 100m   | 2.80 | 9.27    | 3.19                         | 0.9447         |
| CANTEN1 100m  | 2.54 | 8.10    | 3.03                         | 0.9786         |
| CANTEN2 100m  | 2.52 | 8.25    | 3.11                         | 0.9738         |

Figura 48: Distribución parámetros Weibull zona canaria. Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenidos los datos se ha realizado la matriz de decisión con el mismo criterio de pesos de la Tabla 11 y se obtiene la siguiente tabla:

| Weibull       | c (m/s) | Pts |
|---------------|---------|-----|
| CANFV1 100m   | 9,44    | 3   |
| CANFV2 100m   | 9,55    | 3   |
| CANLANZ1 100m | 9,65    | 3   |
| CANCG1 100m   | 9,27    | 3   |
| CANTEN1 100m  | 8,1     | 2   |
| CANTEN2 100m  | 8,25    | 2   |

Tabla 13: Matriz decisión zona canaria. Fuente: Elaboración Propia

Se observa como la zona canaria no tiene ninguna velocidad media anual por debajo de los 8 m/s por lo tanto en media todas las zonas presentan velocidades medias aptas para la instalación de un proyecto de eólica marina. La zona con mayores densidades de viento se encuentra en la isla de Fuerteventura en concreto en la zona CAN-FV2.

#### **4.2.1.3 Demarcación Levantino Balear**

La demarcación del Levante y Baleares tiene tres zonas con posibilidad de instalación de parques eólicos marino. Con el uso del programa Furow se han analizado también los perfiles anuales y diurnos de viento, así como las distribuciones de Weibull para poder realizar la matriz de pesos con las velocidades medias y obtener la mejor zona de esta demarcación con relación a la velocidad del viento.

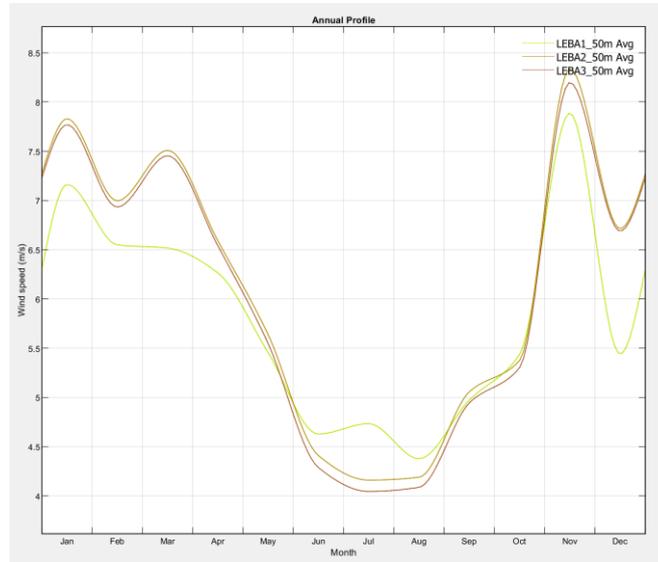


Figura 49: Perfil anual de viento zona Levantino-balear 50m. Fuente: Furow

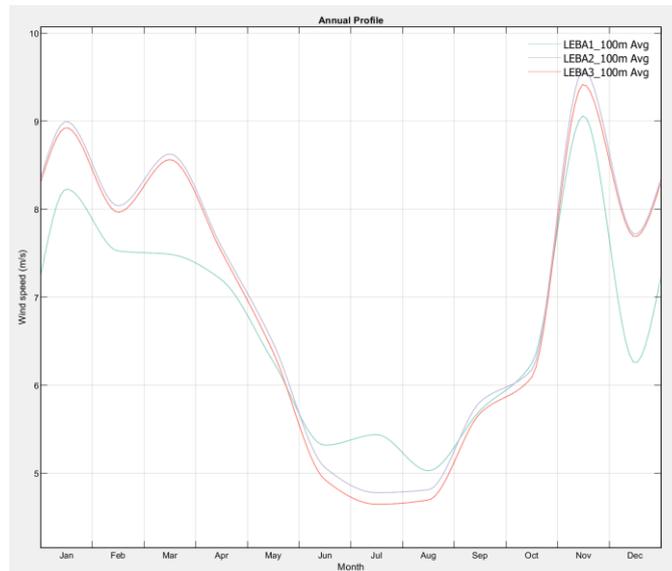


Figura 50: perfil anual viento zona Levantino-Balear 100m. Fuente: Furow

En la Figura 49 y Figura 50 se observan los perfiles de viento para 50 y 100m de altura en los tres emplazamientos. Los emplazamientos LEBA-2 y LEBA-3 siguen el mismo patrón al situarse ambos en la isla de Menorca, en cambio, el emplazamiento LEBA-1 sigue otro patrón, con mayores densidades de viento en los meses de invierno frente a los de verano.

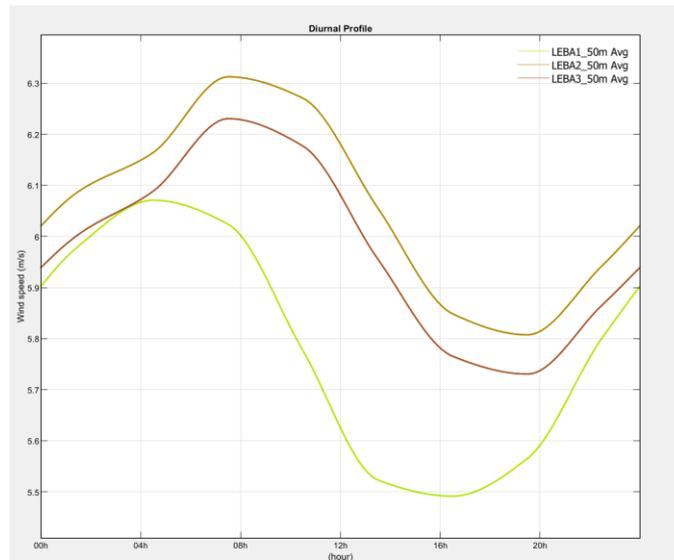


Figura 51: perfil diurno de viento zona Levantino-Balear 50m. Fuente: Furow

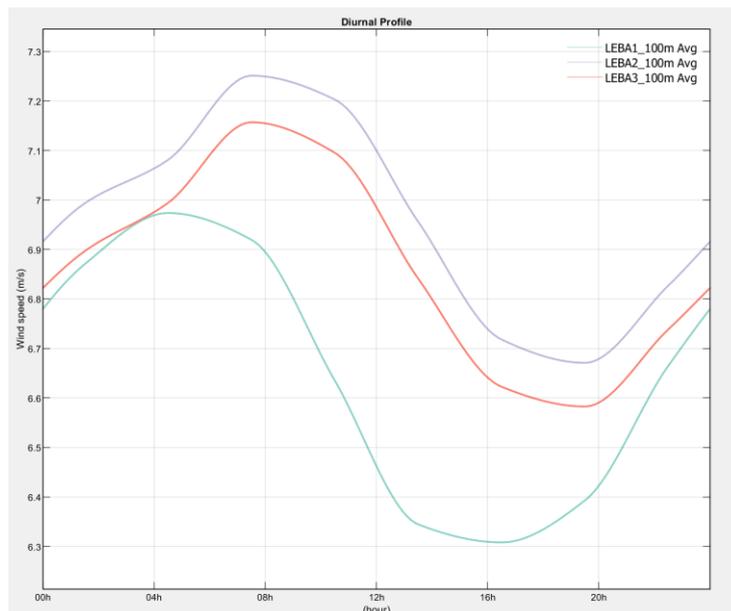


Figura 52: perfil diurno de viento zona Levantino-Balear 100m.Fuente: Furow

En las gráficas del perfil diurno se observan mayores diferencias entre los dos emplazamientos situados en la isla de Menorca frente al emplazamiento LEBA-1 situado en la costa de Cataluña siendo este emplazamiento el que en media a lo largo del día tiene menores valores de viento.

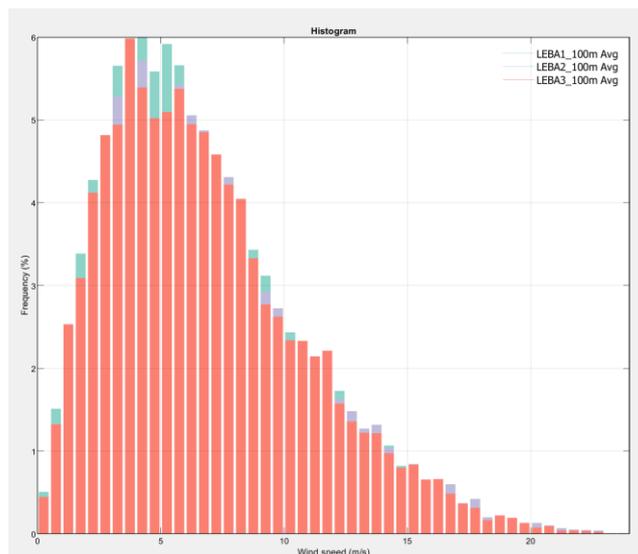


Figura 53: Distribución de Weibull zona Levantino-Balear. Fuente: Furow

De la gráfica de la distribución de Weibull se observa en esta demarcación como la mayoría de los datos se encuentran entre los 7-10 m/s.

| Weibull    | K    | c (m/s) | $\sigma$ (desviación típica) | R <sup>2</sup> |
|------------|------|---------|------------------------------|----------------|
| LEBA1 100m | 1.87 | 7.48    | 3.79                         | 0.9913         |
| LEBA2 100m | 1.80 | 7.84    | 4.01                         | 0.9931         |
| LEBA3 100m | 1.80 | 7.73    | 3.96                         | 0.9938         |

Una vez obtenida la tabla con los parámetros característicos de la distribución se puede realizar la matriz de pesos de esta demarcación y hallar la zona con mayor velocidad media anual de viento. El criterio de pesos es el mismo que para las otras demarcaciones siguiendo la Tabla 11. Se obtiene, por lo tanto, la siguiente matriz de resultados:

| Weibull    | c (m/s) | Pts |
|------------|---------|-----|
| LEBA1 100m | 7,48    | 1   |
| LEBA2 100m | 7,84    | 1   |
| LEBA3 100m | 7,73    | 1   |

A la vista de los resultados en esta demarcación la zona LEBA-1 se quedaría fuera del estudio al no llegar a la velocidad media anual de 7,5 m/s necesaria según las especificaciones de los POEM para la instalación de parques eólicos marinos [18]. Las otras dos zonas estarían ligeramente por encima de los 7,5 m/s, pero muy lejos de los valores que se buscan de entre 9-10 m/s.

#### 4.2.1.4 Demarcación Estrecho y Alborán

Las distribuciones anuales de viento en los dos emplazamientos que tiene esta demarcación a una altura de 50m y 100m sobre el nivel de mar son los siguientes:



Figura 54: Perfil anual de viento zona Estrecho y Alborán 50m. Fuente: Furow

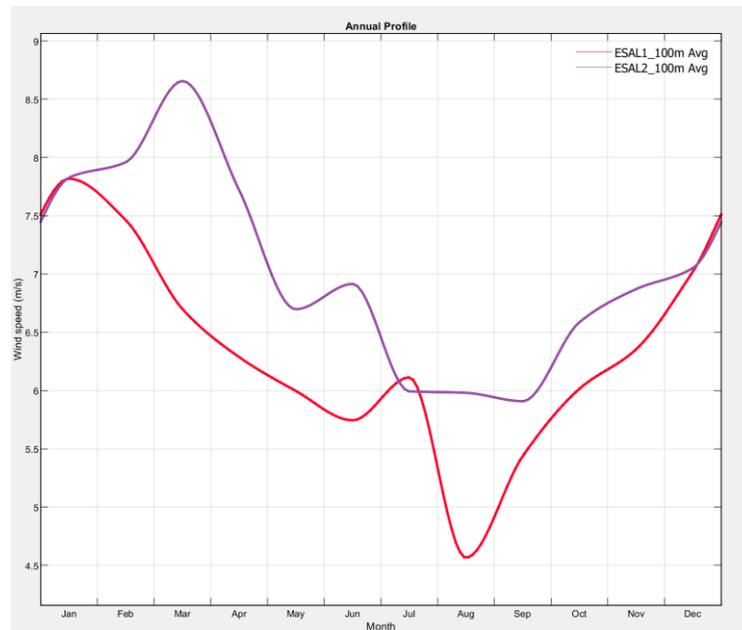


Figura 55: perfil anual de viento zona Estrecho y Alborán 100m.Fuente: Furow

Esta demarcación es la que presenta mayores diferencias de distribuciones entre una zona y otra. Para la zona ESAL-1 los mayores valores de viento se encuentran en los meses de enero y febrero, en cambio, en la zona ESAL-2 los mayores valores de viento se encuentran en los meses de Febrero y Marzo con valores máximos superiores a los del emplazamiento ESAL-1.

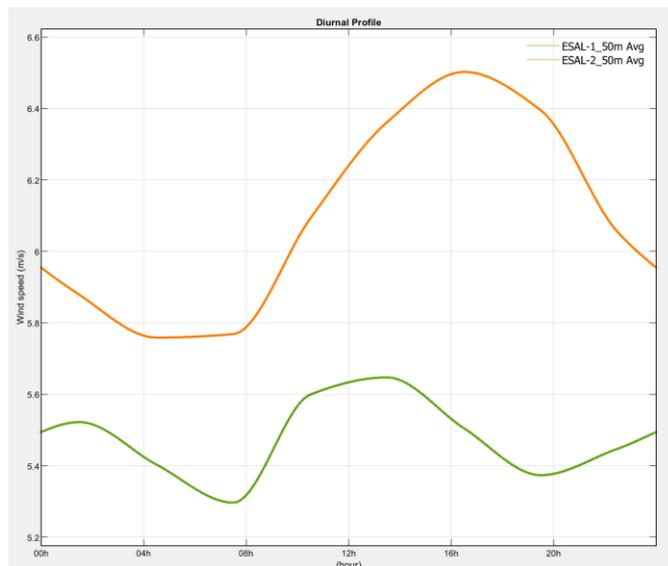


Figura 56: Perfil diario de viento zona Estrecho y Alborán 50m. Fuente: Furow

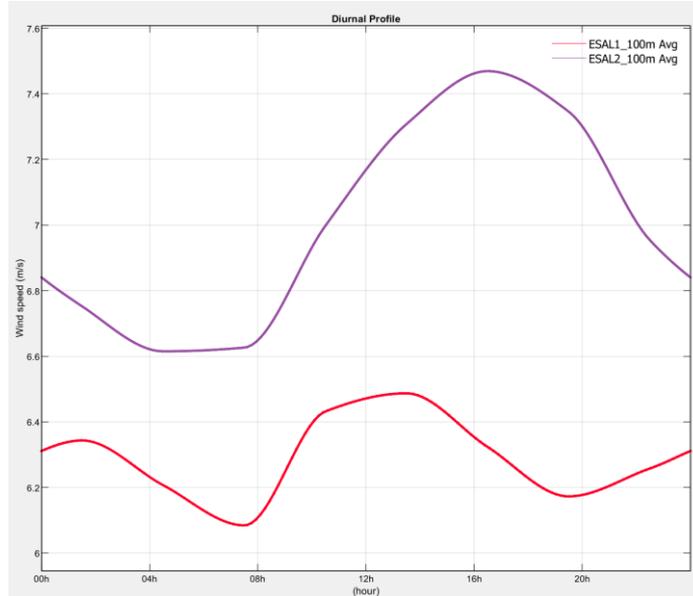


Figura 57: Perfil diario de viento zona Estrecho y Alborán 100m. Fuente: Furow

Los perfiles de la demarcación revelan la disparidad entre las dos áreas con la zona ESAL-2 superando en más de 1m/s a lo largo de todas las horas diurnas.

La distribución de Weibull sigue la siguiente gráfica:

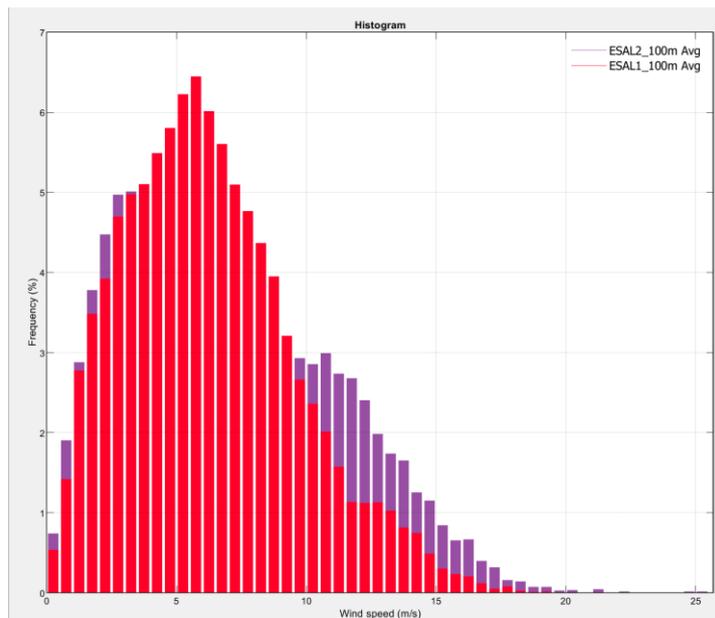


Figura 58: Distribución de Weibull zona Estrecho y Alborán. Fuente: Furow

La tabla que recoge los parámetros de la distribución de Weibull es la siguiente:

| Weibull     | K    | c (m/s) | $\sigma$ (desviación típica) | R <sup>2</sup> |
|-------------|------|---------|------------------------------|----------------|
| ESAL-1 100m | 1.98 | 7.09    | 2.88                         | 0.9957         |
| ESAL-2 100m | 1.74 | 7.86    | 4.14                         | 0.9843         |

Figura 59: Parámetros de ajuste de Weibull zona Estrecho y Alborán. Fuente: Elaboración Propia

Obtenidos los valores medios de velocidad con el parámetro de escala c se define la matriz de pesos de esta demarcación siguiendo los criterios de velocidades de la Tabla 11.

| Weibull     | c (m/s) | Pts |
|-------------|---------|-----|
| ESAL-1 100m | 7,09    | 1   |
| ESAL-2 100m | 7,86    | 1   |

Figura 60: Matriz de peso zona Estrecho y Alborán. Fuente: Elaboración Propia

La demarcación del Estrecho y Alborán no tiene velocidades altas de viento en ninguna de sus dos zonas por lo que atendiendo solo al parámetro de velocidad media de viento no sería el emplazamiento a elegir para una posible instalación de un aerogenerador marino.

#### **4.2.1.5 Resultados**

Tras llevar a cabo un análisis mediante la distribución de Weibull en los 19 emplazamientos se ha desarrollado la matriz conjunta para observar en su totalidad cuales serían las mejores zonas teniendo en cuenta el parámetro de la velocidad media anual de viento.

| Demarcaciones | v(m/s) |
|---------------|--------|
| NOR2          | 10,56  |
| NOR3          | 9,95   |
| CANLANZ1      | 9,65   |
| CANFV2        | 9,55   |
| NOR4          | 9,47   |
| CANFV1        | 9,44   |
| CANCG1        | 9,27   |
| NOR1          | 9,21   |
| NOR5          | 9,08   |
| CANTEN2       | 8,25   |
| CANTEN1       | 8,1    |
| NOR8          | 8,05   |
| NOR7          | 8,01   |
| NOR6          | 7,88   |
| ESAL-2        | 7,86   |
| LEBA2         | 7,84   |
| LEBA3         | 7,73   |
| LEBA1         | 7,48   |
| ESAL-1        | 7,09   |

Figura 61: Resultados velocidad media viento. Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la Figura 61, las zonas con mayores velocidades de viento son dos zonas de la costa noratlántica la demarcación NOR-2 y NOR-3 y dos zonas de la demarcación de canarias CANLANZ-1 y CANFV-2. Todas ellas con una velocidad media anual por encima de los 9,5 m/s.

#### 4.2.2 VARIABILIDAD DEL VIENTO

Además de realizar el análisis de la velocidad promedio otro factor importante es la variabilidad o dispersión de los datos ya que resulta conveniente que las velocidades promedio no sufran muchas dispersiones respecto a su valor medio.

De la misma manera que la velocidad media, la distribución de Weibull analiza la dispersión de los datos mediante la desviación típica. Se ha realizado un nuevo análisis comparativo mediante unas matrices con pesos. El criterio de los pesos que se ha seguido es el siguiente:

| Rango | Pts |
|-------|-----|
| >4    | 1   |
| 3-4   | 2   |
| <3    | 3   |

Tabla 14: Criterio pesos variabilidad del viento. Fuente: Elaboración Propia

Estos rangos se han establecido a la vista de los resultados obtenidos en las 19 zonas a estudiar donde se observa un rango desde 2,88 hasta 4,42.

La matriz total con todos los emplazamientos que sigue el criterio de pesos establecido es la siguiente:

| Demarcaciones | $\sigma$ | Pts |
|---------------|----------|-----|
| ESAL-1        | 2,88     | 3   |
| CANFV1        | 2,96     | 3   |
| CANTEN1       | 3,03     | 2   |
| CANFV2        | 3,1      | 2   |
| CANTEN2       | 3,11     | 2   |
| CANLANZ1      | 3,18     | 2   |
| CANGC1        | 3,19     | 2   |
| NOR6          | 3,48     | 2   |
| NOR7          | 3,6      | 2   |
| NOR8          | 3,75     | 2   |
| LEBA1         | 3,79     | 2   |
| NOR5          | 3,82     | 2   |
| NOR4          | 3,95     | 2   |
| LEBA3         | 3,96     | 2   |
| LEBA2         | 4,01     | 1   |
| NOR1          | 4,1      | 1   |
| ESAL-2        | 4,14     | 1   |
| NOR3          | 4,15     | 1   |
| NOR2          | 4,42     | 1   |

Tabla 15: Matriz de pesos variabilidad del viento. Fuente: Elaboración Propia

Como resultado, se observa que las zonas con mayores velocidades de viento coinciden con las zonas que presentan mayores dispersiones del viento. Siendo las demarcaciones NOR-2 y

NOR-3. Es fundamental, por lo tanto, analizar este parámetro para determinar si resulta más conveniente la instalación de parques eólicos en las dos zonas de canarias que también tienen una velocidad promedio por encima de los 9,5 m/s y una variabilidad del viento menor.

#### **4.2.3 DISTANCIA A LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA (SET)**

Otro parámetro importante a la hora de tomar la decisión de donde llevar a cabo la instalación es la distancia a una subestación eléctrica. Este parámetro es importante ya que cuanto mayor distancia haya hasta una subestación eléctrica serán necesario mayores longitudes de cable que incurrir en mayores pérdidas. Además, esta distancia afecta directamente a los costes de instalación y de mantenimiento, al impacto ambiental del entorno marino y a la complejidad técnica del proyecto.

En primer lugar gracias a Red Eléctrica de España [24] se han encontrado todas las subestaciones eléctricas en las comunidades autónomas donde se encuentran los 19 emplazamientos para posteriormente con el recurso online EmodNET [25] trazar distancias desde las subestaciones a los puntos medios de cada emplazamiento y obtener para cada zona la subestación eléctrica más próxima.

En el ANEXO I: Distancias a las Subestaciones Eléctricas se encuentran todas las imágenes con el trazado del mapa de EmodNET de cada emplazamiento a la subestación más cercana.

A continuación se detallan estas distancias y las subestaciones resultantes por demarcaciones.

##### ***4.2.3.1 Demarcación Noratlántica***

En la demarcación noratlántica se han recogido de la página de Red Eléctrica de España todas las subestaciones eléctricas que se encuentran en las comunidades autónomas de Galicia y Asturias:

| SET NORÁTLANTICA | Tensión |
|------------------|---------|
| XOVE             | 400 kV  |
| ATIOS            | 220 kV  |
| SABON            | 220 kV  |
| LOURIZAN         | 220kV   |
| GRELA-2          | 220 kV  |
| PUERTO           | 220 kV  |
| VIMIANZO         | 220 kV  |
| MAZARICO         | 220 kV  |
| TIBO             | 220 kV  |
| CARRIÓ           | 220 kV  |

Tabla 16:SET demarcación Noratlántica. Fuente: [26] [27]

Las mínimas distancias de cada uno de los emplazamientos para poder realizar un análisis comparativo se han calculado con el uso de EmodNET y se han obteniendo los siguientes valores:

| ZONA | SET más cercana | Distancia SET (km) |
|------|-----------------|--------------------|
| NOR1 | ATIOS           | 59,75              |
| NOR2 | SABÓN           | 50,49              |
| NOR3 | PUERTO          | 51,79              |
| NOR4 | PUERTO          | 52,62              |
| NOR5 | XOVÉ            | 38,08              |
| NOR6 | XOVÉ            | 53,73              |
| NOR7 | XOVÉ            | 62,85              |
| NOR8 | CARRIÓ          | 30,16              |

Tabla 17:Distancias SET demarcación Noratlántica. Fuente: Elaboración Propia

Tras obtener las distancias se ha desarrollado un criterio de pesos en función de las distancias para poder realizar la comparativa. El criterio seguido es el siguiente:

| Rangos      | Pts |
|-------------|-----|
| >60 km      | 1   |
| 40 km-60 km | 2   |
| <40 km      | 3   |

Tabla 18: Criterio de pesos Distancia SET. Fuente: Elaboración Propia

Se han elegido estos rangos al ser la distancia media de unos 40 km según WindEurope [28]. Menor de esta distancia media se ha tomado como la mejor opción, mientras que mayor de 60 km se considera el peor caso según los resultados.

| ZONA | Distancia SET(km) | Pts |
|------|-------------------|-----|
| NOR8 | 30,16             | 3   |
| NOR5 | 38,08             | 3   |
| NOR2 | 50,49             | 2   |
| NOR3 | 51,79             | 2   |
| NOR4 | 52,62             | 2   |
| NOR6 | 53,73             | 2   |
| NOR1 | 59,75             | 2   |
| NOR7 | 62,85             | 1   |

Tabla 19: Resultados Distancias con puntuación Noratlántica. Fuente: Elaboración Propia

Se observa cómo hay dos zonas en esta demarcación con distancias menores a 40 km que son la zona NOR-8 y la NOR-5. Considerando este nuevo aspecto, podemos observar cómo la óptima ubicación varía en términos de distancia en comparación con la velocidad promedio.

Considerar múltiples factores es clave para generar una nueva matriz que tome en cuenta todos los aspectos necesarios y lograr así la mejor ubicación.

#### 4.2.3.2 Demarcación Canaria

Para la demarcación de Canarias se ha seguido el mismo procedimiento, primero se han encontrado las subestaciones eléctricas cerca de los emplazamientos.

| SET CANARIAS              | Tensión       |
|---------------------------|---------------|
| <b>TENERIFE</b>           |               |
| CANDELARIA                | 66kV/220 kV   |
| Granadilla I y II         | 66kV / 220 kV |
| Arona                     | 66KV          |
| Polígono de Güímar        | 66 kV         |
| Guía Isora                | 66 kV         |
| <b>LANZAROTE</b>          |               |
| Callejones y Punta Grande | 66kV          |

| FUERTEVENTURA               |               |
|-----------------------------|---------------|
| Puerto del Rosario          | 66 kV         |
| GRAN CANARIAS               |               |
| Barranco de Tirajana I y II | 66kV/220 kV   |
| Jinámar                     | 66 kV / 220kV |

Tabla 20: SET demarcación Canarias. Fuente: [29]

Con el uso de EmodNET se han obtenido las mínimas distancias obteniendo la siguiente tabla:

| ZONA     | SET más cercana              | Distancia SET (km) |
|----------|------------------------------|--------------------|
| CANFV1   | PUERTO DEL ROSARIO           | 48,96              |
| CANFV2   | PUERTO DEL ROSARIO           | 18,39              |
| CANLANZ1 | PUNTA GRANDE                 | 18,9               |
| CANGC1   | BARRANCO DE TIRAJANA/JINÁMAR | 14,82              |
| CANTEN1  | GRANADILLA I y II            | 17,38              |
| CANTEN2  | GRANADILLA I y II            | 13,02              |

Tabla 21: Distancias SET demarcación canaria. Fuente: Elaboración Propia

Las distancias en esta demarcación son excelentes, ya que cinco de los seis emplazamientos están a menos de 40 km de distancia.

Siguiendo el mismo criterio de pesos de la Tabla 18 se obtienen las siguientes puntuaciones:

| ZONA     | Distancia SET(km) | Pts |
|----------|-------------------|-----|
| CANTEN2  | 13,02             | 3   |
| CANGC1   | 14,82             | 3   |
| CANTEN1  | 17,38             | 3   |
| CANFV2   | 18,39             | 3   |
| CANLANZ1 | 18,9              | 3   |
| CANFV1   | 48,96             | 2   |

Tabla 22: Resultados Distancias con puntuación Canaria. Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.3.3 Demarcación Levantino Balear

Como en las otras dos demarcaciones se han hallado las subestaciones en las zonas de Cataluña y la isla de Menorca donde se encuentran los tres emplazamientos en esta demarcación.

| SET LEBA        | Tensión |
|-----------------|---------|
| <b>MENORCA</b>  |         |
| Mahón           | 132 kV  |
| Mercadal        | 132 kV  |
| ciudadela       | 132 kV  |
| <b>CATALUÑA</b> |         |
| JUIA            | 220 kV  |
| BESCANO         | 400 kV  |
| S. CELONI       | 220 kV  |

Tabla 23: SET demarcación LEBA. Fuente: [30] [24]

Una vez localizadas las subestaciones se ha vuelto a hacer uso del recurso EmodNET para encontrar en emplazamiento la subestación más cercana obteniéndose:

| ZONA  | SET más cercano | Distancia SET(km) |
|-------|-----------------|-------------------|
| LEBA1 | JUIA            | 46,5              |
| LEBA2 | MERCADAL        | 20,63             |
| LEBA3 | MAHÓN           | 22,52             |

Tabla 24: Distancias SET demarcación LEBA. Fuente: Elaboración Propia

Siguiendo el mismo criterio de pesos de la Tabla 18 se obtienen los siguientes resultados en esta demarcación:

| ZONA  | Distancia SET(km) | Pts |
|-------|-------------------|-----|
| LEBA2 | 20,63             | 3   |
| LEBA3 | 22,52             | 3   |
| LEBA1 | 46,5              | 2   |

Tabla 25: Resultados Distancias con puntuación LEBA. Fuente: Elaboración Propia

Como resultado, se observa que esta demarcación, al igual que la demarcación Canaria, presenta distancias de 40 km y que, por lo tanto, incurrirían en menores costes de instalación y operación por menores longitudes de cable y, por consiguiente, menores pérdidas.

#### 4.2.3.4 Demarcación Estrecho y Alborán

Los dos últimos emplazamientos de los 19 de estudio han seguido el mismo procedimiento, primero se han encontrado las subestaciones más próximas.

| SET ESAL  | Tensión |
|-----------|---------|
| COSTASOL  | 220 kV  |
| N.CASARES | 220 kV  |
| ALHAURIN  | 220 kV  |
| POLÍGONO  | 220 kV  |
| L.RAMOS   | 220 kV  |
| L.MONTES  | 220 kV  |
| LITORAL   | 400 kV  |

Tabla 26: SET demarcación ESAL. Fuente: [31]

Con el uso de EmodNET se hallan las mínimas distancias a las SET quedando:

| ZONA   | SET más cercana | Distancia SET(km) |
|--------|-----------------|-------------------|
| ESAL-1 | COSTASOL        | 69,74             |
| ESAL-2 | LITORAL         | 101,85            |

Tabla 27: Distancias SET demarcación ESAL. Fuente: Elaboración Propia

Y por último se obtienen los resultados siguiendo el criterio de pesos de la Tabla 18.

| ZONA   | Distancia SET(km) | Pts |
|--------|-------------------|-----|
| ESAL-1 | 69,74             | 1   |
| ESAL-2 | 101,85            | 1   |

Tabla 28: Resultados Distancias con puntuación LEBA. Fuente: Elaboración Propia

Se observa como estos dos emplazamientos tienen distancias muy superiores a la media de 40 km. Por lo tanto, no son buenos candidatos para la instalación de un aerogenerador en el mar.

#### **4.2.4 PROFUNDIDAD**

La profundidad es otro de los parámetros fundamentales a analizar previos a la determinación de un proyecto de eólica marina al ser necesario para asegurar que las estructuras son las más adecuadas y estables. Además, la península tiene una dificultad añadida y es la plataforma continental reducida, es decir, que la profundidad aumenta considerablemente al alejarse de la costa. [32]

Para llevar a cabo el análisis de la batimetría se ha hecho uso del visor de información geográfico-marina del ministerio de transición ecológica y reto demográfico [20]. Este visor permite ver los emplazamientos con las curvas de nivel.

En el Anexo II- Batimetría Emplazamientos se adjuntan todas las imágenes obtenidas gracias visor de información geográfico-marina del ministerio de transición ecológica y reto demográfico de la batimetría.

Haciendo uso del recurso del ministerio de transición ecológica y reto demográfico se han podido obtener las profundidades de los 19 emplazamientos. Para ello cada zona se sitúa entre varias curvas de nivel por lo que el procedimiento llevado a cabo consta de calcular el valor medio para cada zona para posteriormente poder obtener una comparativa entre las zonas para este parámetro.

Se ha realizado un criterio de pesos siguiendo los rangos de batimetrías encontrados tras analizar los 19 emplazamientos que se adjuntan en el Anexo II- Batimetría Emplazamientos., Las mínimas profundidades que se encuentran están en el rango de 100-200m, por lo tanto, sería el caso más favorable, la mayoría se encuentran entre los 200-600m y las más desfavorables se encuentran en un valor medio de 750m. Todos los emplazamientos se sitúan por debajo del valor máximo establecido en los 1000m de profundidad

El criterio de pesos correspondiente es el siguiente:

| Rangos    | Pts |
|-----------|-----|
| >600m     | 1   |
| 200m-600m | 2   |
| 100m-200m | 3   |

Tabla 29: Criterio de pesos profundidad. Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2.4.1 Demarcación Noratlántica

Con el criterio de pesos se ordenan y establecen puntuaciones para las profundidades que se obtienen en los ocho emplazamientos de esta demarcación.

| Batimetría | Profundidad media (m) | Pts |
|------------|-----------------------|-----|
| NOR1       | 150                   | 3   |
| NOR2       | 500                   | 2   |
| NOR3       | 200                   | 3   |
| NOR4       | 200                   | 3   |
| NOR5       | 150                   | 3   |
| NOR6       | 150                   | 3   |
| NOR7       | 150                   | 3   |
| NOR8       | 150                   | 3   |

Tabla 30: Valores profundidad zona Noratlántica. Fuente: Elaboración Propia.

La zona noratlántica tiene profundidades medias bastante favorables por debajo de los 200m por lo que con respecto a este parámetro sería una buena zona para llevar a cabo un proyecto de eólica marina.

#### 4.2.4.2 Demarcación Canaria

En la demarcación canaria se ha seguido el mismo procedimiento con el visor de información geográfico-marina del ministerio de transición ecológica y reto demográfico siguiendo el criterio de la Tabla 29. Se han obtenido las siguientes profundidades medias:

| Batimetría | Profundidad media (m) | Pts |
|------------|-----------------------|-----|
| CANFV1     | 550                   | 2   |
| CANFV2     | 750                   | 1   |
| CANLANZ1   | 750                   | 1   |
| CANGC1     | 550                   | 2   |
| CANTEN1    | 750                   | 1   |
| CANTEN2    | 750                   | 1   |

Tabla 31: Valores profundidad zona canaria. Fuente: Elaboración Propia.

A la vista de los resultados, se observa como canarias no tiene las mejores profundidades para la instalación de un parque eólico marino.

#### **4.2.4.3 Demarcación Levantino Balear**

En los tres emplazamientos de la demarcación Levantino-Balear se ha seguido el mismo procedimiento obteniendo la siguiente tabla:

| Batimetría | Profundidad media(m) | Pts |
|------------|----------------------|-----|
| LEBA1      | 350                  | 2   |
| LEBA2      | 600                  | 2   |
| LEBA3      | 600                  | 2   |

Tabla 32: Valores profundidad zona LEBA. Fuente: Elaboración Propia.

En estos emplazamientos los valores de profundidad media no son óptimos, sin embargo, en la zona de Cataluña se presenta una profundidad menor que los emplazamientos de la isla de Menorca.

#### **4.2.4.4 Demarcación Estrecho y Alborán**

Por último, se han encontrado los valores de la batimetría para los dos emplazamientos en la costa de Andalucía y sus puntuaciones siguiendo el criterio de pesos de la Tabla 29 se obtiene las siguientes puntuaciones:

| Batimetría | Profundidad media(m) | Pts |
|------------|----------------------|-----|
| ESAL-1     | 750                  | 1   |
| ESAL-2     | 750                  | 1   |

Tabla 33: Valores profundidad zona ESAL. Fuente: Elaboración Propia

En esta zona las profundidades son las más altas de entre todos los emplazamientos con una profundidad media de 750m. Por lo que, no es la demarcación idónea para llevar a cabo este tipo de proyectos.

#### **4.2.5 COEXISTENCIA CON OTRAS ACTIVIDADES**

Analizar el impacto que tienen otras actividades en convivencia con la eólica marina es crucial para minimizar los conflictos y promover buenas relaciones entre todas las diferentes partes interesadas en el emplazamiento seleccionado. A continuación, se muestran las diferentes áreas además de la densidad de buques pesqueros y las áreas de interés para las aves que conviven en estos emplazamientos.

- Cartografía de la zonificación del POEM
  - + Zonas de uso prioritario
  - Zonas de alto potencial
    - Zonas de alto potencial para la conservación de la biodiversidad
    - Zonas de alto potencial para la extracción de áridos destinados a la protección costera
    - Zonas de alto potencial para la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i)
    - Zonas de alto potencial para la actividad portuaria
    - Zonas de alto potencial para el desarrollo de la energía eólica marina
    - Zonas de alto potencial para la acuicultura marina

Figura 62: Actividades Coexistencia Actividades. Fuente: [20]

Para cada demarcación se muestra un mapa con todas las actividades que coexisten en cada emplazamiento, así como una tabla con todas las actividades asignando un punto si comparte actividad parcialmente con esa demarcación, dos puntos si esa actividad coincide en su totalidad con una zona y cero puntos si la actividad está fuera de los límites del emplazamiento.

Para cada demarcación se analizan los emplazamientos con las diferentes actividades y por último, se realiza la tabla con todas las zonas y las puntuaciones finales para observar aquellas zonas más conflictivas por tener mayor contacto con más actividades.

#### ***4.2.5.1 Demarcación Noratlántica***

En la demarcación noratlántica se encuentran las siguientes actividades:

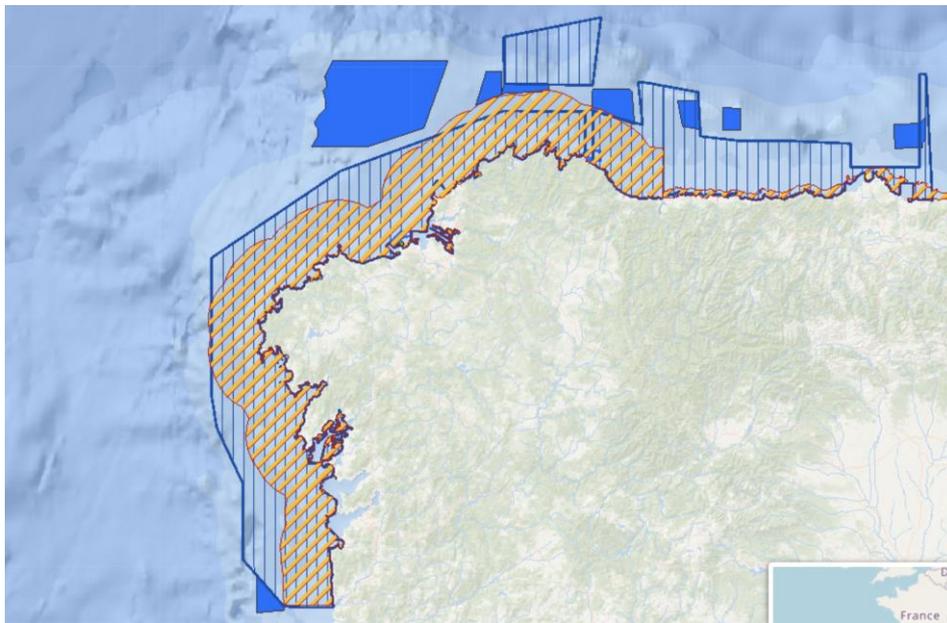


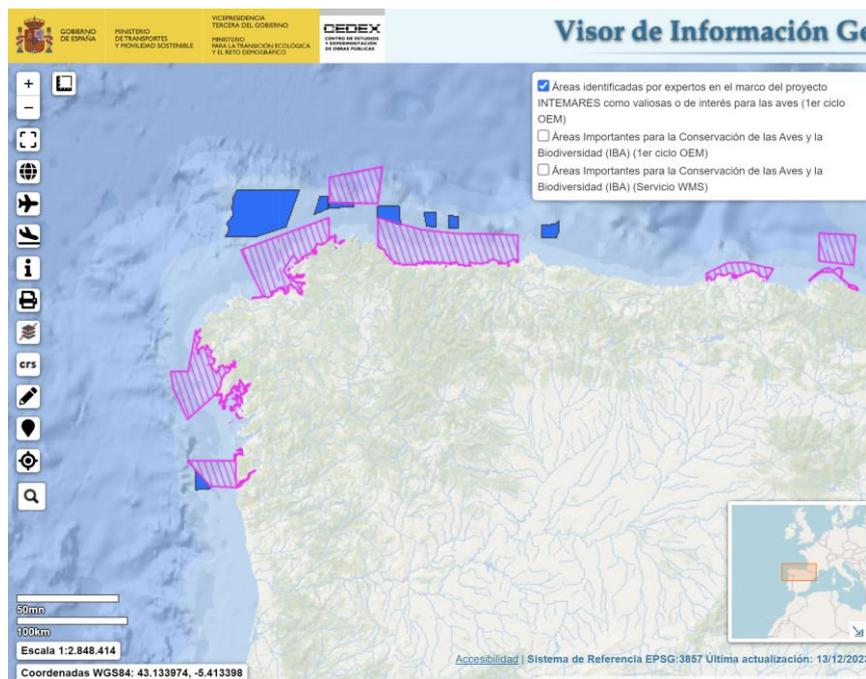
Figura 63: Actividades demarcación noratlántica. Fuente: [20]

En la Figura 63 se observa en cuadrículas azules las zonas reservadas para la biodiversidad, y con sombreado naranja las zonas destinadas a la acuicultura marina. Por lo tanto, se observa como la zona NOR-4, NOR-5, NOR-6 y NOR-8 están ocupadas por alguna de estas actividades y es un factor para tener en cuenta para una posible instalación en esas zonas de un parque eólico.



Figura 64. Densidad de Buques zona Noratlántica. Fuente: [20]

La densidad media de buques es bastante alta en todas las zonas por lo que se ha decidido dejar fuera del estudio al no ser un factor determinante para elegir unas zonas sobre otras.



Análisis del potencial de las energías renovables marinas en España

Figura 65:Áreas con interés valiosos para las aves noratlántica. Fuente: [20]

Otro factor importante que resulta ser uno de los principales problemas para los aerogeneradores es la interacción con las aves. En este caso, en esta demarcación no hay mucho problema con esta interacción en las zonas de interés.

A continuación, se muestra la tabla de resultados por las interacciones con las actividades en esta demarcación.

| Demarcación Noratlántica | Zonas de uso para la biodiversidad | Zona para la acuicultura marina | Zonas de interés para las aves | Zonas de interés para tráfico marítimo, actividad portuaria y actividad media de buques | Total |
|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---|-------|
| NOR1                     | 0                                  | 0                               | 0                              | 2   | 2     |
| NOR2                     | 0                                  | 0                               | 0                              | 2   | 2     |
| NOR3                     | 0                                  | 0                               | 0                              | 2   | 2     |
| NOR4                     | 1                                  | 0                               | 1                              | 2   | 4     |
| NOR5                     | 1                                  | 1                               | 1                              | 2   | 5     |
| NOR6                     | 2                                  | 0                               | 0                              | 2   | 4     |
| NOR7                     | 0                                  | 0                               | 0                              | 2   | 2     |
| NOR8                     | 1                                  | 0                               | 0                              | 2   | 3     |

Tabla 34:Resultados coexistencia actividades noratlántica. Fuente: Elaboración Propia

#### **4.2.5.2 Demarcación Levantino Balear**

Para el resto de las demarcaciones como es la Levantino Balear se ha procedido del mismo modo analizando las mismas actividades con posible interacción en los emplazamientos.

En la Figura 66, se observa como el emplazamiento LEBA-1 se encuentra completamente metido en una zona reservada para la biodiversidad, pero en cambio, las otras dos zonas se encuentran fuera de interacciones con la biodiversidad y la acuicultura marina.

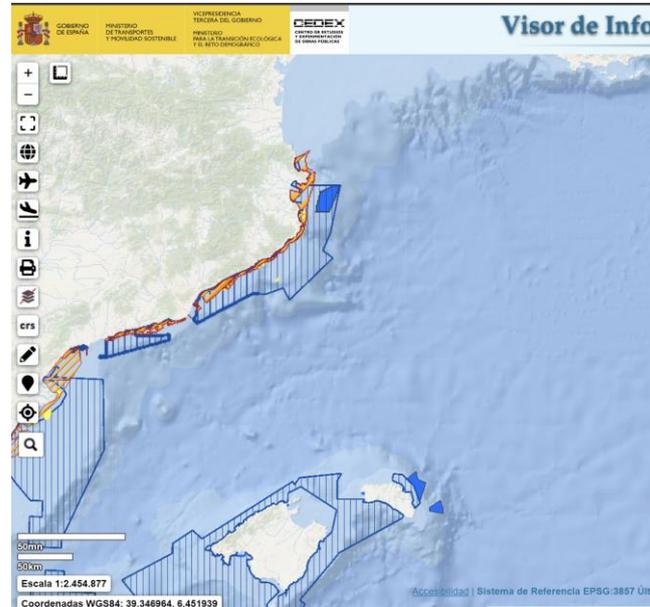


Figura 66: Actividades demarcación LEBA. Fuente: [20]

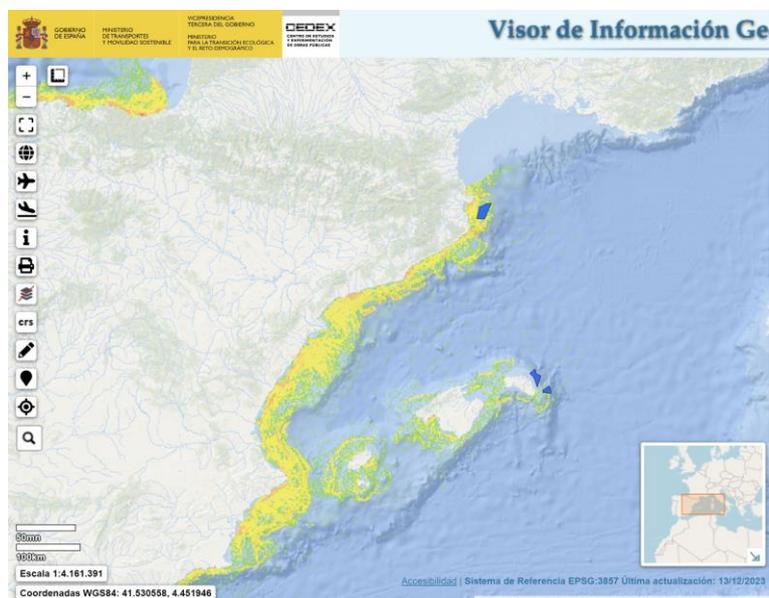


Figura 67: Densidad media de buques LEBA Fuente: [20]

En este caso, en la Figura 68 muestra que la interacción con las aves no será un inconveniente en esta área, ya que no se superpone con ninguna de las tres zonas de interés.

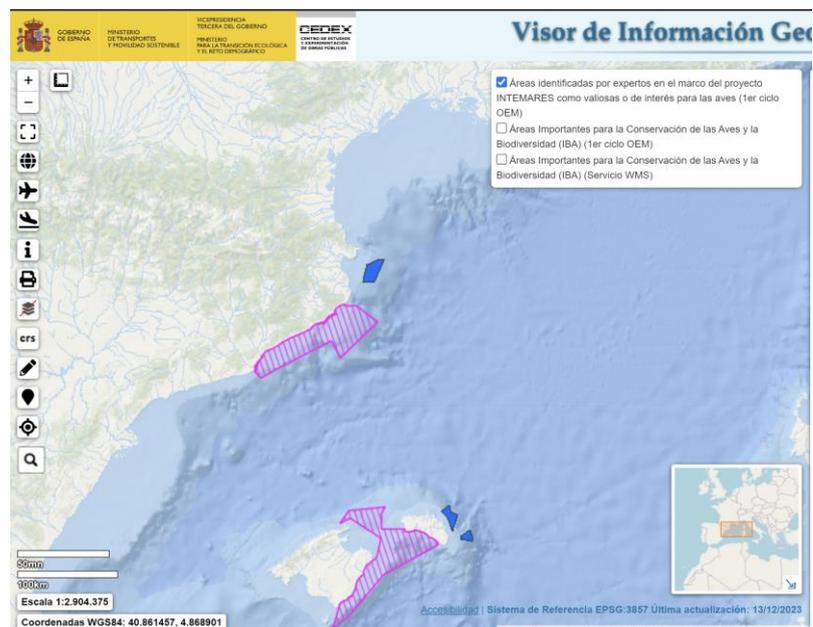


Figura 68: Áreas con interés valiosos para las aves LEBA. Fuente: [20]

La tabla de resultados de esta demarcación es la siguiente:

| Demarcación LEBA | Zonas de uso para la biodiversidad | Zona para la acuicultura marina | Zonas de interés para las aves | Zonas de interés para tráfico marítimo, actividad portuaria y actividad media de buques | Total |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---|-------|
| LEBA1            | 2                                  | 0                               | 0                              | 2   | 4     |
| LEBA2            | 0                                  | 0                               | 0                              | 1   | 1     |
| LEBA3            | 0                                  | 0                               | 0                              | 1   | 1     |

Tabla 35: Resultados coexistencia actividades LEBA. Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.5.3 Demarcación Estrecho y Alborán

De igual manera se analiza la coexistencia de actividades en la zona del Estrecho y Alborán.

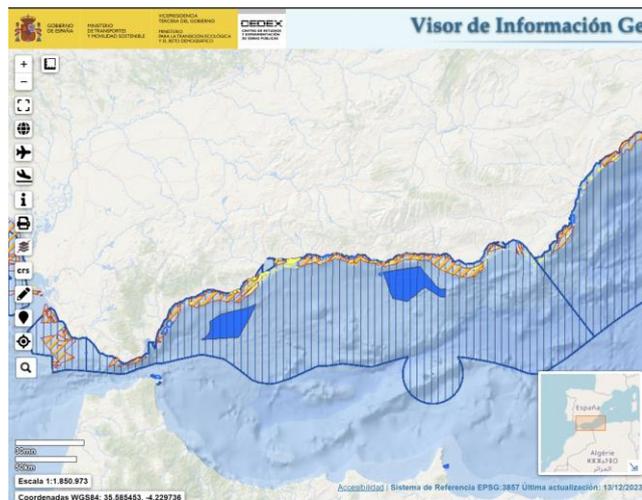


Figura 69: Actividades demarcación ESAL. Fuente: [20]

Se observa en la Figura 69 que ambas zonas se encuentran en una zona reservada para la biodiversidad.



Figura 70: Densidad media de buques ESAL Fuente: [20]

Como en el resto de las demarcaciones la densidad media de buques es alta en todas las zonas por lo que se ha dejado fuera del estudio comparativo de las interacciones con otras actividades.

A continuación, en la Figura 71 se muestra la interacción con las zonas de interés valioso para las aves.

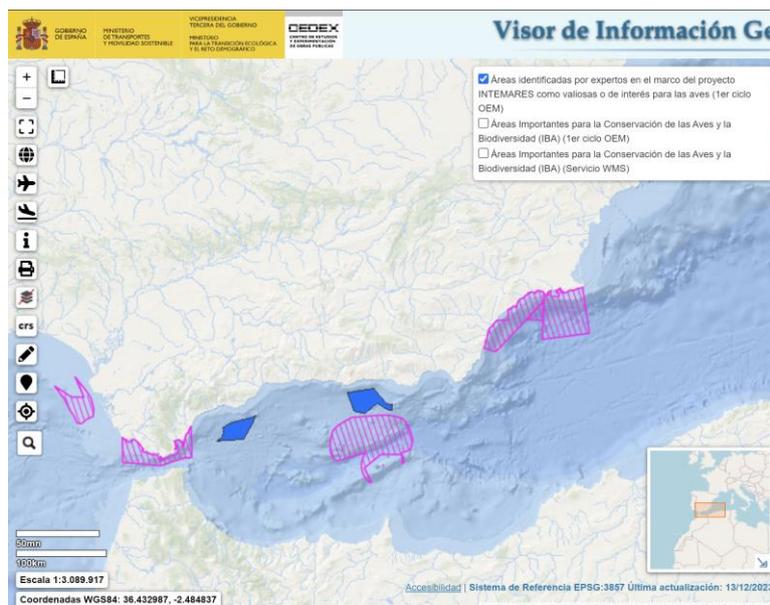


Figura 71: Áreas con interés valiosos para las aves LEBA. Fuente: [20]

Por último, una vez analizadas las interacciones se realiza la tabla de resultados para esta demarcación:

| Demarcación ESAL | Zonas de uso para la biodiversidad | Zona para la acuicultura marina | Zonas de interés para las aves | Zonas de interés para tráfico marítimo, actividad portuaria y actividad media de buques | Total |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---|-------|
| ESAL1            | 2                                  | 0                               | 0                              | 1   | 3     |
| ESAL2            | 2                                  | 0                               | 0                              | 1   | 3     |

Tabla 36: Resultados coexistencia actividades ESAL. Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.5.4 Demarcación Canaria

En la demarcación de canarias se han estudiado la coexistencia de actividades con los seis emplazamientos que tiene esta demarcación.

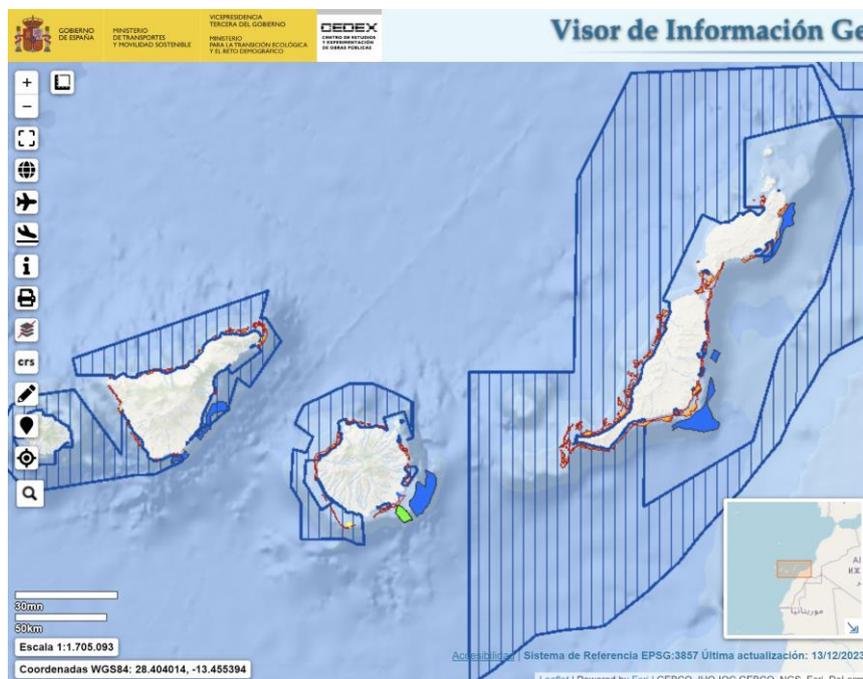


Figura 72: Actividades demarcación canarias. Fuente: [20]

En la Figura 72 se observa como las zonas reservadas para la biodiversidad coinciden con las zonas en la isla de Tenerife.



Figura 73: Densidad media de buques canarias Fuente: [20]

Como en el resto de las demarcaciones la densidad media de buques es alta en todas las zonas por lo que se ha dejado fuera del estudio comparativo de las interacciones con otras actividades.

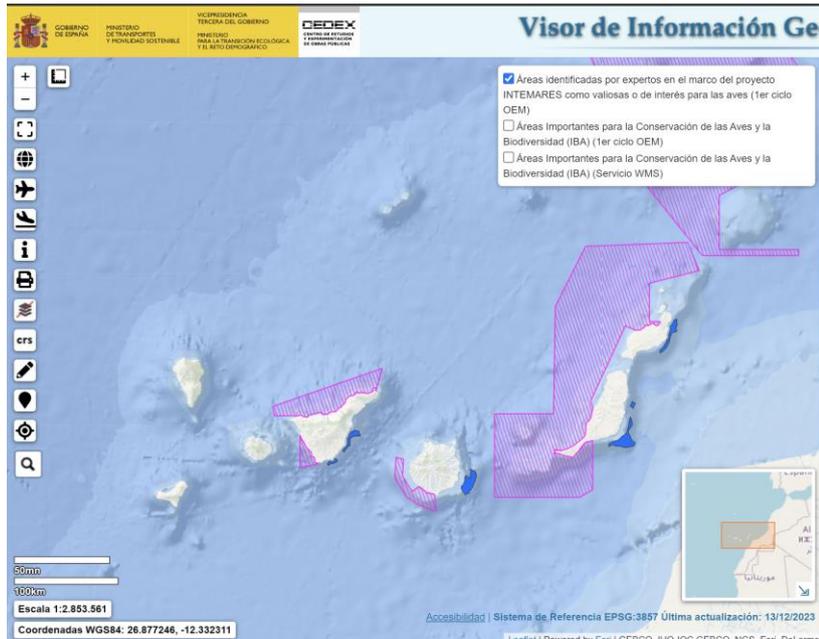


Figura 74: Áreas con interés valiosos para las aves canarias. Fuente: [20]

En esta demarcación no hay ningún problema por la interacción con aves ya que no solapa con ninguna zona de estudio.

La tabla de resultados en esta demarcación es la siguiente:

| Demarcación Canaria | Zonas de uso para la biodiversidad | Zona para la acuicultura marina | Zonas de interés para las aves | Zonas de interés para tráfico marítimo, actividad portuaria y actividad media de buques | Total |
|---------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---|-------|
| CAN FV1             | 0                                  | 0                               | 0                              | 2   | 2     |
| CAN FV2             | 0                                  | 0                               | 0                              | 2   | 2     |
| CAN LANZ1           | 0                                  | 0                               | 0                              | 2   | 2     |
| CAN TEN1            | 2                                  | 0                               | 0                              | 2   | 4     |
| CAN TEN2            | 2                                  | 0                               | 0                              | 2   | 4     |

|         |   |   |   |   |   |
|---------|---|---|---|---|---|
| CAN CG1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
|---------|---|---|---|---|---|

Tabla 37: Resultados coexistencia actividades canarias. Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.5.5 Resultados

Después de obtener las tablas de resultados por demarcaciones, se ha creado una nueva matriz de pesos donde el criterio de puntuación está basado en los resultados por demarcaciones. El criterio de es el siguiente:

| Rango | Pts |
|-------|-----|
| 0-1   | 3   |
| 2-3   | 2   |
| >=4   | 1   |

Tabla 38: Criterio rangos coexistencia actividades. Fuente: Elaboración Propia

Es decir, los emplazamientos que tengan de 0 a 1 punto, significan que tienen baja coexistencia con otras actividades. Por el contrario, las zonas con más de 4 puntos tienen que convivir con ciertas actividades.

Los resultados con puntuaciones en las 19 zonas se muestran a continuación:

| Demarcación<br>Noratlántica | Total | Pts |
|-----------------------------|-------|-----|
| LEBA2                       | 1     | 3   |
| LEBA3                       | 1     | 3   |
| NOR1                        | 2     | 2   |
| NOR2                        | 2     | 2   |
| NOR3                        | 2     | 2   |
| NOR7                        | 2     | 2   |
| CAN FV1                     | 2     | 2   |
| CAN FV2                     | 2     | 2   |
| CAN LANZ1                   | 2     | 2   |
| CAN CG1                     | 2     | 2   |
| NOR8                        | 3     | 2   |
| ESAL1                       | 3     | 2   |
| ESAL2                       | 3     | 2   |
| NOR4                        | 4     | 1   |
| NOR6                        | 4     | 1   |
| LEBA1                       | 4     | 1   |
| CAN TEN1                    | 4     | 1   |
| CAN TEN2                    | 4     | 1   |
| NOR5                        | 5     | 1   |

Tabla 39: Resultados finales factor coexistencia actividades. Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 39 se observa como las zonas con menores interacciones se dan en la isla de Menorca correspondientes con los emplazamientos LEBA-2 y LEBA-3, en cambio, las zonas más conflictivas y, por tanto, con mayores interacciones con otras actividades se dan en la zona NOR-5 y en las zonas CANTEN-1 y CANTEN-2.

#### 4.2.6 CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA

La elección del emplazamiento debe tener en consideración la viabilidad de la conexión a la red, así como su proximidad, el estado de la red de transporte en cada zona y la capacidad de la red para absorber, así como para distribuir energía eléctrica.

Red Eléctrica de España analiza el estado de la red transporte para cada subestación a la red de transporte pudiendo ser existente, planificada o inexistente. También mide la capacidad de

acceso MPE (módulo de parque eléctrico) que mide la capacidad disponible para las energías renovables en cada nudo. [33]

Se ha realizado para cada demarcación una tabla donde se observa el estado de cada subestación a la red de transporte y la situación del nudo con su capacidad de acceso. [33]

La interconexión de un aerogenerador marino tiene las siguientes fases:

1. Generación de electricidad por los aerogeneradores en Baja Tensión (400 V/690 V) mayor tensión aquellos con mayores dimensiones. [34]
2. Transformador elevador para pasar estas tensiones a Media Tensión (33 kV/66 kV) [34]
3. Una vez se encuentra en esta fase hay dos posibles caminos:
  - a. Si el parque eólico se encuentra a menos de 15 km de la costa se transporta la electricidad por una línea de evacuación submarina hasta una subestación eléctrica ya en Alta Tensión (132 kV/220 kV). [35]
  - b. Si el parque eólico se sitúa a más de 15 km de distancia esta electricidad pasa por una subestación offshore antes de llegar en Alta Tensión a la subestación eléctrica.
4. Por último, de la subestación eléctrica se vuelca la electricidad en la red de transporte.

#### ***4.2.6.1 Demarcación Noratlántica***

Para la demarcación del norte se muestra la tabla donde se observan todas las subestaciones con el estado de la red de transporte y la situación en el nudo. Esta tabla es la siguiente:

| SET NORÁTLANTICA              | Tensión | Red de transporte |             | Situación Nudo          |
|-------------------------------|---------|-------------------|-------------|-------------------------|
|                               |         | Existente         | Planificada | Capacidad de acceso MPE |
| <b>Galicia</b>                |         |                   |             |                         |
| XOVE                          | 400 kV  |                   | ✓           | 169                     |
| ATIOS                         | 220 kV  |                   |             | 168                     |
| SABÓN                         | 220 kV  | ✓                 |             | 157                     |
| LOURIZAN                      | 220kV   |                   |             | 116                     |
| GRELA-2                       | 220 kV  |                   |             | 0                       |
| PUERTO                        | 220 kV  |                   |             | 0                       |
| VIMIANZO                      | 220 kV  |                   |             | 335                     |
| MAZARICO                      | 220 kV  |                   |             | 307                     |
| TIBO                          | 220 kV  |                   | ✓           | 157                     |
| <b>Principado de Asturias</b> |         | Existente         | Planificada | Capacidad de acceso MPE |
| CARRIÓ                        | 220 kV  | ✓                 |             | 39                      |

Tabla 40: Conexión red noratlántica. Fuente: [33]

#### 4.2.6.2 Demarcación Estrecho y Alborán

La situación de las subestaciones que se encuentran en la zona del Estrecho y Alborán se detallan en la Tabla 41.

| SET ESAL         | Tensión | Red de transporte |             | Situación Nudo          |
|------------------|---------|-------------------|-------------|-------------------------|
|                  |         | Existente         | Planificada | Capacidad de acceso MPE |
| <b>Andalucía</b> |         |                   |             |                         |
| COSTASOL         | 220 kV  |                   |             | 46                      |
| N.CASARES        | 220 kV  |                   | ✓           | 157                     |
| ALHAURIN         | 220 kV  |                   | ✓           | 158                     |
| POLÍGONO         | 220 kV  |                   |             | 357                     |
| L.RAMOS          | 220 kV  | ✓                 |             | 351                     |
| L.MONTES         | 220 kV  |                   | ✓           | 60                      |
| LITORAL          | 400 kV  | ✓                 |             | 760                     |

Tabla 41: Conexión red ESAL. Fuente: [34]

#### 4.2.6.3 Demarcación Levantino Balear

De la misma manera en la zona del levante e isla de Menorca gracias a Red Eléctrica de España se detalla el estado de las subestaciones eléctricas.

| <b>SET LEBA</b> | <b>Tensión</b> | <b>Red de transporte</b> |             | <b>Situación Nudo</b>   |
|-----------------|----------------|--------------------------|-------------|-------------------------|
| <b>MENORCA</b>  |                | Existente                | Planificada | Capacidad de acceso MPE |
| Mahón           | 132 kV         | ✓                        |             | 0                       |
| Mercadal        | 132 kV         |                          | ✓           | 47                      |
| ciudadela       | 132 kV         |                          | ✓           | 55                      |
| <b>CATALUÑA</b> |                | Existente                | Planificada | Capacidad de acceso MPE |
| JUIA            | 220 kV         |                          |             | 181                     |
| BESCANO         | 400 kV         |                          |             | 28                      |
| S.CELONI        | 220 kV         |                          |             | 36                      |

Tabla 42: Conexión red LEBA. Fuente: [34]

#### 4.2.6.4 Demarcación Canarias

En la zona de las islas canarias también se ha estudiado la conexión a la red mediante el estado de la red de transporte en sus subestaciones y la capacidad de acceso en los nudos.

| SET CANARIAS                | Tensión | Red de transporte |             | Situación Nudo          |
|-----------------------------|---------|-------------------|-------------|-------------------------|
|                             |         | Existente         | Planificada | Capacidad de acceso MPE |
| <b>TENERIFE</b>             |         |                   |             |                         |
| CANDELARIA                  | 66kV    |                   | ✓           | 0                       |
| CANDELARIA                  | 220 kV  |                   |             | 0                       |
| Granadilla I y II           | 66kV    | ✓                 |             | 0                       |
| Granadilla I y II           | 220 kV  | ✓                 |             | 0                       |
| Arona                       | 66KV    |                   |             | 10                      |
| Polígono de Güímar          | 66 kV   |                   |             | 38                      |
| Guía Isora                  | 66 kV   |                   | ✓           | 9                       |
| <b>LANZAROTE</b>            |         | Existente         | Planificada | Capacidad de acceso MPE |
| Callejones                  | 66kV    | ✓                 |             | 32                      |
| Punta Grande                | 66 kV   | ✓                 |             | 19                      |
| <b>FUERTEVENTURA</b>        |         | Existente         | Planificada | Capacidad de acceso MPE |
| Puerto del Rosario          | 66 kV   | ✓                 |             | 60                      |
| <b>GRAN CANARIAS</b>        |         | Existente         | Planificada | Capacidad de acceso MPE |
| Barranco de Tirajana I y II | 66kV    | ✓                 |             | 0                       |
| Barranco de Tirajana I y II | 220 kV  | ✓                 |             | 0                       |
| Jinámar                     | 66 kV   | ✓                 |             | 15                      |
| Jinámar                     | 220 kV  | ✓                 |             | 0                       |

Tabla 43: Conexión red canarias. Fuente: [34]

#### 4.2.6.5 Resultados

Se ha realizado conociendo el estado de las subestaciones en todas las zonas una matriz de pesos para poder posteriormente realizar un estudio comparativo del estado de las subestaciones con las subestaciones elegidas en el apartado de mínimas distancias a las SET

| Conexión eléctrica | Pts |
|--------------------|-----|
| Ninguna            | 1   |
| Planificada        | 2   |
| Existente          | 3   |

Tabla 44: Criterio pesos conexión eléctrica. Fuente: Elaboración Propia

La nueva tabla con las puntuaciones y mostrando las zonas más próximas a cada subestación es la siguiente:

| Demarcaciones proximas | SET NORÁTLANTICA              | Tensión | Red de transporte |             | Pts |
|------------------------|-------------------------------|---------|-------------------|-------------|-----|
|                        |                               |         | Existente         | Planificada |     |
|                        | <b>Galicia</b>                |         | Existente         | Planificada |     |
| NOR3,NOR4,NOR5,NOR6    | XOVE                          | 400 kV  |                   | ✓           | 2   |
| NOR1                   | ATIOS                         | 220 kV  |                   |             | 1   |
| NOR2                   | SABÓN                         | 220 kV  | ✓                 |             | 3   |
| NOR1                   | LOURIZAN                      | 220kV   |                   |             | 1   |
| NOR2                   | GRELA-2                       | 220 kV  |                   |             | 1   |
| NOR2,NOR3,NOR4         | PUERTO                        | 220 kV  |                   |             | 1   |
| NOR1,NOR2              | VIMIANZO                      | 220 kV  |                   |             | 1   |
| NOR1                   | MAZARICO                      | 220 kV  |                   |             | 1   |
| NOR1                   | TIBO                          | 220 kV  |                   | ✓           | 2   |
|                        | <b>Principado de Asturias</b> |         | Existente         | Planificada |     |
| NOR8                   | CARRIÓ                        | 220 kV  | ✓                 |             | 3   |
|                        | <b>Andalucía</b>              |         | Existente         | Planificada |     |
| ESAL1,ESAL2            | COSTASOL                      | 220 kV  |                   |             | 1   |
| ESAL1,ESAL2            | N.CASARES                     | 220 kV  |                   | ✓           | 2   |
| ESAL1,ESAL2            | ALHAURIN                      | 220 kV  |                   | ✓           | 2   |
| ESAL1,ESAL2            | POLÍGONO                      | 220 kV  |                   |             |     |
| ESAL1,ESAL2            | L.RAMOS                       | 220 kV  | ✓                 |             | 3   |
| ESAL1,ESAL2            | L.MONTES                      | 220 kV  |                   | ✓           | 2   |
|                        | <b>MENORCA</b>                |         | Existente         | Planificada |     |
| LEBA2,LEBA3            | Mahón                         | 132 kV  | ✓                 |             | 3   |
| LEBA2,LEBA3            | Mercadal                      | 132 kV  |                   | ✓           | 2   |
| LEBA2.LEBA3            | ciudadela                     | 132 kV  |                   | ✓           | 2   |
|                        | <b>CATALUÑA</b>               |         | Existente         | Planificada |     |
| LEBA1                  | JUIA                          | 220 kV  |                   |             | 1   |
| LEBA1                  | BESCANO                       | 400 kV  |                   |             | 1   |
| LEBA1                  | S.CELONI                      | 220 kV  |                   |             | 1   |
|                        | <b>TENERIFE</b>               |         | Existente         | Planificada |     |
| CANTEN1,CANTEN2        | CANDELARIA                    | 66kV    |                   | ✓           | 2   |
| CANTEN1,CANTEN2        | CANDELARIA                    | 220 kV  |                   |             | 1   |
| CANTEN1,CANTEN2        | Granadilla I y II             | 66kV    | ✓                 |             | 3   |
| CANTEN1,CANTEN2        | Granadilla I y II             | 220 kV  | ✓                 |             | 3   |
| CANTEN1,CANTEN2        | Arona                         | 66KV    |                   |             | 1   |
| CANTEN1,CANTEN2        | Polígono de Güímar            | 66 kV   |                   |             | 1   |
| CANTEN1,CANTEN2        | Guía Isora                    | 66 kV   |                   | ✓           | 2   |
|                        | <b>LANZAROTE</b>              |         | Existente         | Planificada |     |
| CANLANZ1               | Callejones                    | 66kV    | ✓                 |             | 3   |
| CANLANZ1               | Punta Grande                  | 66 kV   | ✓                 |             | 3   |
|                        | <b>FUERTEVENTURA</b>          |         | Existente         | Planificada |     |
| CANFV1,CANFV2          | Puerto del Rosario            | 66 kV   | ✓                 |             | 3   |
|                        | <b>GRAN CANARIAS</b>          |         | Existente         | Planificada |     |
| CANCG1                 | Barranco de Tirajana          | 66kV    | ✓                 |             | 3   |
| CANCG1                 | Barranco de Tirajana          | 220 kV  | ✓                 |             | 3   |
| CANCG1                 | Jinámar                       | 66 kV   | ✓                 |             | 3   |
| CANCG1                 | Jinámar                       | 220 kV  | ✓                 |             | 3   |

Tabla 45: Resultados con puntuaciones conexión a la red eléctrica. Fuente: Elaboración Propia

Por último, se han analizado únicamente las subestaciones elegidas por tener menor distancia a los diferentes emplazamientos.

| Demarcación | SET                                 | Pts |
|-------------|-------------------------------------|-----|
| NOR1        | ATIOS                               | 1   |
| NOR2        | SABÓN                               | 3   |
| NOR3        | XOVE                                | 2   |
| NOR4        | XOVE                                | 2   |
| NOR5        | XOVE                                | 2   |
| NOR6        | XOVE                                | 2   |
| NOR7        | XOVE                                | 2   |
| NOR8        | CARRIÓ                              | 3   |
| CANFV1      | Puerto del Rosario                  | 3   |
| CANFV2      | Puerto del Rosario                  | 3   |
| CANLANZ1    | Callejones/Punta Grande             | 3   |
| CANGC1      | Jinámar/Barranco de Tirajana I y II | 3   |
| CANTEN1     | Granadilla I y II                   | 3   |
| CANTEN2     | Barranco de Tirajana I y II         | 3   |
| ESAL1       | L.Ramós                             | 3   |
| ESAL2       | L.Ramós                             | 3   |
| LEBA1       | Bescano                             | 1   |
| LEBA2       | Mahón                               | 3   |
| LEBA3       | Mahón                               | 3   |

Tabla 46: Resultados para las subestaciones de estudio. Fuente: Elaboración Propia

Se observa en la Tabla 46 como la demarcación canaria que cuenta con las mínimas distancias a la SET la conexión a la red existe en todas las subestaciones.

#### 4.2.7 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA OFFSHORE

Como se ha comentado en el apartado de la conexión eléctrica para aquellos emplazamientos con distancias superiores a 15 km es necesaria la instalación de una subestación offshore [35] lo que incurre en un aumento del coste de inversión por lo que es un parámetro importante. Es necesaria la instalación para distancias tan grandes ya que, sino las pérdidas serían muy grandes, sin embargo, es un factor desfavorable por los gastos adicionales que implica.

Se ha realizado una tabla para la valoración de la necesidad de construcción de una subestación eléctrica offshore en las subestaciones elegidas en el apartado de mínimas distancias a las SET.

| subestación offshore | Pts |
|----------------------|-----|
| Si                   | 1   |
| No                   | 2   |

Tabla 47: Criterio puntuación subestación offshore. Fuente: Elaboración Propia

| Demarcación | SET                                 | Distancia mínima | Pts |
|-------------|-------------------------------------|------------------|-----|
| NOR1        | ATIOS                               | 59,75            | 1   |
| NOR2        | SABÓN                               | 50,49            | 1   |
| NOR3        | XOVE                                | 51,79            | 1   |
| NOR4        | XOVE                                | 52,62            | 1   |
| NOR5        | XOVE                                | 38,08            | 1   |
| NOR6        | XOVE                                | 53,73            | 1   |
| NOR7        | XOVE                                | 62,85            | 1   |
| NOR8        | CARRIÓ                              | 30,16            | 1   |
| ESAL1       | L.Ramós                             | 69,74            | 1   |
| ESAL2       | L.Ramós                             | 101,85           | 1   |
| LEBA1       | Bescano                             | 46,5             | 1   |
| LEBA2       | Mahón                               | 20,63            | 1   |
| LEBA3       | Mahón                               | 22,52            | 1   |
| CANFV1      | Puerto del Rosario                  | 48,96            | 1   |
| CANFV2      | Puerto del Rosario                  | 18,39            | 1   |
| CANLANZ1    | Callejones/Punta Grande             | 18,9             | 1   |
| CANGC1      | Jinámar/Barranco de Tirajana I y II | 14,82            | 2   |
| CANTEN1     | Granadilla I y II                   | 17,38            | 1   |
| CANTEN2     | Barranco de Tirajana I y II         | 13,02            | 2   |

Tabla 48: Resultados valoración instalación de una subestación offshore. Fuente: Elaboración Propia

De los resultados se observa como de las 19 zonas 17 de ellas necesitan una subestación offshore al tener las distancias superiores a 15km. Las zonas de Gran Canaria y TEN-2 al no necesitar esta subestación incurrirían en menores costes de inversión.

#### 4.2.8 OLEAJE

El último parámetro por analizar es el oleaje. La evaluación de la altura significativa de ola y del periodo de las olas es importante a la hora de llevar a cabo el diseño y el dimensionamiento de las estructuras flotantes.

La altura máxima de ola es un factor determinante en la seguridad y usabilidad de los parques eólicos flotantes, ya que las olas muy altas pueden poner en peligro su estabilidad y poner en peligro la seguridad de la estructura, equipos y operadores. Estas plataformas marinas están expuestas a diversas condiciones del mar, por lo que es fundamental una evaluación del oleaje en la zona de instalación. El diseño de la plataforma debe tener en cuenta estas consideraciones y debe incluir sistemas de estabilización, materiales resistentes y una construcción adecuada para soportar las olas más fuertes que se esperan en la zona.

Se realiza un análisis del oleaje en cada demarcación en función de la altura significativa de ola. Este estudio se realiza con el mapa interactivo de los puertos del estado del ministerio de transportes y movilidad sostenible [36].

Para cada emplazamiento se ha analizado el oleaje durante un año y se ha calculado el valor medio para poder realizar el análisis comparativo. Todas las tablas con los valores a lo largo de un año de la altura significativa de ola para los 19 emplazamientos se encuentran en el Anexo III- Oleaje Eólica.

El análisis comparativo se realiza en unas matrices de pesos con el siguiente criterio:

| Rango (m) | Pts |
|-----------|-----|
| >5        | 1   |
| 3,5-4,5   | 2   |
| <3,5      | 3   |

Tabla 49: Criterio oleaje. Fuente: Elaboración Propia

Es decir, los casos más desfavorables atendiendo a los valores medios obtenidos se encuentran a alturas de más de 5 metros de altura, por el contrario, los casos más favorables se obtienen para valores inferiores a alturas de ola de 3,5 m.

#### 4.2.8.1 Resultados

La tabla con los valores promedio anuales de altura de ola significativa y sus respectivos pesos y puntuaciones para cada ubicación es la siguiente:

| Demarcaciones | Valor medio (m) | Pts |
|---------------|-----------------|-----|
| NOR-1         | 4,84            | 2   |
| NOR-2         | 5,4             | 1   |
| NOR-3         | 6,16            | 1   |
| NOR-4         | 5,95            | 1   |
| NOR-5         | 5,07            | 1   |
| NOR-6         | 4,72            | 2   |
| NOR-7         | 4,97            | 2   |
| NOR-8         | 4,69            | 2   |
| ESAL-1        | 2,74            | 3   |
| ESAL-2        | 3,69            | 2   |
| LEBA-1        | 5,09            | 1   |
| LEBA-2        | 5,17            | 1   |
| LEBA-3        | 5,02            | 1   |
| CANFV-1       | 2,72            | 3   |
| CANFV-2       | 3,16            | 3   |
| CANLANZ-1     | 3,62            | 2   |
| CANTEN-1      | 2,84            | 3   |
| CANTEN-2      | 2,37            | 3   |
| CANGC-1       | 2,92            | 3   |

Tabla 50: Resultados oleaje. Fuente: Elaboración Propia

Las zonas más favorables se encuentran en la demarcación canaria con prácticamente todas las zonas por debajo de alturas significativas de ola de 3,5 m. En cambio, en la zona del levante y la zona noratlántica habrá que tener mayor cuidado en el dimensionamiento y diseño de las estructuras al estar en contacto con alturas de ola mayores.

#### 4.2.9 ANÁLISIS COMPARATIVO DEMARCACIONES

Como punto final del análisis técnico del estudio de los 19 emplazamientos se realiza un orden de importancia entre los 8 factores analizados para poder obtener finalmente el mejor emplazamiento teniendo en cuenta todos los factores.

El orden de importancia establecido con pesos es el siguiente:

| Factor                   | Peso |
|--------------------------|------|
| Recurso eólico           | 8    |
| Conexión a la red        | 7    |
| Distancia SET            | 6    |
| Variabilidad             | 5    |
| Coexistencia actividades | 4    |
| Subestación Offshore     | 3    |
| Profundidad              | 2    |
| Oleaje                   | 1    |

Tabla 51: Orden importancia parámetros eólica. Fuente: Elaboración Propia

El siguiente orden de importancia para la instalación de un parque eólico se justifica por el siguiente motivo. En primer lugar, el viento es el factor más crítico, ya que la disponibilidad y calidad del viento determina la eficiencia y viabilidad económica del parque. Sin un viento fuerte y constante, la producción de energía no es suficiente. La conexión a la red también es muy importante porque permite distribuir la energía producida.

Una conexión eficiente asegura que la energía producida sea canalizada correctamente para su uso en la red, evitando así pérdidas y costes adicionales. La distancia a la subestación transformadora eléctrica (SET) es importante porque afecta los costos de infraestructura y las pérdidas de energía durante la transmisión. La variabilidad del viento es un factor intermedio porque afecta la uniformidad de la generación de energía; Es importante evaluar y mitigar esta variabilidad para garantizar una producción estable.

La coexistencia de actividades es otro factor medio, ya que el parque eólico debe minimizar los conflictos con otras actividades como la pesca, el tráfico marítimo y las zonas reservadas para

la biodiversidad. Aunque una subestación marina es necesaria para ciertos proyectos ubicados lejos de la costa, es relativamente pequeña en comparación con otros factores en cuanto a aspectos técnicos.

La profundidad, se ve menos afectada por los avances en la tecnología de plataformas flotantes como sucede en la eólica offshore. Por último, el oleaje que afecta la estabilidad de la plataforma es el factor menos crítico en comparación con otros, ya que se pueden implementar nuevas tecnologías para mitigar sus efectos.

Una vez aplicados estos pesos a las tablas de resultados de cada parámetro se obtienen nuevas puntuaciones. Sumando para cada zona todas las puntuaciones obtenidas para cada factor se obtiene el resultado final:

| Código Polígono | VALOR TOTAL |
|-----------------|-------------|
| <b>CAN-GC1</b>  | <b>75</b>   |
| CAN-LANZ1       | 73          |
| CAN-FV2         | 73          |
| NOR-2           | 71          |
| CAN-FV1         | 69          |
| NOR-8           | 69          |
| NOR-3           | 64          |
| CAN-TEN1        | 63          |
| CAN-TEN2        | 63          |
| LEBA-2          | 63          |
| LEBA-3          | 63          |
| NOR-4           | 60          |
| NOR-5           | 60          |
| NOR-1           | 57          |
| NOR-7           | 50          |
| ESAL-1          | 45          |
| ESAL-2          | 45          |
| NOR-6           | 44          |
| LEBA-1          | 37          |

Tabla 52: Resultado final eólica. Fuente: Elaboración Propia

En conclusión, tras haber analizado 8 parámetros para 19 emplazamientos teniendo en cuenta todos ellos con un orden de importancia el emplazamiento que ha resultado ser mejor para llevar a cabo un proyecto de eólica marina es el emplazamiento situado en la costa de Gran Canaria con 75 puntos seguido de las zonas de Lanzarote y Fuerteventura-2.

### **4.3 UNDIMOTRIZ**

La tecnología undimotriz o energía de las olas se caracteriza por la capacidad de obtener energía a través del movimiento de las olas. Esta tecnología incluye una amplia variedad de dispositivos de captación según su ubicación, tamaño, orientación y según el principio de captación. [1]

Entre los dispositivos según su ubicación se encuentran:

- Onshore (situados en línea de costa, 0-10 m de profundidad), integrados en un rompeolas o apoyados sobre el lecho marino.
- Nearshore (en aguas poco profundas, 10-40 m de profundidad), apoyados sobre el lecho marino y con bajos costes de mantenimiento. Hay dispositivos onshore y flotantes.
- Offshore (en aguas profundas, a distancias mayores de 40 m de profundidad), captan mayores cantidades de energía en áreas con mayores recursos, pero también tienen costos más altos de instalación y mantenimiento. Pueden estar sumergidos o flotar.

Según el tamaño y orientación respecto a las olas se encuentran los siguientes dispositivos:

- Absorbedores puntuales tipo boya, son dispositivos con simetría axial que pueden absorber olas en cualquier dirección. De tamaño menor que la longitud de onda.
- Atenuadores, dispositivos que están orientados en paralelo a la onda incidente y cuya longitud es igual o mayor que la longitud de la onda.

- Terminadores o totalizadores, colocados perpendicularmente a la onda incidente. De dimensiones similares a los atenuadores.

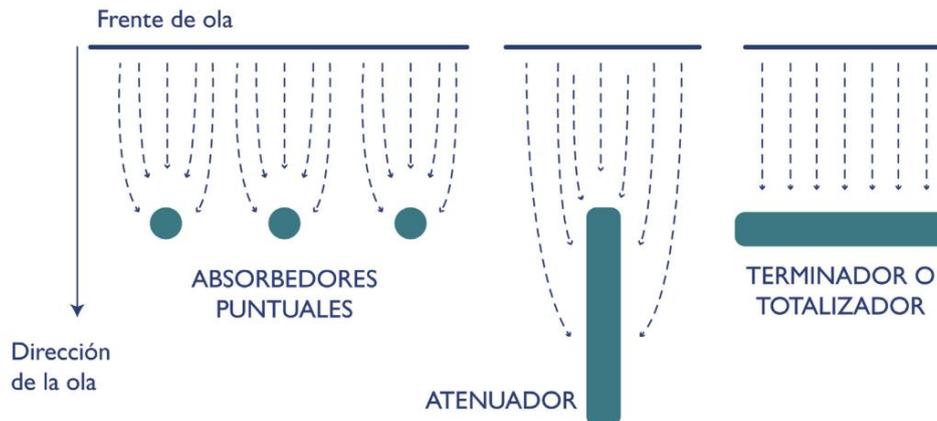


Figura 75: Dispositivos según tamaño y orientación unidimensional. Fuente: [1]

Según el principio de captación de las olas cuya clasificación es la más útil para catalogar los dispositivos son los siguientes:

- Columna de agua oscilante (OWC), donde las turbinas son movidas por el aire comprimido que es empujado por las olas. Si se combinan con defensas costeras, estos se integran en estructuras costeras y reducen los costes de construcción. Además, no son visibles y por lo tanto no suponen ningún peligro ni obstáculo para la protección de la costa marina.
- Dispositivos Flotantes basado en uno o más dispositivos flotantes que se mueven en dirección a la ola de manera vertical, horizontal, de cabeceo o cualquier combinación de las tres. La energía mecánica de la ola se convierte en electricidad mediante el movimiento relativo entre las diferentes partes del dispositivo.
- Dispositivos sumergidos basados en la oscilación vertical respecto al fondo marino.

Para llevar a cabo el análisis técnico se analizan en los 19 emplazamientos los parámetros necesarios para obtener la potencia extraída por metro de frente de onda. Esta potencia tiene la siguiente fórmula:

$$P \left( \frac{kW}{m} \right) = \frac{1}{64 * \pi} * \rho * T * g^2 * H^2$$

Ecuación 4:Potencia extraída Undimotriz.

Siendo:

$\rho$ : densidad del agua ( $g/cm^3$ )

$g$ : gravedad ( $m/s^2$ )

$H$ : altura significativa de ola (m)

$T$ : Periodo de pico (s)

De la fórmula se observa que los parámetros necesarios para su obtención son la altura significativa de ola y el periodo de pico. La altura significativa de ola es un valor medio que equivale aproximadamente a la altura media del tercio de las olas más altas. El periodo de pico es el tiempo que transcurre entre las crestas de dos olas consecutivas al pasar por un punto fijo. [36]

Se ha analizado la altura significativa de ola y periodo de pico para un periodo de tiempo de dos años con el mapa interactivo online de los Puertos del Estado del Ministerio de transporte y movilidad sostenible [36].

### **4.3.1 PUNTOS SIMAR**

Este mapa que ofrece el Ministerio de transporte y movilidad sostenible tiene disponible información en tiempo real, histórica y predicciones sobre el oleaje, nivel del mar, viento, corrientes, salinidad, temperatura del agua y del aire y presión atmosférica.

Para cualquier punto en las costas españolas que no sean los puertos existe una malla de nudos llamados puntos SIMAR que son datos simulados formados por series temporales de parámetros de oleaje y viento que proceden de modelos numéricos.



Figura 76:Puntos SIMAR. Fuente: [36]

#### **4.3.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DEMARCACIONES**

Una vez recogidos los datos de la altura de ola significativa y periodo de pico en un periodo de dos años desde enero 2021 hasta diciembre 2023 se calcula la potencia extraída en cada una de las zonas para poder realizar una comparativa. Estos valores recogidos de la página de los puertos del estado se encuentran en el Anexo V- Datos Altura de Ola Significativa y Periodo de Pico.

Las potencias medias resultantes de los datos a lo largo de dos años suponiendo una densidad del agua de  $1,027 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  y gravedad de  $9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$  son:

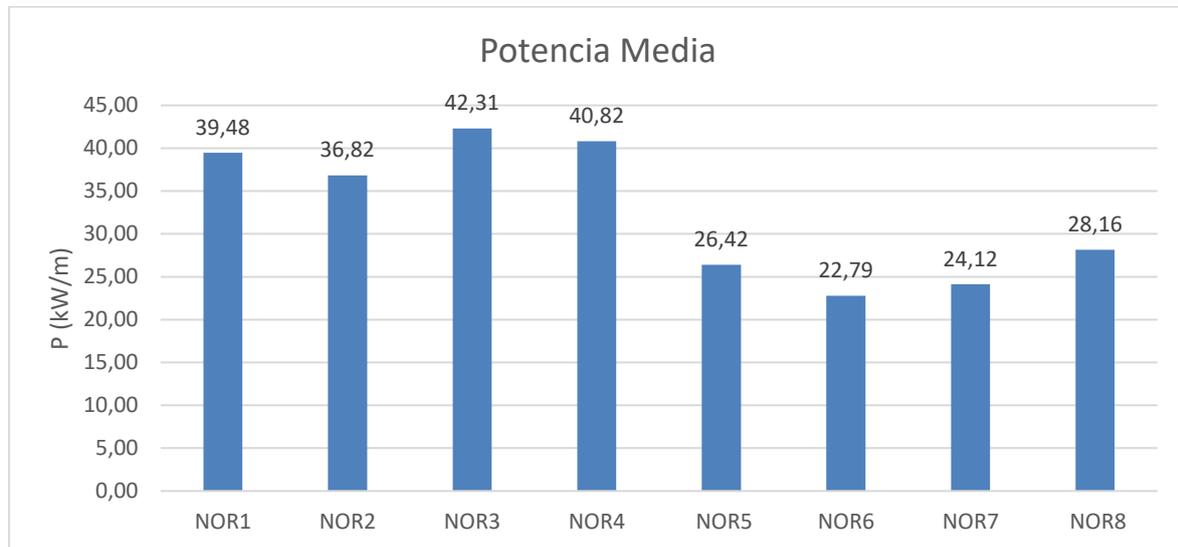


Figura 77: Potencia oleaje media demarcación noratlántica. Fuente: Elaboración Propia.

En la demarcación noratlántica se observa cómo hay mayor densidad de oleaje en las zonas de Galicia frente a los emplazamientos situados en Asturias.

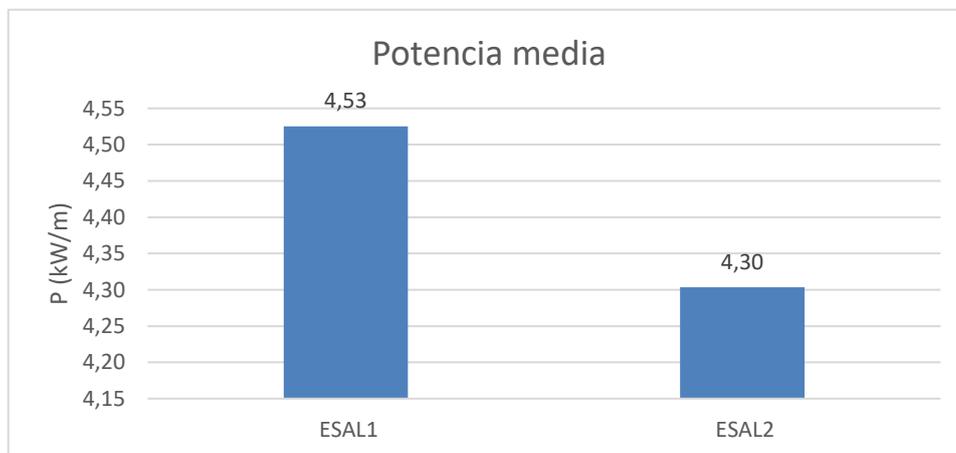


Figura 78: Potencia oleaje media demarcación ESAL. Fuente: Elaboración Propia.

La demarcación del Estrecho y Alborán tiene valores de potencia menores que los encontrados en la demarcación noratlántica al tener periodos de pico bastante inferiores como se puede observar en el Anexo V- Datos Altura de Ola Significativa y Periodo de Pico.

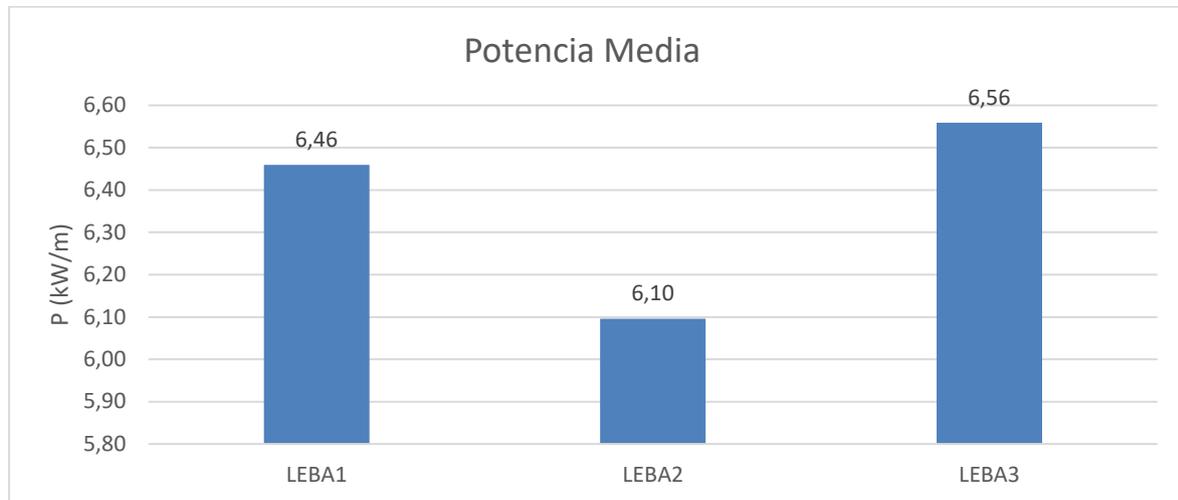


Figura 79: Potencia oleaje media demarcación LEBA. Fuente: Elaboración Propia.

La zona del Levante y Baleares tiene potencias de olas ligeramente superiores a las de la demarcación del Estrecho y Alborán a pesar de tener alturas significativas de olas similares, pero periodos de pico de olas más largos.

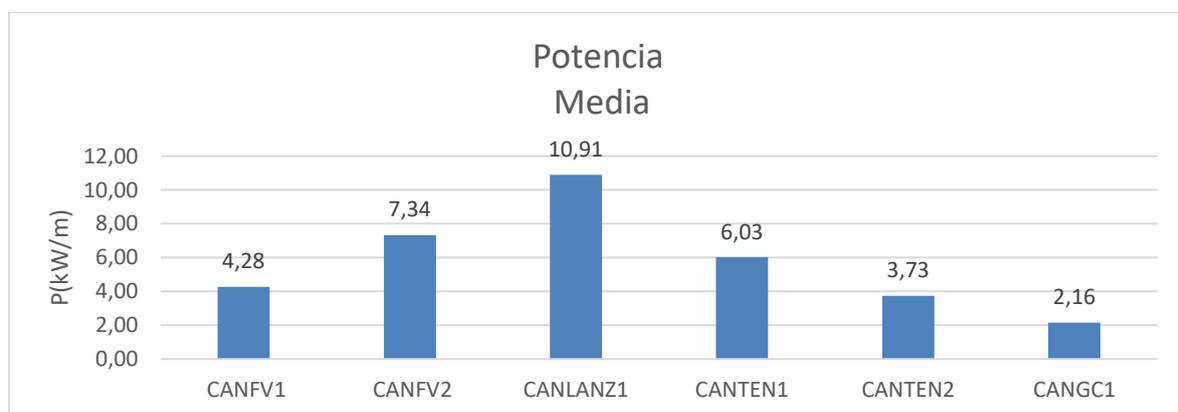


Figura 80: Potencia oleaje media demarcación canarias. Fuente: Elaboración Propia.

Las potencias medias en la zona de Canarias son algo mejores que en las zonas del Levante y Estrecho y Alborán, pero muy inferiores a la zona Noratlántica con valores medios de potencia entorno a los 40 kW/m. Esto es debido a que en la zona norte tanto la altura de ola que esta elevada al cuadrado en la fórmula de la potencia como el periodo de pico son superiores.

### 4.3.3 RESULTADOS

A la vista del análisis de la potencia en cada demarcación se genera una tabla que recoge los valores medios de las 19 zonas.

| Demarcaciones | Potencia media (kW/m) |
|---------------|-----------------------|
| NOR-3         | 42,31                 |
| NOR-4         | 40,82                 |
| NOR-1         | 39,48                 |
| NOR-1         | 36,82                 |
| NOR-8         | 28,16                 |
| NOR-5         | 26,42                 |
| NOR-7         | 24,12                 |
| NOR-6         | 22,79                 |
| CANLANZ1      | 10,91                 |
| CANFV2        | 7,34                  |
| LEBA-3        | 6,56                  |
| LEBA-1        | 6,46                  |
| LEBA-2        | 6,10                  |
| CANTEN1       | 6,03                  |
| ESAL-1        | 4,53                  |
| ESAL-2        | 4,30                  |
| CANFV1        | 4,28                  |
| CANTEN2       | 3,73                  |
| CANGC1        | 2,16                  |

Figura 81: Resultados potencia oleaje. Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados reflejan que la demarcación noratlántica en particular el emplazamiento NOR-3 desde un punto de vista técnico sería el ideal para llevar a cabo la instalación de un proyecto de esta tecnología. La zona noratlántica, en concreto la comunidad autónoma de Galicia según el ministerio de transición ecológica y reto demográfico dispone del mayor recurso en cuanto al potencial de toda España con potencias medias entre los 40 kW/m- 45 kW/m. [1]

## **4.4 GRADIENTE SALINO**

La tecnología llamada del gradiente salino se caracteriza por aprovechar la diferencia de concentración de cantidad de sal que hay en el mar frente la que se encuentra en el agua dulce mediante el proceso de ósmosis. Este potencial fue reconocido por primera vez por Pattle (1954) y Loeb (1975), pero debido a la falta de membranas de calidad no se llegaron a crear ninguna planta piloto. Fue años más tarde cuando se dispuso de nuevos materiales y se intensificó la búsqueda de innovaciones en energías renovables. [37]

Hay dos tipos de sistemas para el aprovechamiento de esta energía:

- Presión por Ósmosis retardada (PRO)

El proceso consiste en meter en agua dulce y agua marina separadas en dos compartimentos mediante una membrana semipermeable. Por la diferencia de salinidad entre ambos líquidos se produce el fenómeno de ósmosis y el agua dulce empieza a fluir hacia el compartimento del agua salada lo que se traduce en un aumento de la presión capaz de accionar una turbina.

En 2009, la empresa noruega Statkraft [38] creó el primer prototipo de esta tecnología. La densidad de potencia de la membrana de ósmosis aumentó de  $0.1 \frac{W}{m^2}$  a  $3 \frac{W}{m^2}$ , generando 10kW de energía total. [39]

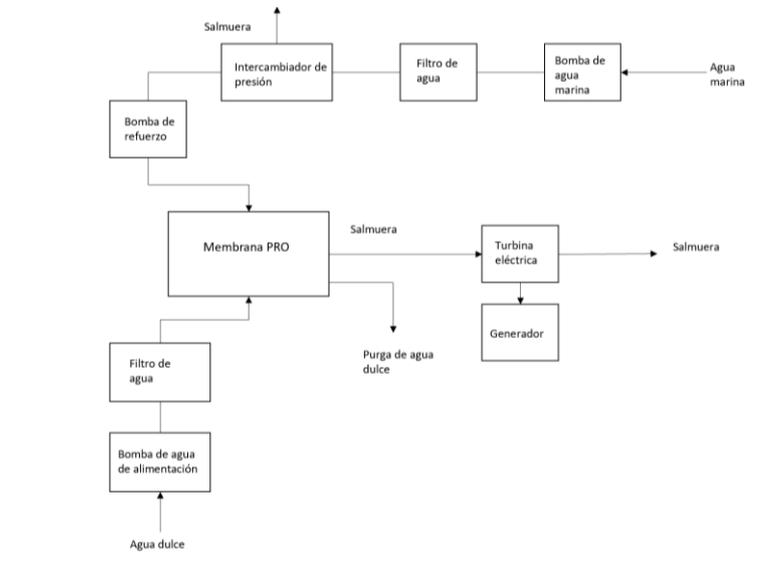


Figura 82:Esquema planta PRO. Fuente: Elaboración Propia

- Electrodialisis inversa (RED)

La tecnología de electrodialisis inversa consiste en alternar membranas de intercambio catiónicas (permiten el paso de iones positivos y bloquean el paso de iones negativos) y membranas de intercambio aniónico que por el contrario permiten el paso de aniones, pero no de cationes. Los flujos de agua dulce y salada fluyen entre estas membranas y los cationes ( $\text{Na}^+$ ) se mueven por las membranas catiónicas. Los aniones ( $\text{Cl}^-$ ) de la misma forma se mueven en la dirección opuesta por las membranas aniónicas y este movimiento de iones genera una diferencia de potencial entre los extremos de las membranas donde en un lado se juntan los aniones y en el contrario los cationes. [40]

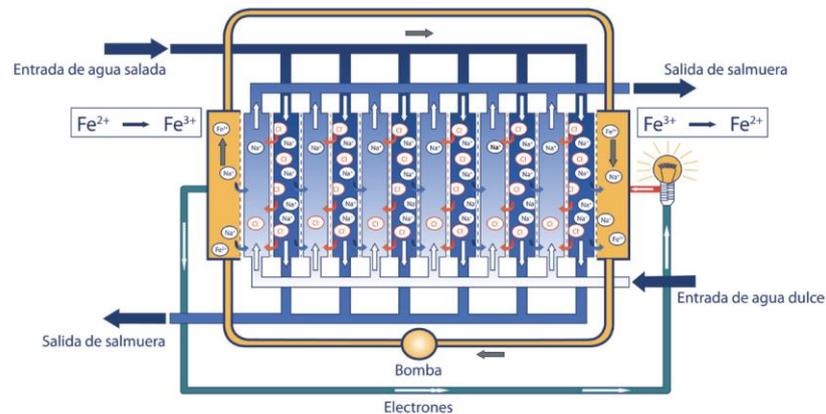


Figura 83:Esquema proceso Electrodiálisis inversa. Fuente: [1]

Esta tecnología se puede parecer a las técnicas de desalinización del agua marina, pero con objetivos claramente diferentes. Esta primera está diseñada para generar electricidad y la desalinización simplemente para eliminar la sal del agua marina y producir agua potable.

Los sistemas empleados son parecidos, pero no iguales. El sistema de ósmosis inversa para la técnica de desalinización fuerza a pasar el agua marina por una membrana semipermeable para separar las sales, es decir, solo hay una corriente pasando con la finalidad de eliminar sales. La otra técnica parecida es la de electrodiálisis (ED) en la que las membranas catiónicas y aniónicas dispuestas de manera alterna hacen separar los aniones de los cationes y conseguir obtener un flujo sin sales. En cambio, en la electrodiálisis inversa se utiliza el gradiente de dos corrientes para crear una diferencia de potencial eléctrico y conseguir generar electricidad. [41]

Hay una primera planta piloto en Europa operada por la empresa REDStack en Países bajos. Tiene una potencia de 50kW y se instaló en 2013 [42]. En la actualidad no existen más que proyectos de I+D+i ya que la generación de electricidad no es muy alta todavía. Está en fase de investigación para poder llegar a ser una tecnología líder en las renovables marinas.

El estudio técnico ha consistido en hallar la salinidad a lo largo de dos años que se encuentra en el agua marina en los 19 emplazamientos. Estos valores se encuentran en Anexo VII-

Salinidad. Con estos valores se calcula posteriormente la presión osmótica que supondrían estas concentraciones salinas frente a las del agua dulce y por último, calcular la potencia eléctrica que se podría generar.

Estos valores de salinidad se han encontrado en el mapa interactivo de los puertos del estado del ministerio de transporte y movilidad sostenible [43].

#### 4.4.1 PUNTOS SIMAR

Los nudos de los puntos SIMAR correspondientes a las zonas de estudio contienen la información de la salinidad a lo largo de dos años en psu (unidades prácticas de salinidad) equivalente a 1000 ppm (partes por millón).

#### 4.4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DEMARCACIONES

Por demarcaciones se van a presentar los valores medios de salinidad en cada zona. En la zona noratlántica se encuentran los siguientes valores medios:

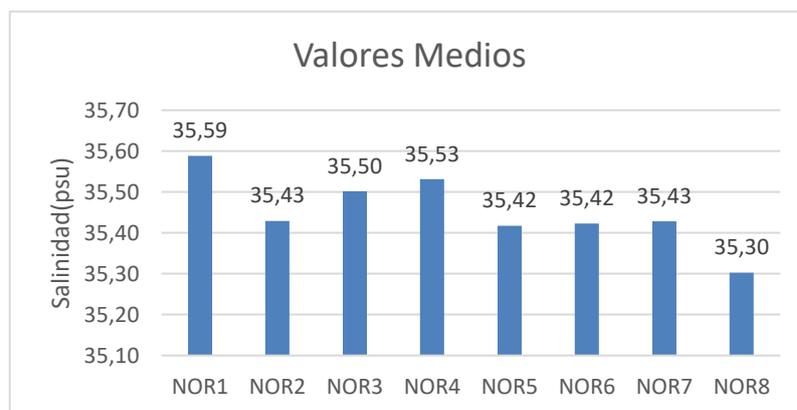


Figura 84: Valores medios salinidad zona noratlántica. Fuente: Elaboración Propia

Se observa como en todas las zonas del norte el valor de la salinidad se encuentra entorno al valor medio global de salinidad que es de 35 psu, equivalente a 35 gramos por litro de agua. [44]

En la demarcación levantino balear se recogen los siguientes valores:

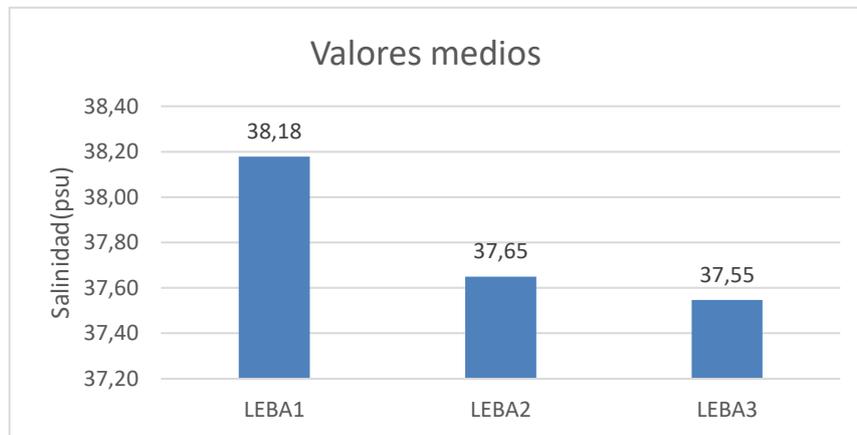


Figura 85: Valores medios salinidad zona LEBA. Fuente: Elaboración Propia

En esta demarcación se observan valores de salinidad por encima del valor medio de los mares y océanos.

En la demarcación del Estrecho y Alborán se recogen los siguientes datos en sus dos emplazamientos:

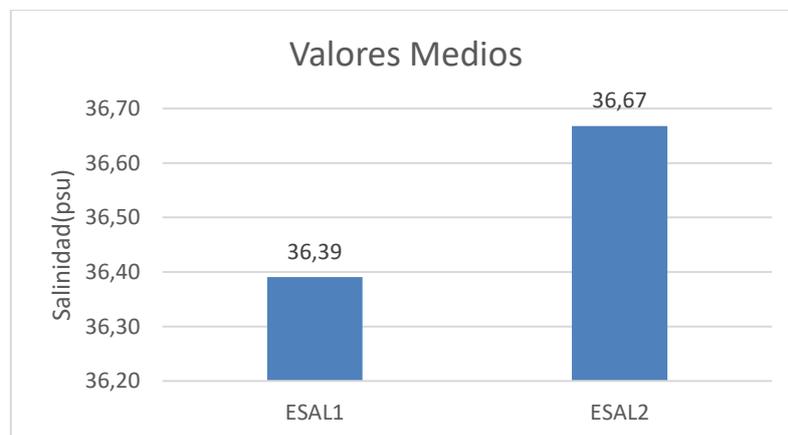


Figura 86: Valores medios salinidad zona ESAL. Fuente: Elaboración Propia

Se observan también valores ligeramente superiores al valor medio de salinidad lo que supondrá mayores valores de presión osmótica que se traduce en mayor potencia generada por osmosis retardada.

Por último, en la demarcación de canarias se recogen los siguientes valores medios de salinidad a lo largo de dos años:

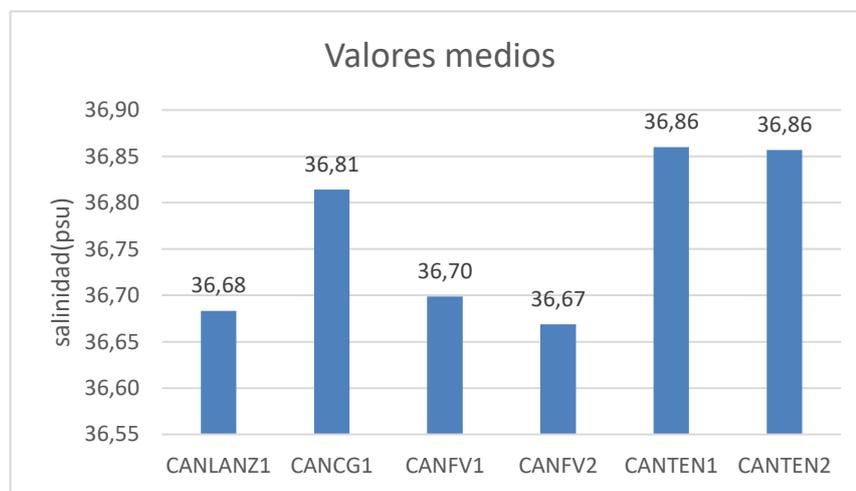


Figura 87: Valores medios salinidad zona canarias. Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenidos los valores medios se calcula la presión osmótica que se daría en una membrana semipermeable al meter el agua salada con la misma agua dulce para las 19 zonas.

La fórmula para calcular la presión osmótica es la fórmula de Van Hoff que siguiente:

$$\pi = i * M * R * T$$

Ecuación 5: Presión osmótica

Siendo:

R: constante de los gases ideales ( $0,08206 \frac{atm}{mol * K}$ )

M: Molaridad en g/mol

---

Análisis del potencial de las energías renovables marinas en España

T: temperatura en °K

i: factor de Van hoff ( $i_{NaCl} = 2$ )

De esta fórmula se deduce la siguiente:

$$\Delta\pi_{osm} = \frac{2R}{M_{NaCl}} * (T_c * S_{NaCl,c} - T_d * S_{NaCl,d}) * 10^{-2}$$

Ecuación 6: Incremento presión osmótica

Siendo:

R: la constante de los gases ideales ( $0,08206 \frac{atm}{mol * K}$ )

$M_{NaCl}$ : masa molar del cloruro de sodio (58,44 g/mol)

$T_c$ : Temperatura del agua marina

$T_d$ : Temperatura del agua dulce río Ebro (18,73 °C) [45]

$S_{NaCl,c}$ : Salinidad agua marina

$S_{NaCl,d}$ : Salinidad agua dulce (1g/l)

Para poder obtener estos valores primero se han analizado las temperaturas en los 19 emplazamientos en un periodo de un año (2023) del mapa interactivo de los puertos del estado del ministerio de transportes y movilidad sostenible. [36]

Los valores medios de temperatura que se obtienen son los siguientes:

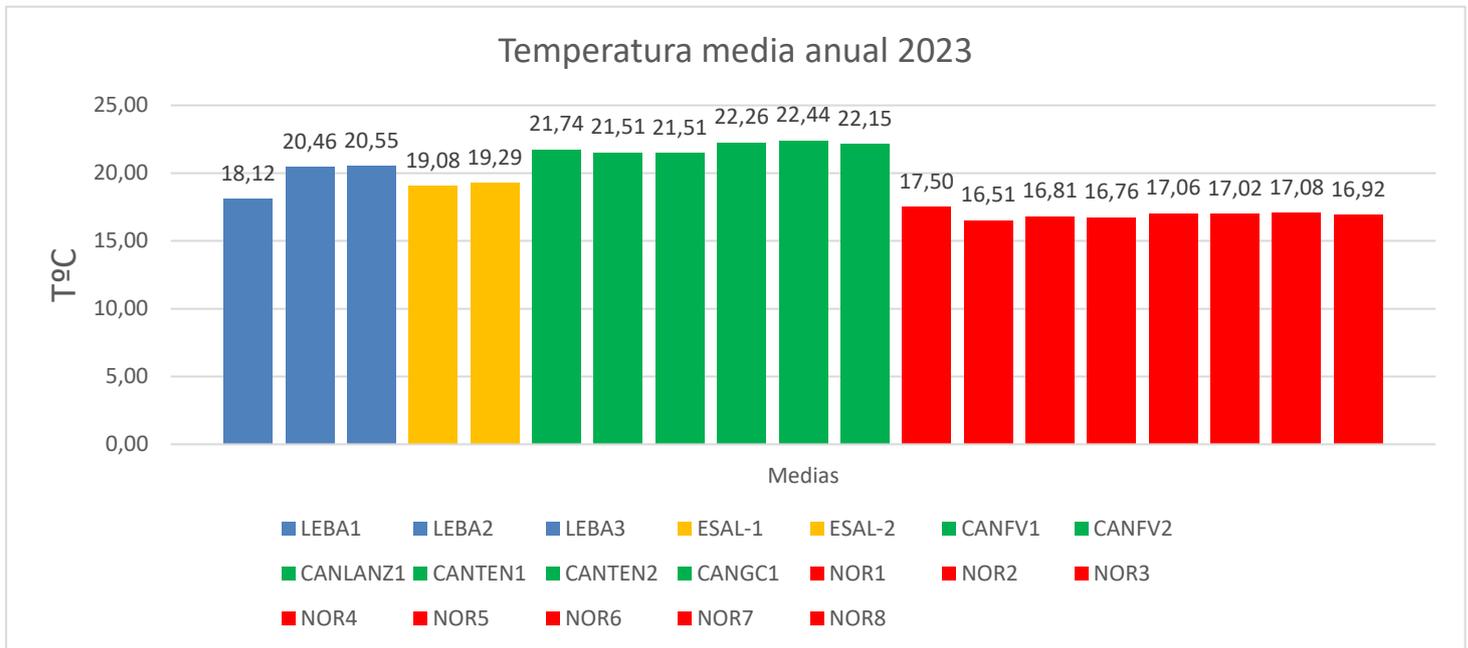


Figura 88: Temperaturas medias emplazamientos. Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenidos todos los parámetros necesarios se calcula el incremento de presión osmótica para las 19 zonas quedando:

| Demarcaciones | Incremento presión (atm) |
|---------------|--------------------------|
| LEBA1         | 1,556                    |
| LEBA2         | 1,533                    |
| LEBA3         | 1,529                    |
| CANTEN1       | 1,500                    |
| CANTEN2       | 1,500                    |
| CANGC1        | 1,498                    |
| CANFV1        | 1,493                    |
| CANLANZ1      | 1,492                    |
| ESAL2         | 1,492                    |
| CANFV2        | 1,492                    |
| ESAL1         | 1,480                    |
| NOR1          | 1,446                    |
| NOR4          | 1,444                    |
| NOR3          | 1,443                    |
| NOR2          | 1,440                    |
| NOR7          | 1,440                    |
| NOR5          | 1,439                    |
| NOR6          | 1,439                    |
| NOR8          | 1,434                    |

Figura 89: Valores incremento presión osmótica emplazamientos. Fuente: Elaboración Propia

Por último, con el incremento de la presión osmótica se puede calcular la potencia extraída como:

---

Análisis del potencial de las energías renovables marinas en España

$$P(W) = Q * \Delta\pi_{osm}$$

Ecuación 7:Potencia generada salinidad

Siendo:

Q: Caudal a través de la membrana ( $m^3$ ) [38]

$\Delta\pi_{osm}$  : Diferencia de presión osmótica (Pa)

Se obtienen las siguientes potencias:

| Demarcaciones | P (W)   |
|---------------|---------|
| LEBA1         | 1576,18 |
| LEBA2         | 1553,56 |
| LEBA3         | 1549,29 |
| CANTEN1       | 1519,84 |
| CANTEN2       | 1519,84 |
| CANCG1        | 1517,71 |
| CANFV1        | 1513,01 |
| CANLANZ1      | 1512,16 |
| ESAL2         | 1511,73 |
| CANFV2        | 1511,73 |
| ESAL1         | 1499,78 |
| NOR1          | 1465,63 |
| NOR4          | 1463,07 |
| NOR3          | 1461,79 |
| NOR2          | 1458,81 |
| NOR7          | 1458,81 |
| NOR5          | 1458,38 |
| NOR6          | 1458,38 |
| NOR8          | 1453,26 |

Figura 90: Potencias generadas 19 emplazamientos. Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 90 se encuentran las potencias que se pueden extraer mediante ósmosis retardada (PRO) en estos emplazamientos. La mejor zona es la que se encuentra en la costa catalana (LEBA-1), pero en esta tecnología se obtienen potencias que difieren tan solo 100 W entre unas zonas y otras, por lo que, no hay tampoco ninguna zona claramente mejor que otras. Esta

tecnología se encuentra en etapas muy incipientes, ya que los resultados muestran que las potencias alcanzadas son del orden de 1000W en España.

## **4.5 CORRIENTES**

La energía cinética generada por las corrientes marina es una fuente de energía renovable que resulta interesante de explotar. Estas corrientes están generadas por una serie de factores como son las mareas, los vientos, el fondo marino y las diferencias de temperatura. Las corrientes más intensas se forman en áreas poco profundas con efecto embudo, generalmente en entradas de rías, bahías, canales y estrechos. [1]

En España las zonas del Estrecho de Gibraltar y Galicia son los lugares donde las corrientes marinas tienen el mayor potencial para generar energía.

Hay dos grandes tipos de sistemas de aprovechamiento:

- Turbinas: pueden ser de eje horizontal, vertical o de flujo cruzado.
  - Turbina de eje horizontal: funcionan de manera similar a las turbinas eólicas, el rotor gira alrededor del eje horizontal por el flujo de agua que le entra y así se genera la energía eléctrica.
  - Turbina de eje vertical: Tienen el mismo funcionamiento que las de eje horizontal con la diferencia de la disposición del generador que se encuentra sobre un eje vertical. [46]
- Dispositivo Venturi: este dispositivo es un colector con forma de embudo ubicado en el fondo marino. El flujo de agua que entra en el conducto puede mover una turbina marina o usar el diferencial de presión inducido en el sistema para mover una turbina de aire. [46]

El sistema más utilizado es el de turbinas de eje horizontal por su madurez tecnológica.

Una ventaja que presenta esta tecnología es el aprovechamiento de poco espacio marino comparado con otras tecnologías como la eólica offshore y el impacto visual nulo al tener los sistemas de aprovechamiento sumergidos.

Se ha realizado un preanálisis con el recurso de EmodNET para observar la energía cinética en las costas españolas.

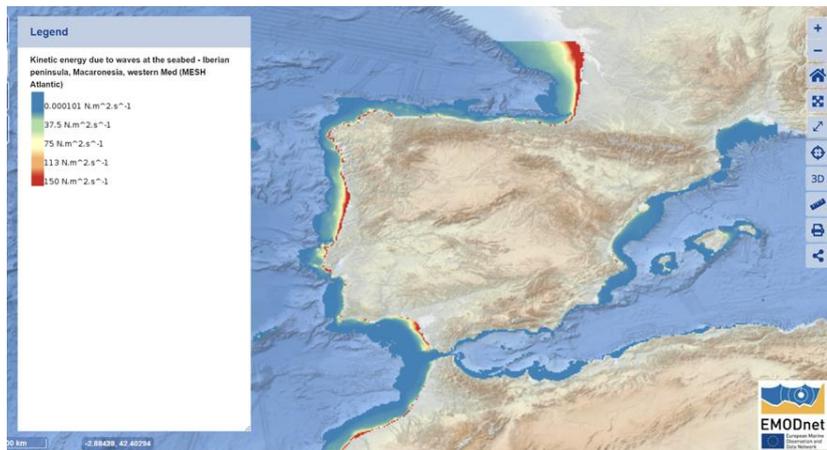


Figura 91: Energía cinética España. Fuente: EmodNET

En la Figura 91 se observa como en las costas españolas las zonas con mayores valores de energía cinética se dan en la costa de Cádiz, Estrecho de Gibraltar y la costa gallega.

En nuestro país todavía no hay ninguna instalación. Esto se debe a que las áreas con mayor energía cinética coinciden con las áreas de mayor tráfico marítimo.

#### **4.5.1 PUNTOS SIMAR**

El análisis del potencial en los 19 emplazamientos se ha llevado a cabo gracias al mapa interactivo de los puertos del estado del ministerio de transporte y movilidad sostenible que ofrece información en tiempo real, histórica y predicciones sobre el oleaje, nivel del mar, viento, corrientes, salinidad, temperatura del agua y del aire y presión atmosférica. [36]

Encontrados los 19 nudos correspondientes a los emplazamientos se recoge información sobre la velocidad de corriente en cm/s. En el Anexo VI- Velocidades de corrientes marinas se encuentran las gráficas correspondientes a las predicciones de datos de los puntos SIMAR en un periodo de dos años.

#### 4.5.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DEMARCACIONES

Por demarcaciones se van a presentar los valores medios a lo largo de dos años de la velocidad de corrientes.

En la demarcación noratlántica se recogen los siguientes valores:

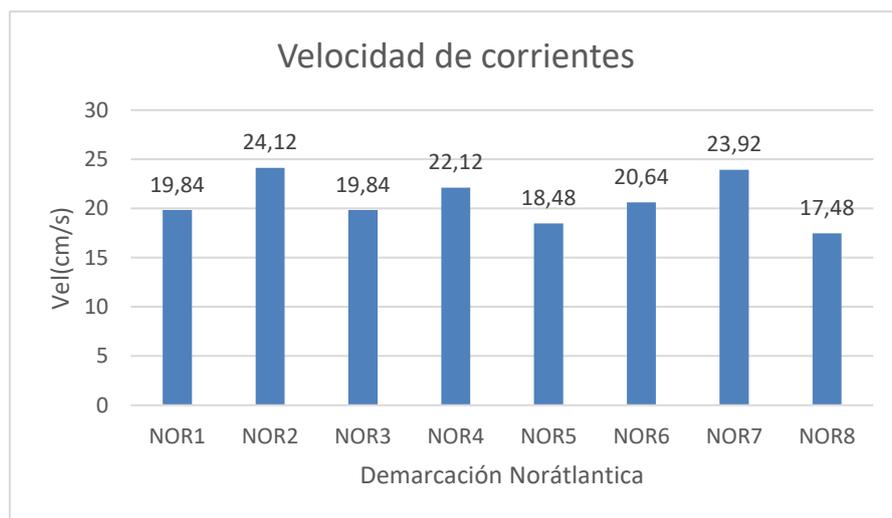


Figura 92: Velocidad de corrientes zona noratlántica. Fuente: Elaboración Propia

Se observa bastante igualdad entre los valores en todas las zonas de esta demarcación con un valor medio de uno 19 cm/s.

En la demarcación del estrecho y Alborán se recogen los siguientes datos:

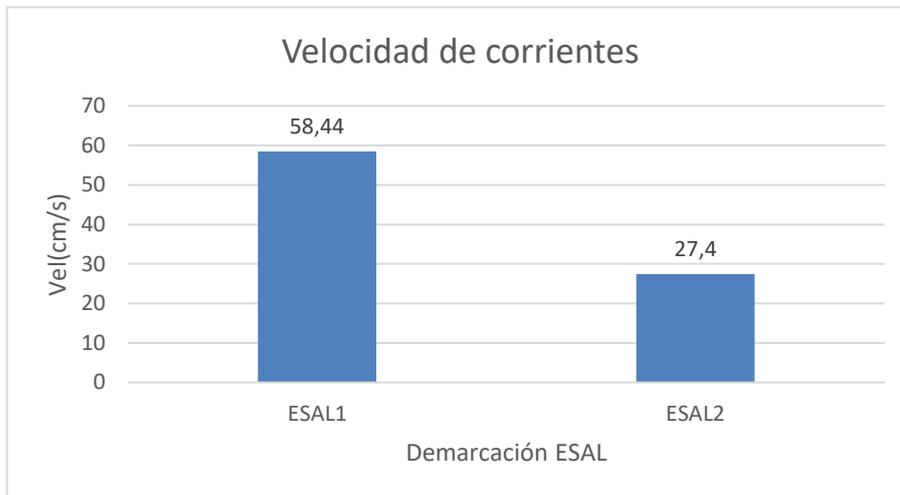


Figura 93: Velocidad de corrientes zona ESAL. Fuente: Elaboración Propia

En la demarcación del Estrecho y Alborán se observa una clara diferencia entre ambas zonas. El emplazamiento ESAL-1 situado en el Estrecho de Gibraltar cuenta con una gran velocidad media en comparación con la zona que se encuentra en la costa granadina.

En la demarcación del levante y baleares se hallan los siguientes valores medios de corrientes:

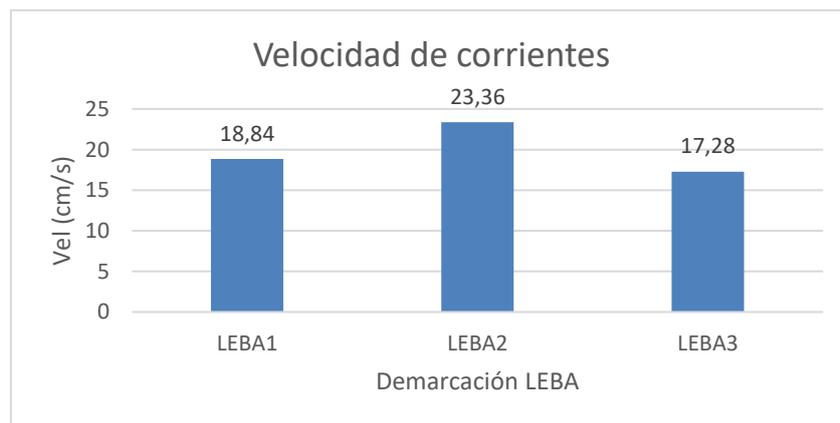


Figura 94: Velocidad de corrientes zona LEBA. Fuente: Elaboración Propia

En esta demarcación se observan valores similares a los de la costa norte y lejos del valor medio hallado para la zona ESAL-1, zona situada en el Estrecho de Gibraltar donde se encuentran las mayores velocidades de corrientes en España.

Por último, en la demarcación canaria se recogen los siguientes valores medios:

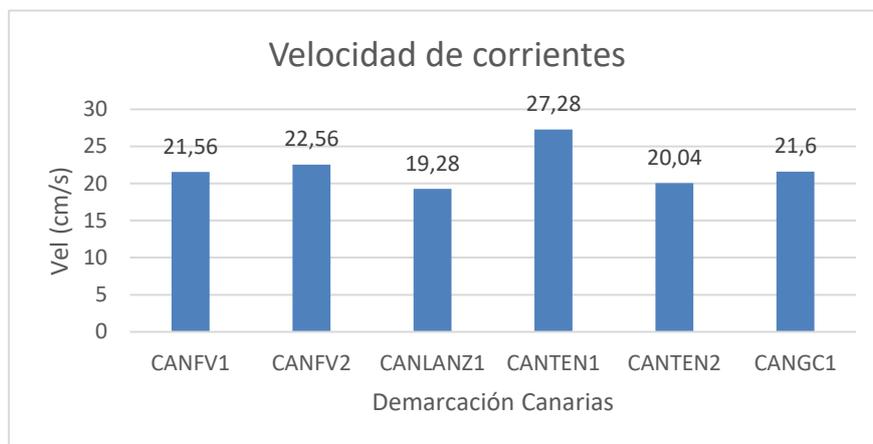


Figura 95: Velocidad de corrientes zona canaria. Fuente: Elaboración Propia

### 4.5.3 RESULTADOS

A la vista del análisis de las corrientes marinas en cada demarcación se genera una tabla con los valores de potencia media extraída en cada emplazamiento.

La fórmula de la potencia extraída de las corrientes marinas es la siguiente:

$$P (W) = \frac{1}{2} * \rho * A * v^3 * Cp$$

Ecuación 8:Potencia corrientes marinas

Siendo:

$\rho$ : la densidad del agua (1027 kg/m<sup>3</sup>)

A: Área transversal de la turbina ( $415,47m^2$ ) [47]

Cp: límite de Benz (0,593)

v: velocidad de corriente marina en m/s

Los valores medios de potencia son los siguientes:

| Demarcaciones | cm/s  | Potencia (W) |
|---------------|-------|--------------|
| ESAL1         | 58,44 | 25250,58     |
| ESAL2         | 27,4  | 2602,51      |
| CANTEN1       | 27,28 | 2568,47      |
| NOR2          | 24,12 | 1775,30      |
| NOR7          | 23,92 | 1731,51      |
| LEBA2         | 23,36 | 1612,72      |
| CANFV2        | 22,56 | 1452,64      |
| NOR4          | 22,12 | 1369,29      |
| CANCG1        | 21,6  | 1274,98      |
| CANFV1        | 21,56 | 1267,91      |
| NOR6          | 20,64 | 1112,42      |
| CANTEN2       | 20,04 | 1018,20      |
| NOR1          | 19,84 | 988,02       |
| NOR3          | 19,84 | 988,02       |
| CANLANZ1      | 19,28 | 906,70       |
| LEBA1         | 18,84 | 846,03       |
| NOR5          | 18,48 | 798,45       |
| NOR8          | 17,48 | 675,72       |
| LEBA3         | 17,28 | 652,79       |

Tabla 53: Resultados Potencia corrientes. Fuente: Elaboración Propia

Se observa como estos resultados coinciden con el preanálisis realizado con EmodNET, es decir, la mejor zona con mucha diferencia del resto es la del Estrecho de Gibraltar. Desde un punto de vista técnico al ser una zona donde se juntan las corrientes del Océano Atlántico y del Mar mediterráneo hace que se genere un flujo fuerte y continuo.



## **Capítulo 5. ANÁLISIS ECONÓMICO TECNOLOGÍAS**

Este capítulo tiene como objetivo analizar los costes de inversión, los costes de operación y mantenimiento y los costes de desmantelamiento, así como calcular la energía producida anual y los indicadores económicos como el LCOE (Levelized Cost of Energy), el VAN (Valor Actual Neto) y la TIR (Tasa interna de retorno) para todas las tecnologías. Para obtener los costes se ha tomado como referencia un proyecto piloto para cada una de las tecnologías.

Una vez obtenidos los indicadores económicos para cada una de las 19 zonas de estudio se analiza cual es la mejor zona para la instalación de un proyecto de esa tecnología atendiendo a estos indicadores económicos para posteriormente comparar si esta zona coincide o no con la mejor zona desde el punto de vista técnico de acuerdo al análisis efectuado en el capítulo 4.

En algunas de las tecnologías como es la de gradiente salino debido a la poca información disponible se ha realizado el estudio de forma genérica dado que se necesitarían más avances en esta tecnología para poder hacer un estudio económico más detallado

### **5.1 EÓLICA OFFSHORE**

Para la realización del estudio económico de la eólica marina (offshore) se ha decidido tomar como referencia un parque de 200 MW compuesto por 25 aerogeneradores offshore de 8 MW de potencia nominal cada uno modelo SG 8.0-167DD de Siemens Gamesa [43]. En el Anexo IV- Características Técnicas Turbina Siemens Gamesa se encuentran las especificaciones técnicas de esta turbina. Se ha decidido coger esta turbina ya que los datos de los costes utilizados en el análisis se han obtenido del NREL (laboratorio nacional de energías renovable) de una turbina eólica marina de la misma potencia nominal [48].

### 5.1.1 COSTES DE INVERSIÓN

Los costes de inversión son los siguientes:

| COSTES DE INVERSIÓN               | €/MW                  |
|-----------------------------------|-----------------------|
| AEROGENERADOR                     | 1.218.000,00 €        |
| DESARROLLO y GESTIÓN DEL PROYECTO | 85.200,00 €           |
| INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA         | 699.500,00 €          |
| SUBESTRUCTURA Y CIMENTACIÓN       | 1.956.000,00 €        |
| SEGUROS Y VARIOS                  | 800.000,00 €          |
| PRECIO DE ALQUILER/ARRENDAMIENTO  | 166.660,00 €          |
| <b>TOTAL CAPEX</b>                | <b>4.925.360,00 €</b> |

Tabla 54: Costes de inversión eólica marina. Fuente: [48]

El total de los costes de inversión de un aerogenerador marino de 8MW de potencia nominal es de 4,925 M€ por MW. Una vez obtenidos los costes de inversión se obtienen de la misma manera los costes de operación y mantenimiento y el coste de desmantelamiento al final de la vida útil.

### 5.1.2 COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

| COSTES MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN | €/MW/año            |
|----------------------------------|---------------------|
| OPERACIONES                      | 28.000,00 €         |
| MANTENIMIENTO                    | 81.500,00 €         |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>109.500,00 €</b> |

Tabla 55: Costes de operación y mantenimiento eólica marina. Fuente: [48]

### 5.1.3 COSTES DE DESMANTELAMIENTO

| COSTE DE DESMANTELAMIENTO | €/MW         |
|---------------------------|--------------|
| TOTAL                     | 150.000,00 € |

Tabla 56: Coste de desmantelamiento eólica marina. Fuente [48]

Para el cálculo de los indicadores económicos se va a considerar un valor de la tasa de descuento del proyecto del **5%** y una vida útil del proyecto de **25 años** de acuerdo con el NREL (laboratorio nacional de energías renovables) [48].

Para obtener el LCOE (levelized cost of energy) se necesita calcular la energía anual producida por estas turbinas. Para ello partimos de la curva de potencia de este aerogenerador desde la velocidad inicial (cut-in) de 3m/s hasta la velocidad de parada (cut-off) de 28 m/s.

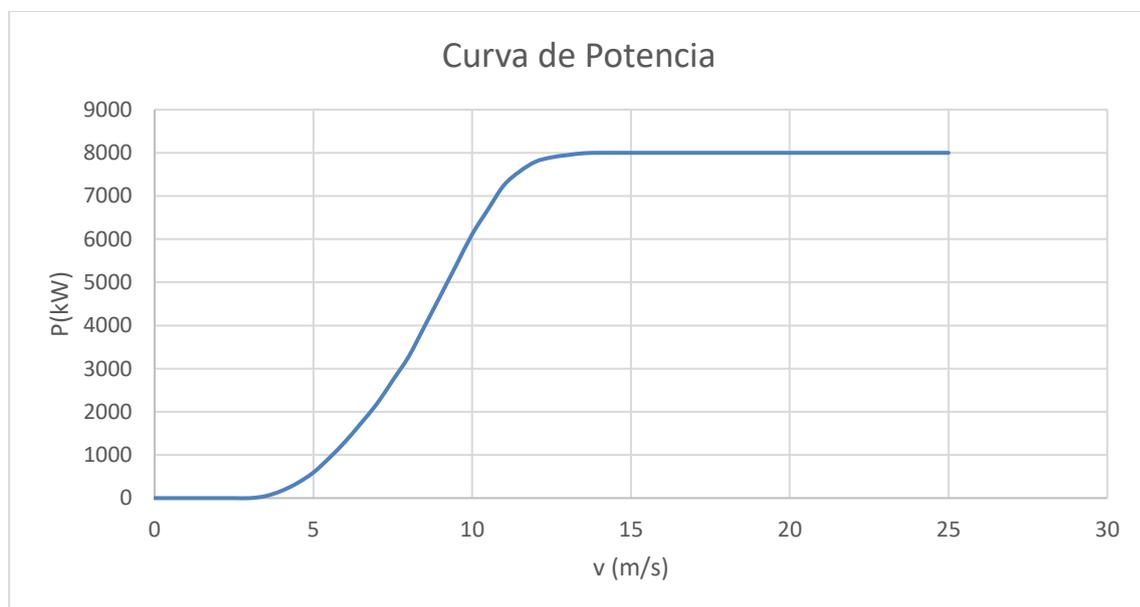


Tabla 57: Curva de potencia aerogenerador SG 8MW-167DD. Fuente: Elaboración Propia

Con la curva de potencia y los valores de velocidad media anual en las 19 zonas se puede hallar la potencia asociada para cada una de las velocidades obteniéndose:

| Demarcaciones | Pprod(kW) |
|---------------|-----------|
| LEBA1         | 2730      |
| LEBA2         | 3278      |
| LEBA3         | 2730      |
| CANFV1        | 5400      |
| CANFV2        | 5400      |
| CANLANZ1      | 5400      |
| CANCG1        | 5400      |
| CANTEN1       | 3278      |
| CANTEN2       | 3278      |
| ESAL-1        | 2186      |
| ESAL-2        | 3278      |
| NOR1          | 4687      |
| NOR2          | 6690      |
| NOR3          | 6112      |
| NOR4          | 5400      |
| NOR5 1        | 4687      |
| NOR6          | 3278      |
| NOR7          | 3278      |
| NOR8          | 3278      |

Tabla 58: Potencias producidas eólica marina. Fuente: Elaboración Propia

Obtenidas las potencias en kW para cada zona se calcula la Energía producida anual total del parque como:

$$E_{prod}(MWh) = P(MW) * 8760h * 25 \text{ aerogeneradores}$$

Ecuación 9: Energía anual producida

### 5.1.4 LCOE

El indicador económico LCOE sigue la fórmula:

$$LCOE = \frac{I + \sum_{t=1}^n \frac{OM}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_{prod}}{(1+i)^t}}$$

Ecuación 10:LCOE eólica

Siendo I el valor del coste total de inversión en MW, OM el valor total del coste de operación y mantenimiento en cada periodo t, n el número de años de vida del proyecto (n=25), Eprod la energía producida en cada periodo t e i la tasa de descuento.

En relación con los costes de mantenimientos se ha supuesto que a lo largo de los 25 años, estos tienen un aumento anual del 2,5%. Para la energía generada se ha supuesto una reducción anual a lo largo de la vida útil del 0,25%.

Teniendo en cuenta los valores anteriormente indicados se obtienen los siguientes valores de LCOE para las 19 zonas:

| DEMARCACIONES | LCOE (€/MWh) |
|---------------|--------------|
| CANFV1        | 75,47 €      |
| CANFV2        | 75,47 €      |
| CANLANZ1      | 75,47 €      |
| CANCG1        | 124,33 €     |
| CANTEN1       | 124,33 €     |
| CANTEN2       | 124,33 €     |
| LEBA1         | 149,29 €     |
| LEBA2         | 124,33 €     |
| LEBA3         | 149,29 €     |
| ESAL1         | 186,44 €     |
| ESAL2         | 124,33 €     |
| NOR1          | 86,95 €      |
| NOR2          | 60,92 €      |
| NOR3          | 66,68 €      |
| NOR4          | 75,47 €      |
| NOR5          | 86,95 €      |
| NOR6          | 124,33 €     |
| NOR7          | 124,33 €     |
| NOR8          | 123,26 €     |

Tabla 59:LCOE eólica marina. Fuente: Elaboración Propia

El resultado refleja valores más competitivos en las zonas Noratlántica y Canarias y que están alineados con el valor objetivo (68,26 €/MWh [3]) en los que IRENA (International Renewable Energy Agency) sitúa el LCOE recomendado en su informe del año 2021 y la Hoja de Ruta

para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España que sitúa el LCOE recomendado para el año 2030 entre los 30-40€/MWh [1].

### 5.1.5 VAN

El valor actual neto se ha calculado para las dos demarcaciones con LCOE más competitivos en este caso la zona de Canarias y la zona Noratlántica.

La fórmula es la siguiente:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+i)^t}$$

Ecuación 11: VAN eólica

Siendo I el coste total de inversión en MW, Ft el flujo de caja en cada periodo t, n el número de años de vida del proyecto (n=25) e i la tasa de descuento.

Para el cálculo de los flujos de caja es necesario obtener los ingresos por venta de la energía eléctrica. Para ello, se han obtenido los precios de venta de la energía eléctrica a lo largo de los 25 años. Gracias al OMIE (Operador del Mercado Ibérico Español) se obtienen los precios del 2013-2023 [49]. Para los próximos 10 años se estiman los precios dados por el MEF (mercado oficial de futuros y opciones financieros en España) [50]. Para los años restantes hasta completar los 25 años se ha realizado una estimación de mantener la tendencia de los últimos años reduciéndose un 1% anual.

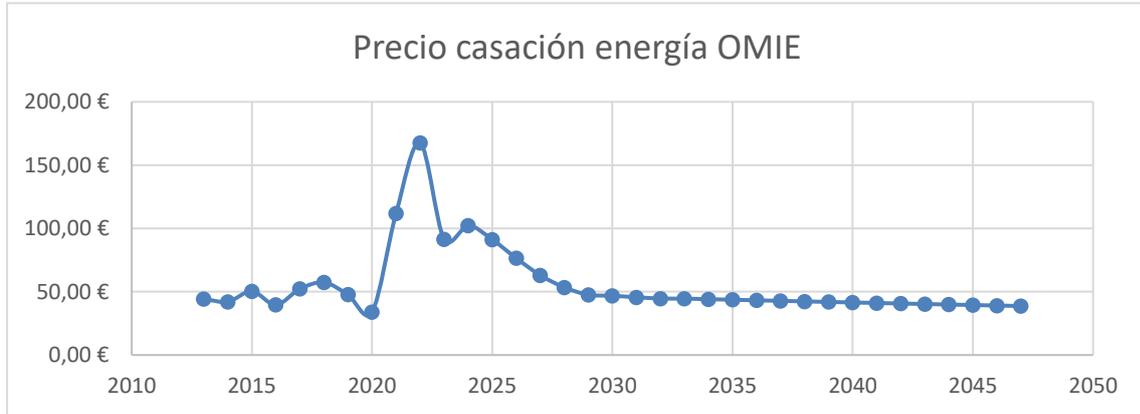


Figura 96: Precios mercado eléctrico. Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta la energía producida anual, los costes y el precio del mercado se obtienen los siguientes flujos de caja:

| AÑOS | FLUJO DE CAJA CANEV1 | FLUJO DE CAJA CANEV2 | FLUJO DE CAJA CANLANZ1 | FLUJO DE CAJA CANTEN1 | FLUJO DE CAJA CANFLUJO DE CAJA CANG |
|------|----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 0    | -985.072.000,00 €    | -985.072.000,00 €    | -985.072.000,00 €      | -985.072.000,00 €     | -985.072.000,00 €                   |
| 1    | 86.142.336,00 €      | 86.142.336,00 €      | 86.142.336,00 €        | 43.685.699,52 €       | 86.142.336,00 €                     |
| 2    | 97.532.241,51 €      | 97.532.241,51 €      | 97.532.241,51 €        | 50.252.116,10 €       | 97.532.241,51 €                     |
| 3    | 83.864.474,59 €      | 83.864.474,59 €      | 83.864.474,59 €        | 41.776.204,03 €       | 83.864.474,59 €                     |
| 4    | 65.862.333,63 €      | 65.862.333,63 €      | 65.862.333,63 €        | 30.665.584,96 €       | 65.862.333,63 €                     |
| 5    | 49.397.777,77 €      | 49.397.777,77 €      | 49.397.777,77 €        | 20.484.683,94 €       | 49.397.777,77 €                     |
| 6    | 37.604.769,69 €      | 37.604.769,69 €      | 37.604.769,69 €        | 13.135.859,32 €       | 37.604.769,69 €                     |
| 7    | 30.215.898,62 €      | 30.215.898,62 €      | 30.215.898,62 €        | 8.456.708,34 €        | 30.215.898,62 €                     |
| 8    | 28.589.063,17 €      | 28.589.063,17 €      | 28.589.063,17 €        | 7.271.449,75 €        | 28.589.063,17 €                     |
| 9    | 26.610.560,91 €      | 26.610.560,91 €      | 26.610.560,91 €        | 5.868.762,19 €        | 26.610.560,91 €                     |
| 10   | 24.801.787,25 €      | 24.801.787,25 €      | 24.801.787,25 €        | 4.565.072,91 €        | 24.801.787,25 €                     |
| 11   | 24.024.075,08 €      | 24.024.075,08 €      | 24.024.075,08 €        | 3.883.162,21 €        | 24.024.075,08 €                     |
| 12   | 22.840.083,83 €      | 22.840.083,83 €      | 22.840.083,83 €        | 2.950.428,84 €        | 22.840.083,83 €                     |
| 13   | 21.653.177,05 €      | 21.653.177,05 €      | 21.653.177,05 €        | 2.011.645,51 €        | 21.653.177,05 €                     |
| 14   | 20.463.037,39 €      | 20.463.037,39 €      | 20.463.037,39 €        | 1.066.533,96 €        | 20.463.037,39 €                     |
| 15   | 19.269.344,41 €      | 19.269.344,41 €      | 19.269.344,41 €        | 114.812,36 €          | 19.269.344,41 €                     |
| 16   | 18.071.774,41 €      | 18.071.774,41 €      | 18.071.774,41 €        | -843.804,86 €         | 18.071.774,41 €                     |
| 17   | 16.870.000,40 €      | 16.870.000,40 €      | 16.870.000,40 €        | -1.809.607,02 €       | 16.870.000,40 €                     |
| 18   | 15.663.691,94 €      | 15.663.691,94 €      | 15.663.691,94 €        | -2.782.887,37 €       | 15.663.691,94 €                     |
| 19   | 14.452.515,09 €      | 14.452.515,09 €      | 14.452.515,09 €        | -3.763.943,15 €       | 14.452.515,09 €                     |
| 20   | 13.236.132,21 €      | 13.236.132,21 €      | 13.236.132,21 €        | -4.753.075,70 €       | 13.236.132,21 €                     |
| 21   | 12.014.201,96 €      | 12.014.201,96 €      | 12.014.201,96 €        | -5.750.590,59 €       | 12.014.201,96 €                     |
| 22   | 10.786.379,10 €      | 10.786.379,10 €      | 10.786.379,10 €        | -6.756.797,66 €       | 10.786.379,10 €                     |
| 23   | 9.552.314,41 €       | 9.552.314,41 €       | 9.552.314,41 €         | -7.772.011,22 €       | 9.552.314,41 €                      |
| 24   | 8.311.654,59 €       | 8.311.654,59 €       | 8.311.654,59 €         | -8.796.550,08 €       | 8.311.654,59 €                      |
| 25   | -22.935.957,89 €     | -22.935.957,89 €     | -22.935.957,89 €       | -39.830.737,71 €      | -22.935.957,89 €                    |
| SUMA | -250.178.332,90 €    | -250.178.332,90 €    | -250.178.332,90 €      | -831.743.281,40 €     | -250.178.332,90 €                   |

Figura 97: Fujos de caja zona canaria. Fuente: Elaboración Propia

| AÑOS | FLUJO DE CAJA NOR1 | FLUJO DE CAJA NOI | FLUJO DE CAJA NOR3 | FLUJO DE CAJA NOI | FLUJO DE CAJA NOR | FLUJO DE CAJA NOF | FLUJO DE CAJA NOR7 | FLUJO DE CAJA NOR8 |
|------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 0    | -985.072.000,00 €  | -985.072.000,00 € | -985.072.000,00 €  | -985.072.000,00 € | -985.072.000,00 € | -985.072.000,00 € | -985.072.000,00 €  | -985.072.000,00 €  |
| 1    | 71.876.746,08 €    | 111.952.449,60 €  | 100.387.918,08 €   | 86.142.336,00 €   | 71.876.746,08 €   | 43.685.699,52 €   | 43.685.699,52 €    | 43.685.699,52 €    |
| 2    | 81.645.941,12 €    | 126.274.636,31 €  | 113.396.260,96 €   | 97.532.241,51 €   | 81.645.941,12 €   | 50.252.116,10 €   | 50.252.116,10 €    | 50.252.116,10 €    |
| 3    | 69.722.657,01 €    | 109.450.652,27 €  | 97.986.457,93 €    | 83.864.474,59 €   | 69.722.657,01 €   | 41.776.204,03 €   | 41.776.204,03 €    | 41.776.204,03 €    |
| 4    | 54.036.093,38 €    | 87.259.037,58 €   | 77.671.987,28 €    | 65.862.333,63 €   | 54.036.093,38 €   | 30.665.584,96 €   | 30.665.584,96 €    | 30.665.584,96 €    |
| 5    | 39.682.869,24 €    | 66.974.540,75 €   | 59.099.060,90 €    | 49.397.777,77 €   | 39.682.869,24 €   | 20.484.683,94 €   | 20.484.683,94 €    | 20.484.683,94 €    |
| 6    | 29.383.123,55 €    | 52.479.837,72 €   | 45.814.884,76 €    | 37.604.769,69 €   | 29.383.123,55 €   | 13.135.859,32 €   | 13.135.859,32 €    | 13.135.859,32 €    |
| 7    | 22.904.728,65 €    | 43.443.681,58 €   | 37.516.814,49 €    | 30.215.898,62 €   | 22.904.728,65 €   | 8.456.708,34 €    | 8.456.708,34 €     | 8.456.708,34 €     |
| 8    | 21.426.264,70 €    | 41.548.404,04 €   | 35.741.815,65 €    | 28.589.063,17 €   | 21.426.264,70 €   | 7.271.449,75 €    | 7.271.449,75 €     | 7.271.449,75 €     |
| 9    | 19.641.238,34 €    | 39.219.854,19 €   | 33.570.108,83 €    | 26.610.560,91 €   | 19.641.238,34 €   | 5.868.762,19 €    | 5.868.762,19 €     | 5.868.762,19 €     |
| 10   | 18.002.174,94 €    | 37.104.031,12 €   | 31.591.862,93 €    | 24.801.787,25 €   | 18.002.174,94 €   | 4.565.072,91 €    | 4.565.072,91 €     | 4.565.072,91 €     |
| 11   | 17.256.652,42 €    | 36.268.079,61 €   | 30.782.006,26 €    | 24.024.075,08 €   | 17.256.652,42 €   | 3.883.162,21 €    | 3.883.162,21 €     | 3.883.162,21 €     |
| 12   | 16.157.084,77 €    | 34.931.344,40 €   | 29.513.709,82 €    | 22.840.083,83 €   | 16.157.084,77 €   | 2.950.428,84 €    | 2.950.428,84 €     | 2.950.428,84 €     |
| 13   | 15.053.548,40 €    | 33.593.599,14 €   | 28.243.549,55 €    | 21.653.177,05 €   | 15.053.548,40 €   | 2.011.645,51 €    | 2.011.645,51 €     | 2.011.645,51 €     |
| 14   | 13.945.739,11 €    | 32.254.502,72 €   | 26.971.195,00 €    | 20.463.037,39 €   | 13.945.739,11 €   | 1.066.533,96 €    | 1.066.533,96 €     | 1.066.533,96 €     |
| 15   | 12.833.349,42 €    | 30.913.711,20 €   | 25.696.312,75 €    | 19.269.344,41 €   | 12.833.349,42 €   | 114.812,36 €      | 114.812,36 €       | 114.812,36 €       |
| 16   | 11.716.068,46 €    | 29.570.877,73 €   | 24.418.566,32 €    | 18.071.774,41 €   | 11.716.068,46 €   | -843.804,86 €     | -843.804,86 €      | -843.804,86 €      |
| 17   | 10.593.581,88 €    | 28.225.652,41 €   | 23.137.616,08 €    | 16.870.000,40 €   | 10.593.581,88 €   | -1.809.607,02 €   | -1.809.607,02 €    | -1.809.607,02 €    |
| 18   | 9.465.571,75 €     | 26.877.682,19 €   | 21.853.119,12 €    | 15.663.691,94 €   | 9.465.571,75 €    | -2.782.887,37 €   | -2.782.887,37 €    | -2.782.887,37 €    |
| 19   | 8.331.716,44 €     | 25.526.610,81 €   | 20.564.729,16 €    | 14.452.515,09 €   | 8.331.716,44 €    | -3.763.943,15 €   | -3.763.943,15 €    | -3.763.943,15 €    |
| 20   | 7.191.690,53 €     | 24.172.078,59 €   | 19.272.096,41 €    | 13.236.132,21 €   | 7.191.690,53 €    | -4.753.075,70 €   | -4.753.075,70 €    | -4.753.075,70 €    |
| 21   | 6.045.164,69 €     | 22.813.722,41 €   | 17.974.867,51 €    | 12.014.201,96 €   | 6.045.164,69 €    | -5.750.590,59 €   | -5.750.590,59 €    | -5.750.590,59 €    |
| 22   | 4.891.805,57 €     | 21.451.175,53 €   | 16.672.685,34 €    | 10.786.379,10 €   | 4.891.805,57 €    | -6.756.797,66 €   | -6.756.797,66 €    | -6.756.797,66 €    |
| 23   | 3.731.275,69 €     | 20.084.067,50 €   | 15.365.188,99 €    | 9.552.314,41 €    | 3.731.275,69 €    | -7.772.011,22 €   | -7.772.011,22 €    | -7.772.011,22 €    |
| 24   | 2.563.233,32 €     | 18.712.024,06 €   | 14.052.013,55 €    | 8.311.654,59 €    | 2.563.233,32 €    | -8.796.550,08 €   | -8.796.550,08 €    | -8.796.550,08 €    |
| 25   | -28.612.667,61 €   | -12.665.333,03 €  | -17.267.209,91 €   | -22.935.957,89 €  | -28.612.667,61 €  | -39.830.737,71 €  | -39.830.737,71 €   | -39.830.737,71 €   |
| SUMA | -445.586.348,12 €  | 103.364.920,43 €  | 55.044.382,23 €    | 250.178.332,90 €  | -445.586.348,12 € | -831.743.281,40 € | -831.743.281,40 €  | -831.743.281,40 €  |

Figura 98: Flujos de caja zona noratlántica. Fuente: Elaboración Propia

De los resultados de las Figura 97 y Figura 98 se observa que en la mayoría de zonas (marcadas en verde) en ambas demarcaciones los ingresos son superiores a los costes hasta el último año en el que entra el coste de desmantelamiento.

Los VAN que se obtienen en estas zonas son:

| DEMARCACIÓN CANARIAS | VAN               |
|----------------------|-------------------|
| CANFV1               | -428.900.918,83 € |
| CANFV2               | -428.900.918,83 € |
| CANLANZ1             | -428.900.918,83 € |
| CANCG1               | -428.900.918,83 € |
| CANTEN1              | -775.841.376,98 € |
| CANTEN2              | -775.841.376,98 € |

Figura 99: VAN zona Canarias. Fuente: Elaboración Propia

| DEMARCACIÓN NORÁTLANTICA | VAN               |
|--------------------------|-------------------|
| NOR1                     | -545.474.220,74 € |
| NOR2                     | -217.989.895,73 € |
| NOR3                     | -312.491.113,83 € |

|      |                   |
|------|-------------------|
| NOR4 | -428.900.918,83 € |
| NOR5 | -545.474.220,74 € |
| NOR6 | -775.841.376,98 € |
| NOR7 | -775.841.376,98 € |
| NOR8 | -775.841.376,98 € |

Figura 100: VAN zona Norátlantica. Fuente: Elaboración Propia

El VAN que se obtiene en ambas demarcaciones es negativo al encontrarse la eólica marina en nuestro país en desarrollo y con proyectos de investigación de parques de magnitudes más pequeñas. Para que fuera viable hoy en día son necesarias ayudas públicas para ayudar a financiar los costes de inversión este tipo de proyectos o garantizar un precio mínimo a la energía que se genere en estos parques.

### 5.1.6 TIR

La tasa interna de retorno mide la rentabilidad de la inversión en porcentaje de beneficio o pérdidas. En otras palabras, es el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero.

Los valores que se obtienen son los siguientes:

| DEMARCACIÓN CANARIAS | TIR    |
|----------------------|--------|
| CANFV1               | -3,66% |
| CANFV2               | -3,66% |
| CANLANZ1             | -3,66% |
| CANCG1               | -3,66% |
| CANTEN1              | <-10%  |
| CANTEN2              | <-10%  |

Figura 101:TIR zona canaria. Fuente: Elaboración Propia

| DEMARCACIÓN NORÁTLANTICA | TIR    |
|--------------------------|--------|
| NOR1                     | -8,88% |
| NOR2                     | 1,229% |
| NOR3                     | -0,70% |
| NOR4                     | -4%    |
| NOR5                     | -9%    |
| NOR6                     | <-10%  |
| NOR7                     | <-10%  |
| NOR8                     | <-10%  |

Figura 102: TIR zona canaria. Fuente: Elaboración Propia

Para estas zonas al ser el VAN negativo esta tasa se encuentra por debajo de la tasa de descuento (5%) por lo que el proyecto no resulta rentable en ninguna zona al representar la tasa de descuento el mínimo rendimiento para poder aceptar un proyecto.

## 5.2 *UNDIMOTRIZ*

Para realizar el análisis económico de esta tecnología, se ha optado por estudiar los indicadores económicos de un proyecto de 2 MW que utiliza dispositivos de tipo absorbedor puntual. El proyecto de 2 MW ha sido seleccionado ya que la última instalación de tecnología de olas en España es un proyecto de 2 MW en el puerto de Mallorca. [51]

Los datos de un proyecto similar realizado por la Universidad de Strathclyde en Glasgow, Escocia, Reino Unido [52], se han utilizado para obtener los costes de inversión, de operación y mantenimiento y de desmantelamiento.

### 5.2.1 COSTES DE INVERSIÓN

Los costes de inversión en €/MW para esta tecnología son los siguientes:

| COSTES DE INVERSIÓN             | €/MW                  |
|---------------------------------|-----------------------|
| Estructura                      | 4.448.168,00 €        |
| Cimentación y amarre            | 519.690,00 €          |
| Transmisión y conexión a la red | 52.120,00 €           |
| Potencia de arranque            | 1.939.735,00 €        |
| Instalación                     | 696.600,00 €          |
| Gestión de proyectos            | 1.788.903,00 €        |
| <b>TOTAL CAPEX</b>              | <b>9.445.216,00 €</b> |

Figura 103: Costes de inversión Undimotriz. Fuente: [52]

## 5.2.2 COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En el proyecto seleccionado, los costes de operación y mantenimiento son un 5% del coste de inversión total del proyecto.

| COSTES MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN | €            |
|----------------------------------|--------------|
| TOTAL (5%)                       | 472.260,80 € |

Figura 104: Costes de operación y mantenimiento. Undimotriz. Fuente: [52]

## 5.2.3 COSTE DE DESMANTELAMIENTO

El coste de desmantelamiento supone un 21% del coste total de inversión. [52]

| COSTE DE DESMANTELAMIENTO | €              |
|---------------------------|----------------|
| TOTAL (21%)               | 1.983.495,36 € |

Figura 105: Coste de desmantelamiento. Undimotriz. Fuente: [52]

Para el cálculo de indicadores económicos se va a considerar un valor de la tasa de descuento del proyecto del **5%** y una vida útil del proyecto de **25 años** de acuerdo con el Boletín Oficial del Estado. [53]

## 5.2.4 LCOE

El indicador económico LCOE sigue la fórmula:

$$LCOE = \frac{I + \sum_{t=1}^n \frac{OM}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_{prod}}{(1+i)^t}}$$

Ecuación 12:LCOE undimotriz

Siendo I el valor del coste total de inversión en MW, OM el valor total del coste de operación y mantenimiento en cada periodo t, n el número de años de vida del proyecto (n=25), Eprod la energía producida en cada periodo t e i la tasa de descuento.

Los costes de mantenimientos se ha supuesto que a lo largo de los 25 años tienen un aumento anual del 2%. Para la energía generada se ha supuesto una reducción anual a lo largo de la vida útil del 0,25%.

La energía anual producida para el proyecto en los 8 emplazamientos de la costa norte se calcula de la siguiente manera:

$$E_{prod}(MWh) = P(MW) * 8760h * \mu$$

Ecuación 13: Energía producida anual undimotriz.

Siendo:

P: la potencia en cada emplazamiento calculado en el apartado de Resultados del capítulo 4.

$\mu$  : rendimiento de las turbinas de tipo absorbedor puntual (50%) [54]

Teniendo en cuenta todos los parámetros de la fórmula se obtienen los siguientes valores de LCOE para las 19 zonas:

| DEMARCACIONES | LCOE (€/MWh) |
|---------------|--------------|
| ESAL-1        | 4.538,53 €   |
| ESAL-2        | 4.651,01 €   |
| CANFV1        | 4.651,99 €   |
| CANFV2        | 2.283,19 €   |
| CANLANZ1      | 661,03 €     |
| CANCG1        | 14.043,76 €  |
| CANTEN1       | 2.770,42 €   |
| CANTEN2       | 5.624,58 €   |
| NOR1          | 229,63 €     |
| NOR2          | 251,71 €     |
| NOR3          | 205,27 €     |
| NOR4          | 219,39 €     |
| NOR5          | 410,62 €     |
| NOR6          | 503,37 €     |
| NOR7          | 466,76 €     |
| NOR8          | 380,34 €     |
| LEBA1         | 2.640,12 €   |
| LEBA2         | 2.941,97 €   |
| LEBA3         | 2.655,12 €   |

*Figura 106: Resultados LCOE undimotriz. Fuente: Elaboración Propia*

En la Figura 106 se observan grandes diferencias entre unas zonas y otras. La única demarcación con valores de levelized cost of capital competitivos y con pronóstico positivo para un posible proyecto de esta tecnología es la noratlántica por lo que no procede analizar en el estudio del valor actual neto y tasa interna de retorno de las otras demarcaciones.

Según la hoja de ruta de eólica marina y energías del mar del ministerio de transición ecológica y reto demográfico el LCOE se situaba en el año 2018 entorno a los 560€/MWh esperando valores de 200 €/MWh para 2025 y de 150€/MWh para 2023. [1]

## 5.2.5 FLUJOS DE CAJA

Para poder hallar los flujos de caja es necesario además de los costes hallar los ingresos por venta de energía.

Los precios del mercado diario de venta de electricidad son los mismos que se han utilizado en la eólica marina (offshore) mostrados en la Figura 96.

Los flujos de caja resultantes en la zona norte son los siguientes:

| Años | Flujo de caja NOR1 | Flujo de caja NOR2 | Flujo de caja NOR3 | Flujo de caja NOR4 | Flujo de caja NOR5 | Flujo de caja NOR6 | Flujo de caja NOR7 | Flujo de caja NOR8 |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0    | -18.890.432,00 €   | -18.890.432,00 €   | -18.890.432,00 €   | -18.890.432,00 €   | -18.890.432,00 €   | -18.890.432,00 €   | -18.890.432,00 €   | -18.890.432,00 €   |
| 1    | 500.520,38 €       | 415.186,94 €       | 615.965,62 €       | 545.938,18 €       | 71.752,37 €        | -28.486,91 €       | 6.326,73 €         | 115.069,34 €       |
| 2    | 591.958,50 €       | 496.930,35 €       | 720.519,44 €       | 642.536,20 €       | 114.478,25 €       | 2.850,81 €         | 41.619,62 €        | 162.716,45 €       |
| 3    | 964.341,05 €       | 879.747,99 €       | 1.078.784,65 €     | 1.009.364,79 €     | 539.293,16 €       | 439.923,58 €       | 474.435,17 €       | 582.234,30 €       |
| 4    | 305.273,17 €       | 234.531,36 €       | 400.977,81 €       | 342.924,74 €       | -50.177,50 €       | -133.276,32 €      | -104.415,65 €      | -14.267,52 €       |
| 5    | 151.276,56 €       | 93.164,24 €        | 229.895,10 €       | 182.206,21 €       | -140.715,72 €      | -208.978,96 €      | -185.270,77 €      | -111.216,73 €      |
| 6    | 39.226,08 €        | -9.953,90 €        | 105.760,30 €       | 65.401,59 €        | -207.884,55 €      | -265.655,16 €      | -245.591,12 €      | -182.919,80 €      |
| 7    | -33.288,25 €       | -77.021,97 €       | 25.877,88 €        | -10.011,45 €       | -253.033,51 €      | -304.406,53 €      | -286.564,40 €      | -230.833,40 €      |
| 8    | -54.042,66 €       | -96.888,85 €       | 3.922,76 €         | -31.238,24 €       | -269.328,45 €      | -319.658,92 €      | -302.178,88 €      | -247.578,86 €      |
| 9    | -78.085,51 €       | -119.774,38 €      | -21.685,80 €       | -55.897,06 €       | -287.556,17 €      | -336.527,15 €      | -319.519,27 €      | -266.394,06 €      |
| 10   | -100.724,75 €      | -141.398,45 €      | -45.698,44 €       | -79.076,62 €       | -305.094,59 €      | -352.873,07 €      | -336.279,35 €      | -284.447,80 €      |
| 11   | -114.207,70 €      | -154.688,85 €      | -59.441,88 €       | -92.662,05 €       | -317.610,04 €      | -365.162,33 €      | -348.647,17 €      | -297.060,99 €      |
| 12   | -131.478,27 €      | -171.454,42 €      | -77.395,66 €       | -110.201,40 €      | -332.343,17 €      | -379.302,25 €      | -362.993,11 €      | -312.050,47 €      |
| 13   | -148.907,30 €      | -188.384,74 €      | -95.499,37 €       | -127.895,86 €      | -347.266,41 €      | -393.639,67 €      | -377.533,99 €      | -327.226,86 €      |
| 14   | -166.500,29 €      | -205.485,25 €      | -113.758,62 €      | -145.750,97 €      | -362.384,86 €      | -408.179,62 €      | -392.274,86 €      | -342.595,31 €      |
| 15   | -184.262,81 €      | -222.761,44 €      | -132.179,10 €      | -163.772,34 €      | -377.703,73 €      | -422.927,20 €      | -407.220,85 €      | -358.161,05 €      |
| 16   | -202.200,55 €      | -240.218,90 €      | -150.766,57 €      | -181.965,69 €      | -393.228,29 €      | -437.887,59 €      | -422.377,17 €      | -373.929,40 €      |
| 17   | -220.319,23 €      | -257.863,31 €      | -169.526,90 €      | -200.336,80 €      | -408.963,90 €      | -453.066,08 €      | -437.749,16 €      | -389.905,77 €      |
| 18   | -238.624,71 €      | -275.700,42 €      | -188.466,01 €      | -218.891,56 €      | -424.916,04 €      | -468.468,04 €      | -453.342,20 €      | -406.095,66 €      |
| 19   | -257.122,91 €      | -293.736,10 €      | -207.589,94 €      | -237.635,93 €      | -441.090,25 €      | -484.098,95 €      | -469.161,79 €      | -422.504,65 €      |
| 20   | -275.819,84 €      | -311.976,28 €      | -226.904,79 €      | -256.575,96 €      | -457.492,19 €      | -499.964,35 €      | -485.213,54 €      | -439.138,45 €      |
| 21   | -294.721,62 €      | -330.427,01 €      | -246.416,79 €      | -275.717,81 €      | -474.127,60 €      | -516.069,93 €      | -501.503,13 €      | -456.002,83 €      |
| 22   | -313.834,45 €      | -349.094,42 €      | -266.132,22 €      | -295.067,71 €      | -491.002,35 €      | -532.421,44 €      | -518.036,37 €      | -473.103,68 €      |
| 23   | -333.164,64 €      | -367.984,74 €      | -286.057,49 €      | -314.632,02 €      | -508.122,37 €      | -549.024,76 €      | -534.819,14 €      | -490.446,98 €      |
| 24   | -352.718,59 €      | -387.104,31 €      | -306.199,11 €      | -334.417,16 €      | -525.493,72 €      | -565.885,85 €      | -551.857,45 €      | -508.038,84 €      |
| 25   | -2.355.998,17 €    | -2.389.954,92 €    | -2.310.059,02 €    | -2.337.925,05 €    | -2.526.617,93 €    | -2.566.506,17 €    | -2.552.652,77 €    | -2.509.380,79 €    |
| SUMA | -22.193.858,50 €   | -23.362.743,76 €   | -20.612.506,12 €   | -21.571.732,00 €   | -28.067.061,54 €   | -29.440.124,87 €   | -28.963.252,58 €   | -27.473.711,82 €   |

Figura 107:Flujos de caja undimotriz. Fuente: Elaboración Propia

Se observa cómo solo los primeros años de vida se obtendrían beneficios frente a las pérdidas en los años posteriores debido a los costes superiores a los ingresos por la venta de energía.

## 5.2.6 VAN

La fórmula del VAN es la siguiente:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+i)^t}$$

Ecuación 14:VAN undimotriz

Y los valores calculados para la demarcación noratlántica quedan:

| DEMARCACIÓN NORÁTlantica | VAN              |
|--------------------------|------------------|
| NOR1                     | -17.932.555,60 € |
| NOR2                     | -18.629.869,95 € |
| NOR3                     | -16.989.178,38 € |
| NOR4                     | -17.561.417,59 € |
| NOR5                     | -21.436.294,53 € |
| NOR6                     | -22.255.414,08 € |
| NOR7                     | -21.970.929,45 € |
| NOR8                     | -21.082.323,70 € |

Tabla 60: Valores VAN undimotriz. Fuente: Elaboración Propia

El VAN que se obtiene en esta demarcación es negativo al encontrarse también en fase de investigación y desarrollo con apenas un par de proyectos en funcionamiento. Para que fuera viable hoy en día son necesarias ayudas públicas para ayudar financiar los costes de inversión este tipo de proyectos o garantizar un precio mínimo a la energía que se genere en estos parques.

### 5.2.7 TIR

Se calcula por último el parámetro que mide la rentabilidad de la inversión en porcentaje de beneficio o pérdidas, es decir, el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero. Como se puede intuir antemano con valores negativos del VAN esta tasa interna de retorno va a quedar por debajo de la tasa de descuento que marca el límite para decidir aceptar o no un proyecto.

Los resultados que se obtienen son de una tasa interna de retorno por debajo del -10% por lo que se confirma que no sería rentable sin ninguna ayuda pública o garantizando un precio mínimo de la venta de la electricidad llevar a cabo la instalación de un parque de energía de las olas.

### 5.3 GRADIENTE SALINO

El análisis económico de esta tecnología es mayormente simbólico, dado que se basa únicamente en los datos del único proyecto piloto de tipo presión por ósmosis retardado (PRO) que hay en Europa [38]. Por esta razón, el único indicador económico evaluado ha sido el LCOE (Levelized cost of energy).

#### 5.3.1 COSTES DE INVERSIÓN

El coste de inversión del proyecto piloto ubicado en Tofte, Noruega tiene el siguiente valor estimado de inversión:

| Coste de inversión | M€   |
|--------------------|------|
| Total              | 15,8 |

Tabla 61: Costes de inversión gradiente salino. Fuente: [38]

#### 5.3.2 COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

| Costes de operación y mantenimiento | M€  |
|-------------------------------------|-----|
| Total                               | 1,8 |

Tabla 62: Costes de operación y mantenimiento gradiente salino. Fuente: [38]

Para el cálculo del LCOE se va a considerar un valor de la tasa de descuento del proyecto del **8%** y una vida útil del proyecto de **30 años** de acuerdo con estudio de la University of South Florida. [55]

#### 5.3.3 LCOE

Para calcular el LCOE se obtiene el valor de energía producida anual de la siguiente manera:

$$E_{prod}(MWh) = P(MW) * 8760h$$

Ecuación 15: Energía producida anual gradiente salino

Con el cálculo de la energía producida y los costes de inversión y operación y mantenimiento se calcula el LCOE para los 19 emplazamientos siguiendo la fórmula:

$$LCOE = \frac{I + \sum_{t=1}^n \frac{OM}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_{prod}}{(1+i)^t}}$$

Ecuación 16: LCOE gradiente salino

Se obtienen los siguientes resultados:

| LCOE     | €/MWh      |
|----------|------------|
| ESAL1    | 1499,74251 |
| ESAL2    | 1499,32863 |
| LEBA1    | 1427,04462 |
| LEBA2    | 1427,75448 |
| LEBA3    | 1427,88849 |
| CANFV1   | 1486,62671 |
| CANFV2   | 1486,67029 |
| CANLANZ1 | 1486,65576 |
| CANTEN1  | 1486,39429 |
| CANTEN2  | 1486,39429 |
| CANCG1   | 1486,46691 |
| NOR1     | 1534,68389 |
| NOR2     | 1534,93165 |
| NOR3     | 1534,82325 |
| NOR4     | 1534,77679 |
| NOR5     | 1534,94714 |
| NOR6     | 1534,94714 |
| NOR7     | 1534,93165 |
| NOR8     | 1535,13302 |

Figura 108: Resultados LCOE gradiente salino. Fuente: Elaboración Propia

Los resultados muestran que, en comparación con otras tecnologías, el LCOE para esta tecnología está lejos de ser competitivo, con valores significativamente superiores a 1000 €/MWh. A pesar de que estos valores no son definitivos, es importante apreciar que esta

tecnología actualmente enfrenta desafíos significativos debido principalmente a los elevados costes de inversión y de las membranas de ósmosis necesarias para convertir las diferencias de gradiente salino en energía eléctrica.

## 5.4 CORRIENTES

El análisis económico en esta tecnología como en las anteriores se basa en calcular los indicadores económicos como son el LCOE, la TIR y el VAN para poder seleccionar la zona más rentable económicamente. Al no haber en España ninguna instalación se han cogido los costes de un proyecto piloto en las costas de Escocia que consta de 10 turbinas de 1MW de potencia desarrollado por la empresa Hammerfest Strom, propiedad de Iberdrola a través de su filial Scottish Power. [47]

### 5.4.1 COSTES DE INVERSIÓN

Los costes de inversión de este proyecto no vienen desglosados por lo que se presenta el valor total del CAPEX.

| Costes de inversión |      |
|---------------------|------|
| Fabricación         |      |
| Transporte          |      |
| Instalación         |      |
| Mantenimiento       |      |
| Infraestructura     |      |
| TOTAL:              | 47M€ |

Tabla 63. Costes de inversión. Fuente: [47]

## 5.4.2 COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los costes de operación y mantenimiento son los siguientes:

| COSTES OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO € |              |
|------------------------------------|--------------|
| TOTAL                              | 940.000,00 € |

Tabla 64: Costes de operación y mantenimiento. Fuente: [47]

Para el cálculo de indicadores económicos se va a considerar un valor de la tasa de descuento del proyecto del **5%** y una vida útil del proyecto de **25 años** según se especifica en este proyecto. [47] [56]

## 5.4.3 LCOE

El indicador económico LCOE sigue la fórmula:

$$LCOE = \frac{I + \sum_{t=1}^n \frac{OM}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_{prod}}{(1+i)^t}}$$

Ecuación 17: LCOE corrientes

Siendo I el valor del coste total de inversión en MW, OM el valor total del coste de operación y mantenimiento en cada periodo t, n el número de años de vida del proyecto (n=25), Eprod la energía producida en cada periodo t e i la tasa de descuento.

La energía generada se ha supuesto una reducción anual a lo largo de la vida útil del 0,25%.

Conocidos los costes, la energía producida anual para poder calcular el LCOE sigue la siguiente fórmula:

$$E_{prod}(Wh) = P(W) * 8760h * \mu$$

Ecuación 18: Energía producida corrientes

Siendo:

P: la potencia en cada emplazamiento calculado en el apartado de Resultados del capítulo 4.

$\mu$  : rendimiento de las turbinas de tipo eje horizontal (30%) [57]

Los resultados que se obtienen del LCOE son:

| COSTES OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO € |              |
|------------------------------------|--------------|
| TOTAL                              | 940.000,00 € |
| LCOE                               | €/MWh        |
| ESAL1                              | 313,77 €     |
| ESAL2                              | 3.044,31 €   |
| LEBA1                              | 9.364,80 €   |
| LEBA2                              | 4.912,73 €   |
| LEBA3                              | 12.136,96 €  |
| CANFV1                             | 6.248,77 €   |
| CANFV2                             | 5.454,11 €   |
| CANLANZ1                           | 8.738,16 €   |
| CANTEN1                            | 3.084,67 €   |
| CANTEN2                            | 7.781,22 €   |
| CANGC1                             | 6.214,12 €   |
| NOR1                               | 8.018,92 €   |
| NOR2                               | 4.462,82 €   |
| NOR3                               | 8.018,92 €   |
| NOR4                               | 5.786,10 €   |
| NOR5                               | 9.922,82 €   |
| NOR6                               | 7.122,17 €   |
| NOR7                               | 4.575,70 €   |
| NOR8                               | 11.725,11 €  |

Tabla 65:LCOE corrientes. Fuente: Elaboración Propia

De los resultados se observa como la única zona en España con un valor competitivo para poder llevar a cabo un proyecto que salga rentable con un levelized cost of energy de 313,77 €/MWh es el emplazamiento ESAL-1 ubicado muy próximo al Estrecho de Gibraltar. En Europa se esperan valores de 150€/MWh para el año 2025 según la hoja de ruta de eólica marina y energías del mar [1]. España se encuentra aún lejos de ese objetivo y es uno de los motivos por los que todavía hoy en día no hay ninguna instalación.

#### **5.4.4 FLUJOS DE CAJA**

Para poder hallar los flujos de caja es necesario además de los costes hallar los ingresos por venta de energía. Esto sólo se ha hecho el estudio para el emplazamiento ESAL-1 ya que para los otros 18 no tiene sentido realizar un proyecto de instalación de esta tecnología

Los precios del mercado diario de venta de electricidad son los mismos que se han utilizado en la eólica marina (offshore) mostrados en la Figura 96.

Sabiendo los costes y el ingreso por venta de energía el flujo de caja para los 25 años es el siguiente:

| Años | Flujo de caja ESAL1 |
|------|---------------------|
| 0    | -38.160.000,00 €    |
| 1    | 467.609,52 €        |
| 2    | 525.006,26 €        |
| 3    | 463.226,17 €        |
| 4    | 381.221,03 €        |
| 5    | 306.449,16 €        |
| 6    | 253.565,94 €        |
| 7    | 221.321,83 €        |
| 8    | 216.067,32 €        |
| 9    | 209.215,46 €        |
| 10   | 203.205,24 €        |
| 11   | 202.065,26 €        |
| 12   | 199.668,61 €        |
| 13   | 197.295,92 €        |
| 14   | 194.946,96 €        |
| 15   | 192.621,49 €        |
| 16   | 190.319,28 €        |
| 17   | 188.040,09 €        |
| 18   | 185.783,68 €        |
| 19   | 183.549,85 €        |
| 20   | 181.338,35 €        |
| 21   | 179.148,97 €        |
| 22   | 176.981,48 €        |
| 23   | 174.835,66 €        |
| 24   | 172.711,30 €        |
| 25   | 170.608,19 €        |
| SUMA | -32.123.196,99 €    |

Tabla 66: Flujos de caja ESAL-1. Fuente: Elaboración Propia

Se observa como el coste inicial de capital es muy elevado en comparación con los ingresos por venta de energía y aunque en cada año estos ingresos superan a los costes de mantenimiento y operación en total el balance queda en negativo por esta gran inversión inicial.

### 5.4.5 VAN

La fórmula del valor actual neto es la siguiente:

$$VAN = -I + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+i)^t}$$

Ecuación 19:VAN corrientes

EL valor del VAN para el emplazamiento elegido es:

| DEMARCACIÓN ESAL | VAN              |
|------------------|------------------|
| ESAL-1           | -32.699.112,33 € |

Tabla 67: Valor VAN ESAL-1. Fuente: Elaboración Propia

El valor actual neto logrado en el emplazamiento es negativo al encontrarse esta tecnología en la etapa de I+D+i. Para que esto sea posible hoy en día, se necesita apoyo estatal para ayudar a financiar los costes de inversión de este tipo de proyectos o para garantizar un precio mínimo por la energía producida en estos parques.

El valor de la tasa interna de retorno que se obtiene es inferior a -10% y confirma que no sería rentable sin ninguna ayuda pública o garantizando un precio mínimo de la venta de la electricidad llevar a cabo la instalación de un parque de energía de las corrientes.

## Capítulo 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este análisis llevado a cabo ha permitido estudiar desde el punto de vista técnico y económico como determinar las zonas más propicias para la instalación de proyectos de energías marinas. El estudio técnico permite determinar el emplazamiento óptimo para cada demarcación, ya sea por varios parámetros como en la eólica marina o por la máxima potencia extraíble como en las otras tres tecnologías. Para cada tecnología se ha analizado la diferencia entre el emplazamiento óptimo y el siguiente más favorable. En el caso de la energía eólica en el mar, no se encuentran diferencias significativas entre el mejor emplazamiento y el segundo. En el caso de la energía de las corrientes, hay una gran diferencia entre el mejor emplazamiento y el segundo; el segundo emplazamiento produce menos de la mitad de la potencia del primero. Por otro lado, la diferencia de potencia entre el primer y el segundo emplazamiento es mínima para las tecnologías de gradiente salino y undimotriz. Un aspecto común a todas las tecnologías es que tanto el primer como el segundo emplazamiento están dentro del misma demarcación.

| Tecnologías               | Potencia extraída (kW) | emplazamiento |
|---------------------------|------------------------|---------------|
| Eólica offshore           | 5400                   | CANGC-1       |
| Undimotriz                | 42,31                  | NOR-3         |
| Gradiente salino          | 1,58                   | LEBA-1        |
| Energía de las corrientes | 25,25                  | ESAL-1        |

Tabla 68:Resultados técnicos. Fuente: Elaboración Propia

En el estudio económico, el indicador económico base calculado para todas las tecnologías ha sido el LCOE (levelized Cost of Energy) que mide el valor de coste promedio de generación de electricidad a lo largo de la vida útil. Además, es el parámetro que se usa para comparar la competitividad económica entre diferentes tecnologías. Por los resultados se refleja claramente como España está focalizada en la eólica marina y por ello tiene en la actualidad el LCOE

expresado en €/MWh el precio más competitivo entre las diferentes tecnologías. Por el contrario, la tecnología en fase incipiente que es la del gradiente salino tiene un coste promedio de generación de electricidad muy elevado como para que todavía resulte rentable.

| Tecnologías               | LCOE €/MWh | emplazamiento |
|---------------------------|------------|---------------|
| Eólica offshore           | 60,92      | NOR-2         |
| Undimotriz                | 205,27     | NOR-3         |
| Gradiente salino          | 1427,04    | LEBA-1        |
| Energía de las corrientes | 313,77     | ESAL-1        |

Tabla 69:LCOE tecnologías. Fuente: Elaboración Propia

Cuando comparamos el estudio económico y técnico para la tecnología más desarrollada y prometedora en España en energías marinas que es la eólica la mejor zona desde un punto de vista técnico no coincide con la mejor zona desde un aspecto económico. Esto es debido a que el parámetro que se ha utilizado para llevar a cabo el estudio económico es el de la velocidad de viento. La zona con mayores velocidades de viento no es la que finalmente en el análisis técnico tras analizar 8 parámetros sale como la óptima. Por este motivo el mejor emplazamiento técnico y económico difieren. En el resto de las tecnologías al no haber demasiada información disponible se ha hecho uso de los datos obtenidos en el análisis técnico para hallar la energía producida anual por lo que el mejor emplazamiento técnico coincide con el mejor emplazamiento económico.

A la vista de los resultados independientemente del análisis técnico o económico queda claro cuál es la mejor demarcación o demarcaciones para cada tecnología. Estas demarcaciones para cada tecnología serían las de estudio en el caso de llevar a cabo una planta de energía.

| Tecnologías               | Demarcaciones           |
|---------------------------|-------------------------|
| Eólica offshore           | Canarias y Noratlántica |
| Undimotriz                | Noratlántica            |
| Gradiente salino          | Levantino-Balear        |
| Energía de las corrientes | Estrecho y Gibraltar    |

Tabla 70:Resultados mejores demarcaciones por tecnología. Fuente: Elaboración Propia

## **Capítulo 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Aunque España enfrenta desafíos significativos, en relación con la energía marina o energía azul, el análisis y estudio de las energías renovables marinas muestra un gran potencial. La energía eólica marina ha avanzado mucho, pero otras tecnologías como la energía undimotriz, la energía de las corrientes marinas y la energía de gradiente salino todavía requieren mucho desarrollo e investigación. Si bien la energía undimotriz es la más eficiente de entre las tres tecnologías todavía requieren unos costes de inversión muy elevados debido probablemente a que se han desarrollado solamente prototipos y la tecnología todavía no ha empezado a industrializarse y producirse en serie. La energía del gradiente salino, una de las más innovadoras, requiere de membranas osmóticas altamente eficientes que son costosas y difíciles de fabricar en serie. La tecnología de las corrientes marinas tiene un gran potencial siendo su ámbito de aplicación muy amplio alrededor de todo el mundo, siendo, hoy en día, según la hoja de ruta de eólica marina y energías del mar, la segunda tecnología con mayor potencia instalada en el mundo con 89,65 MW [1]. En particular y en España, la región del estrecho de Gibraltar es la que mayor potencial tiene para su implantación. Si se apuesta por fomentar la innovación y el desarrollo, en un futuro cercano se podrán llevar a cabo proyectos piloto que permitan poder establecer plantas de energía de las corrientes marinas.

A diferencia de estas tres tecnologías, la energía eólica marina ha alcanzado una madurez tecnológica e industrial significativa lo que ha permitido reducir los costes de inversión y mejorar el rendimiento y potencia de las mismas en los últimos años. Estas mejoras han permitido que a día de hoy haya muchos proyectos piloto y comerciales en marcha en todo el mundo. Debido a las condiciones favorables del viento en nuestras áreas costeras, España tiene una gran capacidad para aprovechar esta tecnología. Además, el levelized cost of energy (LCOE) de la energía eólica marina se está acercando a los niveles competitivos con respecto

a otras fuentes de energía renovables, lo que permitirá sin duda un despegue aun mayor en los próximos años en muchos países que como el nuestro dispongan de zonas marinas favorables.

Para el resto de las tecnologías es importante establecer colaboraciones con empresas de otros países para facilitar el avance tecnológico en el desarrollo e investigación. Además, es importante establecer regulaciones que faciliten la implementación y ejecución de proyectos de renovables marinas. En términos económicos, es necesario fomentar incentivos fiscales y subvenciones que permitan reducir el coste inicial de la inversión y fomenten el desarrollo industrial y mejora de la eficiencia de estas tecnologías.

Como trabajos y pasos futuros que podrían ser interesantes de este trabajo, sería el realizar un estudio detallado del diseño técnico de un parque eólico marino en el emplazamiento CANGC-1, zona con mayor potencial técnico con todos los elementos que forman parte de los aerogeneradores como son la góndola, la torre, la plataforma flotante, el sistema de control, el generador además del sistema de cableado a la red de transporte.

En relación con las otras tecnologías, es necesario esperar a que se pongan en marcha proyectos piloto adicionales, que permitan en el futuro extender el estudio con investigaciones más exhaustivas y validar tanto los análisis técnicos como económicos.

## Capítulo 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] MITECO, «Hoja de ruta eólica marina y energías del mar en España,» 2021.
- [2] L. R. Nuñez, «El Aprovechamiento de las energías Renovables Marinas como opción tecnológica del futuro,» [En línea]. Available: <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/386/Luis%20Ram%C3%B3n%20Nu%C3%Blez%20Rivas.pdf>. [Último acceso: 13 06 2023].
- [3] IRENA, «Renewable Power Generation Costs in 2020,» Abu Dhabi, 2021.
- [4] «Red Eléctrica de España,» [En línea]. Available: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/potencia-evolucion-renovable-no-renovable>. [Último acceso: 20 02 2024].
- [5] BOE, «Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico,» BOE, 2023.
- [6] IDAE, «Eólica Marina y Energías del Mar en España,» [En línea]. Available: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-electrico/eolica/eolica-marina/eolica-marina-y-energias-del-mar>. [Último acceso: 12 06 2023].
- [7] OEM, «Estrategias Marinas en España,» [En línea]. Available: [https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/estrategias-marinas/eemm\\_eemmespana.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/estrategias-marinas/eemm_eemmespana.aspx). [Último acceso: 12 06 2023].
- [8] PNIEC, «Plan Nacional Integrado de Energía y Clima,» 2020.

- [9] BOE, «Ministerio de política territorial y función pública,» 1 06 2020. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/2020/06/01/pdfs/BOE-B-2020-14541.pdf>. [Último acceso: 12 06 2023].
- [10] Acciona, «Flotante Sierra Brava,» 2020. [En línea]. Available: [https://www.acciona.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-flotante-sierra-brava/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-flotante-sierra-brava/?_adin=02021864894). [Último acceso: 12 06 2023].
- [11] «Planta Undimotriz de Mutriku,» [En línea]. Available: <https://www.mutriku.eus/es/turismo/mutriku/planta-olas>. [Último acceso: 12 06 2023].
- [12] «REAL DECRETO 1028/2007,» 20 07 2007. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/2007/08/01/pdfs/A33171-33179.pdf>. [Último acceso: 22 02 2024].
- [13] «REAL DECRETO 363/2017,» 11 04 2017. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/2017/04/11/pdfs/BOE-A-2017-3950.pdf>. [Último acceso: 20 02 2024].
- [14] MITECO, «Plan Nacional Integrado de Energía y Clima,» 20 01 2020. [En línea]. Available: [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/images/es/pnieccompleto\\_tcm30-508410.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf). [Último acceso: 24 10 2023].
- [15] «REAL DECRETO-LEY 12/2021,» 25 06 2021. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/2021/06/25/pdfs/BOE-A-2021-10584.pdf>. [Último acceso: 21 02 2024].
- [16] MITECO, «PLANES DE ORDENACIÓN DEL ESPACIO MARÍTIMO,» 02 2023. [En línea]. Available:

- [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/4resumenejecutivopoem\\_tcm30-552786.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/4resumenejecutivopoem_tcm30-552786.pdf). [Último acceso: 20 10 2023].
- [17] MITECO, «PLANES DE ORDENACIÓN DEL ESPACIO MARÍTIMO (POEM),» [En línea]. Available: [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/participacion-publica/resumenejecutivoesaepoem\\_tcm30-529031.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/participacion-publica/resumenejecutivoesaepoem_tcm30-529031.pdf). [Último acceso: 27 02 2024].
- [18] WEMAKE, «Por fin tenemos POEMs para la eólica marina,» [En línea]. Available: <https://wemakeconsultores.com/por-fin-tenemos-poems-para-la-eolica-marina/>. [Último acceso: 15 02 2024].
- [19] GaliciaPress, «Parques eólicos marinos se podrán vislumbrar desde playas de Ortigueira, Burela o Valdoviño según el nuevo POEM,» [En línea]. Available: <https://www.galiciapress.es/articulo/economia/2023-02-28/4194317-poem-zonas-parques-eolicos-marinos-frente-galicia-aprobadas>. [Último acceso: 20 04 2024].
- [20] MITECO, «Visor de Información Geográfica Marina,» [En línea]. Available: <https://infomar.miteco.es/visor.html>. [Último acceso: 11 04 2024].
- [21] J. C. Serrano Rico, «Comparación de métodos para determinar los parámetros de Weibull para la generación de energía eólica,» 08 2013. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84929153004.pdf>. [Último acceso: 15 11 2023].
- [22] Solute, «FUROW,» [En línea]. Available: <https://furow.es/#demo>. [Último acceso: 08 09 2023].
- [23] NASA, «Global Modeling and Assimilation Office,» [En línea]. Available: <https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/>. [Último acceso: 12 09 2023].

- [24] R. E. d. E. «El horizonte de la red eléctrica en el sistema eléctrico español,» 2015.
- [25] E. C. «European Marine Observation and Data Network (EMODnet),» [En línea]. Available: <https://emodnet.ec.europa.eu/en>. [Último acceso: 08 01 2024].
- [26] R. E. d. E. «El horizonte de la red eléctrica en Galicia,» 2015.
- [27] R. E. d. E. «El horizonte de la red eléctrica en el Principado de Asturias,» 2015.
- [28] eolive, «EÓLICA ONSHORE vs OFFSHORE ¿CUÁL ES MEJOR?,» [En línea]. Available: <http://www.eolivertical.es/2019/08/28/eolica-onshore-vs-offshore/>. [Último acceso: 12 03 2024].
- [29] R. E. d. E. «EL SISTEMA ELÉCTRICO CANARIO,» 2016.
- [30] R. E. d. E. «Sistema electrico balear,» Palma, 2011.
- [31] R. E. d. E. «El horizonte de la red eléctrica en Andalucía,» 2015.
- [32] A. Maldonado , «LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL LITORAL ESPAÑOL,» [En línea]. Available: [https://watermark.silverchair.com/ia19952664.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9k khW\\_Ercy7Dm3ZL\\_9Cf3qfKAc485ysgAAAxowggMWBgkqhkiG9w0BBwagghttps://encr.pw/4Z6ue](https://watermark.silverchair.com/ia19952664.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9k khW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAxowggMWBgkqhkiG9w0BBwagghttps://encr.pw/4Z6ue).
- [33] R. E. d. España, «Capacidad de acceso,» [En línea]. Available: <https://www.ree.es/es/clientes/generador/acceso-conexion/conoce-la-capacidad-de-acceso#:~:text=La%20capacidad%20de%20acceso%20de%20un%20nudo%20o%20zona%20de,que%20le%20fueran%20de%20aplicaci%C3%B3n..> [Último acceso: 20 04 2024].

- [34] W. F. Bop, «Medium voltage power cables in wind farms: an introduction,» 05 07 2020. [En línea]. Available: <https://www.windfarmbop.com/medium-voltage-power-cables-in-wind-farms-an-introduction/>. [Último acceso: 07 12 2023].
- [35] W. E. T. Facts, «Electrical System,» [En línea]. Available: [https://www.wind-energy-the-facts.org/electrical-system-7.html#:~:text=Offshore%20substations%20are%20used%20to,\(~15%20km%20or%20less](https://www.wind-energy-the-facts.org/electrical-system-7.html#:~:text=Offshore%20substations%20are%20used%20to,(~15%20km%20or%20less.). [Último acceso: 10 04 2024].
- [36] M. d. t. y. m. «Puertos del Estado,» [En línea]. Available: <https://www.puertos.es/es-es>. [Último acceso: 09 01 2024].
- [37] IRENA, «Salinity Gradient Energy,» Bonn, Germany, 2014.
- [38] «Statkraft Osmotic Power Plant,» 29 10 2009. [En línea]. Available: <https://www.power-technology.com/projects/statkraft-osmotic/?cf-closed>. [Último acceso: 08 02 2024].
- [39] O. E. Systems, «Activities,» [En línea]. Available: <https://www.ocean-energy-systems.org/what-is-ocean-energy/salinity-power/activities/>. [Último acceso: 29 11 2023].
- [40] E. & N. Güler, «Reverse electrodialysis for salinity gradient power generation,» Eindhoven, 2018.
- [41] Iberdrola, «La desalinización del agua del mar, ¿un método para luchar contra la escasez?,» [En línea]. Available: <https://www.iberdrola.com/innovacion/desalinizacion>. [Último acceso: 02 02 2024].
- [42] NL, «Dutch King opens world's first RED power plant driven on fresh-salt water mixing,» 16 11 2014. [En línea]. Available:

- <https://www.dutchwatersector.com/news/dutch-king-opens-worlds-first-red-power-plant-driven-on-fresh-salt-water-mixing>. [Último acceso: 29 11 2023].
- [43] S. G. R. «SG 8.0-167 DD Aerogenerador offshore,» [En línea]. Available: <https://www.siemensgamesa.com/es-es/products-and-services/offshore/aerogenerador-sg-8-0-167-dd>. [Último acceso: 12 12 2023].
- [44] CSIC, «Salinidad oceánica,» [En línea]. Available: <https://sitios.csic.es/web/smos-cp34/obetivos-de-la-mision>. [Último acceso: 15 02 2024].
- [45] MITECO, «SAICA EBRO,» [En línea]. Available: [https://saica.chebro.es/estadistica\\_parametro.php?estacion=970&tipo=anyo&fini=05-02-2023&ffin=06-02-2024&tag=1133](https://saica.chebro.es/estadistica_parametro.php?estacion=970&tipo=anyo&fini=05-02-2023&ffin=06-02-2024&tag=1133). [Último acceso: 20 12 2023].
- [46] E. R. Marinas, «Convertidores de mareas y corrientes marinas,» 12 12 2016. [En línea]. Available: <https://energiasrenovablesmarinas.blogspot.com/2016/12/convertidores-de-corrientes-marinas-y.html>. [Último acceso: 06 03 2024].
- [47] «Sound of Islay Demonstration Tiday Array,Power Techonology,» 18 04 2011. [En línea]. Available: <https://www.power-technology.com/projects/sound-of-islay/?cf-view>. [Último acceso: 26 01 2024].
- [48] S. Tyler y P. Duffy, «2021 Cost of Wind Energy Review NREL,» 2022.
- [49] OMIE, «OMIE Mínimo,medio y máximo precio de la casación del mercado diario,» [En línea]. Available: <https://www.omie.es/es/market-results/interannual/daily-market/daily-prices?scope=interannual>. [Último acceso: 24 11 2023].

- [50] MEFF, «Precio cierre último día,» [En línea]. Available: <https://www.meff.es/esp/Derivados-Commodities/Precios-Cierre>. [Último acceso: 3 01 2024].
- [51] B. I. «Mallorca albergará la primera planta en España de generación de electricidad a partir de las olas del mar,» 12 04 2022. [En línea]. Available: <https://www.businessinsider.es/mallorca-generara-electricidad-olas-mar-1044065>. [Último acceso: 07 01 2024].
- [52] U. o. S. «Analysis of Cost Reduction Opportunities in the Wave Energy Industry,» [En línea]. Available: [https://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web\\_sites/14-15/Wave\\_Energy/cost-estimations.html](https://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/14-15/Wave_Energy/cost-estimations.html). [Último acceso: 15 12 2023].
- [53] BOE, «MINISTERIO DE ENERGÍA, TURISMO Y AGENDA DIGITAL,» 08 04 2017. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/2017/04/08/pdfs/BOE-A-2017-3880.pdf>. [Último acceso: 15 12 2023].
- [54] J. o. M. S. a. E. «A Review of Point Absorber Wave Energy Converters,» 19 10 2022. [En línea]. Available: <https://www.mdpi.com/2077-1312/10/10/1534>.
- [55] S. A. Mashrafi, «Sustainability Assessment of a Pressure Retarded Osmosis System,» South Florida, 2021.
- [56] L. Vanguardia, «Escocia construye un innovador parque de energía mareomotriz,» 03 11 2013. [En línea]. Available: <https://www.lavanguardia.com/natural/20131103/54387803565/escocia-construye-innovador-parque-energia-mareomotriz.html>. [Último acceso: 18 12 2023].
- [57] J. M. López Muñoz, «Aprovechamiento de Corrientes Marinas para la Generación de Energía Eléctrica,» 15 04 2015. [En línea]. Available:

- <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/5505/fichero/Aprovechamiento+de+corrientes+marinas+4.pdf>. [Último acceso: 20 12 2023].
- [58] E. R. M. «Instalación y O&M en los dispositivos de energía marina,» 24 11 2019. [En línea]. Available: <https://energiasrenovablesmarinas.blogspot.com/2019/11/instalacion-y-o-en-los-dispositivos-de.html>. [Último acceso: 25 01 2024].
- [59] A. Czyzewski, «Scottish government approves world's largest tidal power scheme,» 17 03 2011. [En línea]. Available: <https://www.theengineer.co.uk/content/news/scottish-government-approves-worlds-largest-tidal-power-scheme/>. [Último acceso: 28 01 2024].
- [60] U. o. Energy, «Wind Energy End-of-Service Guide,» 2023.
- [61] IEA, «Renewables 2022, Analysis and forecast to 2027,» 2023.
- [62] E. Comission, «EMODnet Map Viewer,» [En línea]. Available: <https://emodnet.ec.europa.eu/geoviewer/#/>. [Último acceso: 10 09 2023].
- [63] IDAE, «Energía Eólica,» [En línea]. Available: [https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones\\_idae/documentos\\_10374\\_energia\\_eolica\\_06\\_d9231f5c.pdf](https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_10374_energia_eolica_06_d9231f5c.pdf). [Último acceso: 15 01 2024].
- [64] MITECO, «DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE USO PRIORITARIO Y ZONAS DE ALTO POTENCIAL EN EL ÁMBITO DE LA ORDENACIÓN DEL ESPACIO MARÍTIMO,» [En línea]. Available: <https://sig.mapama.gob.es/Docs/PDFServicios/POEM.pdf>. [Último acceso: 02 11 2023].

- [65] MITECO, «POEM Demarcación Levantino-Balear,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/ordenacion-del-espacio-maritimo.html>. [Último acceso: 28 09 2023].
- [66] MITECO, «POEM Demarcación del Estrecho y Alborán,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/ordenacion-del-espacio-maritimo.html>. [Último acceso: 28 09 2023].
- [67] MITECO, «POEM Demarcación Noratlántica,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/ordenacion-del-espacio-maritimo.html>. [Último acceso: 28 09 2023].
- [68] MITECO, «POEM Demarcación Canaria,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/ordenacion-del-espacio-maritimo.html>. [Último acceso: 28 09 2023].
- [69] Minitab, «Distribución de Weibull,» [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/probability-distributions-random-data-and-resampling-analyses/supporting-topics/distributions/weibull-distribution/>. [Último acceso: 18 11 2023].
- [70] G. A. C. Tenerife, «Energía eólica marina:El debate,» [En línea]. Available: <https://gactenerife.com/api/news/file/145>. [Último acceso: 20 02 2024].

## **ANEXOS**

## ANEXO I: DISTANCIAS A LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

- Zona NOR-1 a Atios

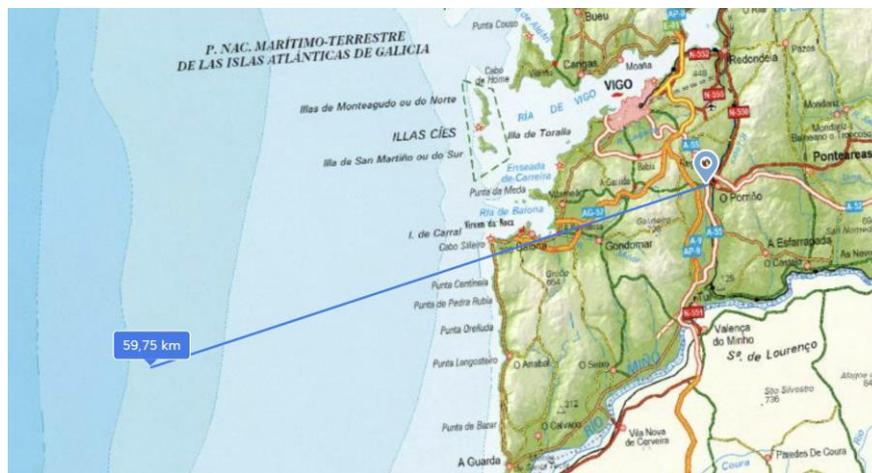


Figura 109: Distancia SET más cercana NOR-1. Fuente: EmodNET

- Zonas NOR-2 a Sabón



Figura 110: Distancia SET más cercana NOR-2. Fuente: EmodNET

- Zona NOR-3 a Puerto

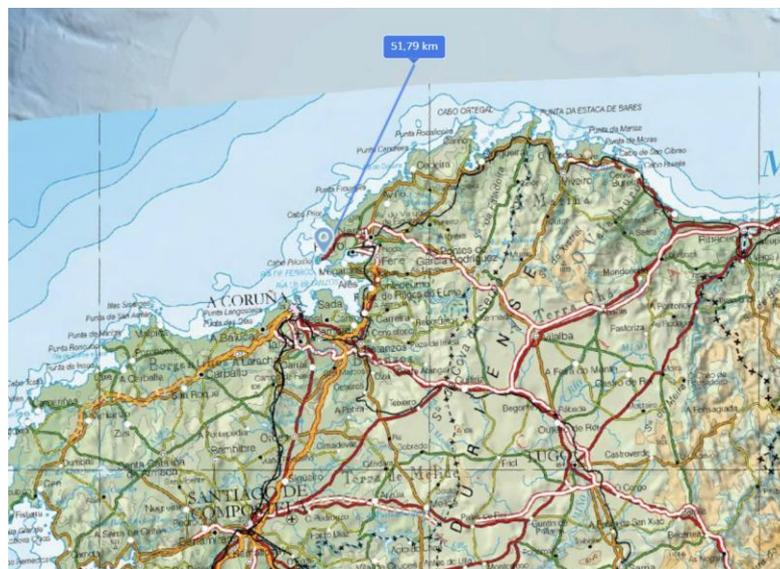


Figura 111: Distancia SET más cercana NOR-3. Fuente: EmodNET

- Zona NOR-4 a Puerto



Figura 112: Distancia SET más cercana NOR-4. Fuente: EmodNET

- Zona NOR-5 a Xové

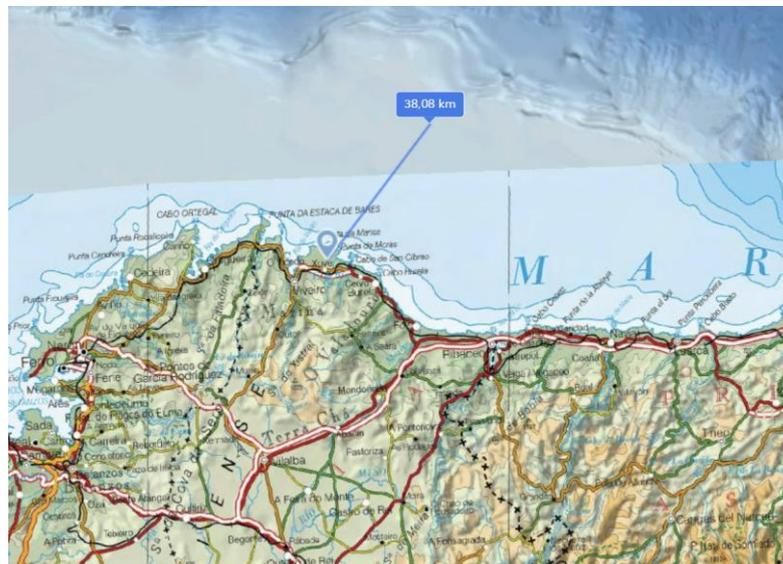


Figura 113: Distancia SET más cercana NOR-5. Fuente: EmodNET

- Zona NOR-6 a Xové



Figura 114: Distancia SET más cercana NOR-6. Fuente: EmodNET

- Zona NOR-7 a Xové



Figura 115: Distancia SET más cercana NOR-7. Fuente: EmodNET

- Zona NOR-8 a Carrió



Figura 116: Distancia SET más cercana NOR-8. Fuente: EmodNET

- Zona ESAL-1 a Costasol

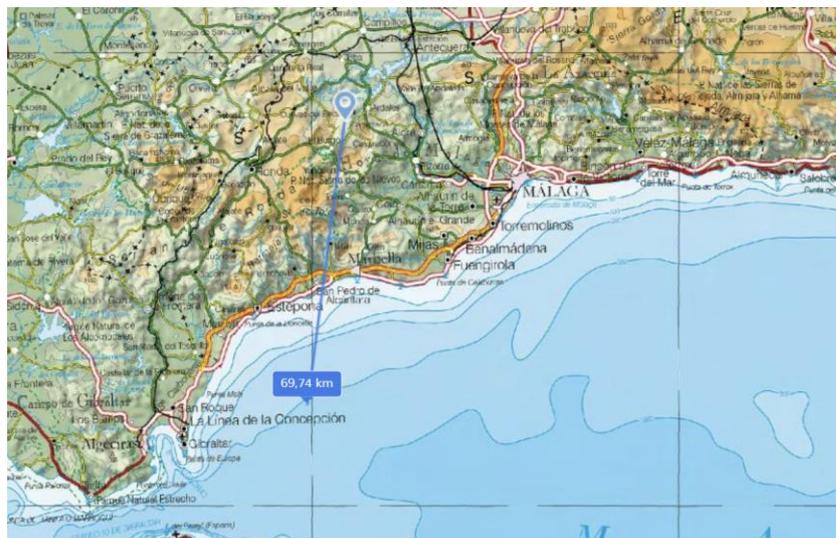


Figura 117: Distancia SET más cercana ESAL-1. Fuente: EmodNET

- Zona ESAL-2 a Litoral

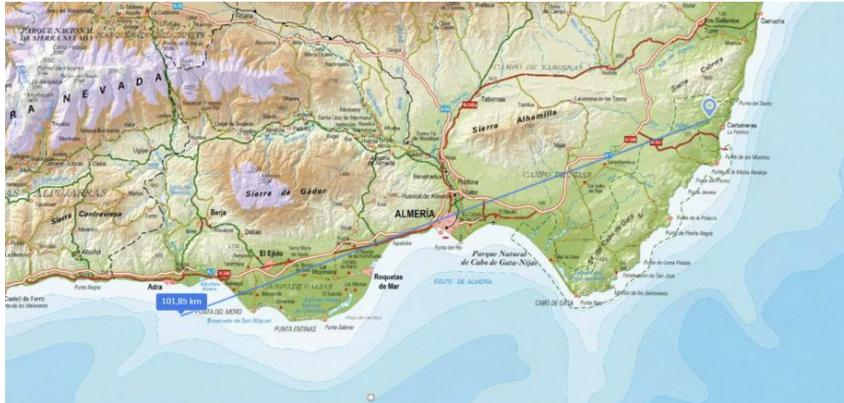


Figura 118: Distancia SET más cercana ESAL-2. Fuente: EmodNET

- Zona LEBA-1 a Juia

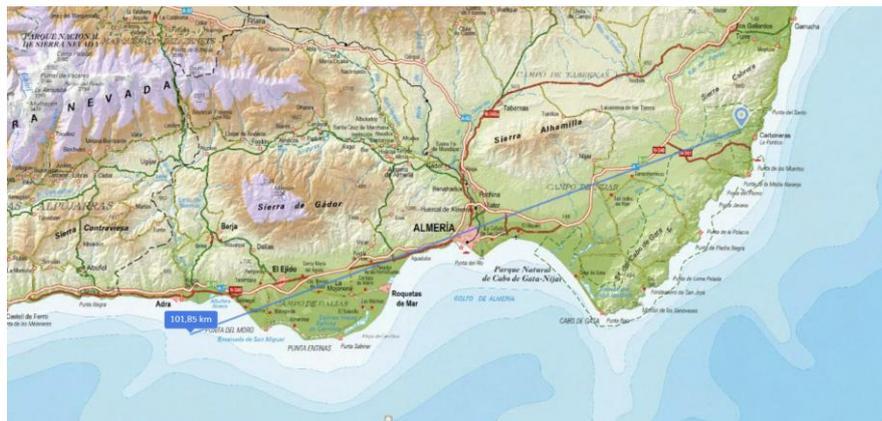


Figura 119: Distancia SET más cercana LEBA-1. Fuente: EmodNET

- Zona LEBA-2 a Mercadal

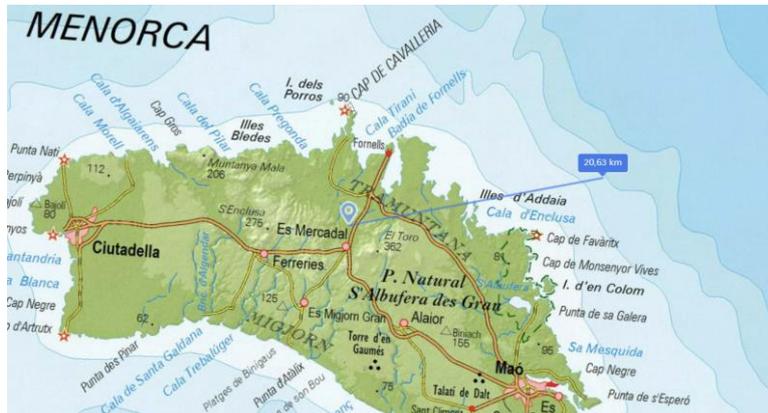


Figura 120: Distancia SET más cercana LEBA-2. Fuente: EmodNET

- Zona LEBA-3 a Mahón

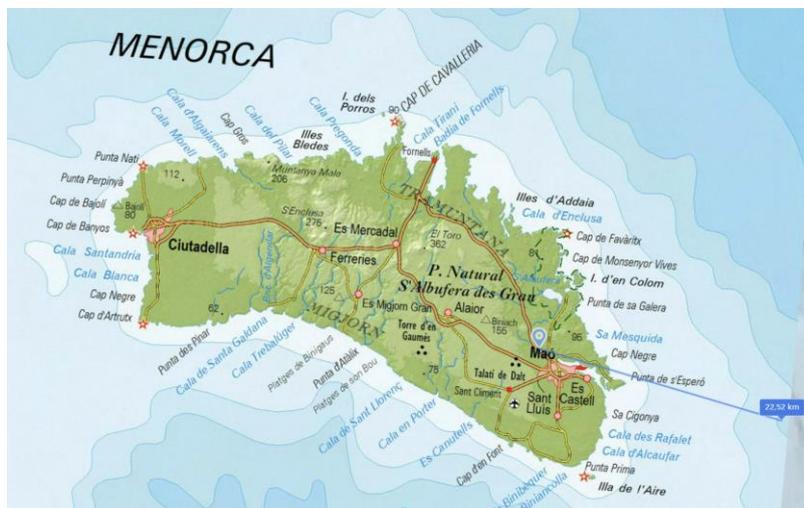


Figura 121: Distancia SET más cercana LEBA-3. Fuente: EmodNET

- Zona CANFV1 a Puerto del Rosario



Figura 122: Distancia SET más cercana CANFV-1. Fuente: EmodNET

- Zona CANFV2 a Puerto del Rosario



Figura 123: Distancia SET más cercana CANFV-2. Fuente: EmodNET

- Zona CANLANZ-1 a Puerta Grande



Figura 124: Distancia SET más cercana CANLANZ-1. Fuente: EmodNET

- Zona CANGC-1 a Barranco de Tirajana



Figura 125: Distancia SET más cercana CANGC-1. Fuente: EmodNET

- Zona CANTEN1 a Granadilla



Figura 126: Distancia SET más cercana CANTEN-1. Fuente: EmodNET

- Zona CANTEN-2 a Granadilla



Figura 127: Distancia SET más cercana CANTEN-2. Fuente: EmodNET

## ANEXO II- BATIMETRÍA EMPLAZAMIENTOS

- Zona NOR-1

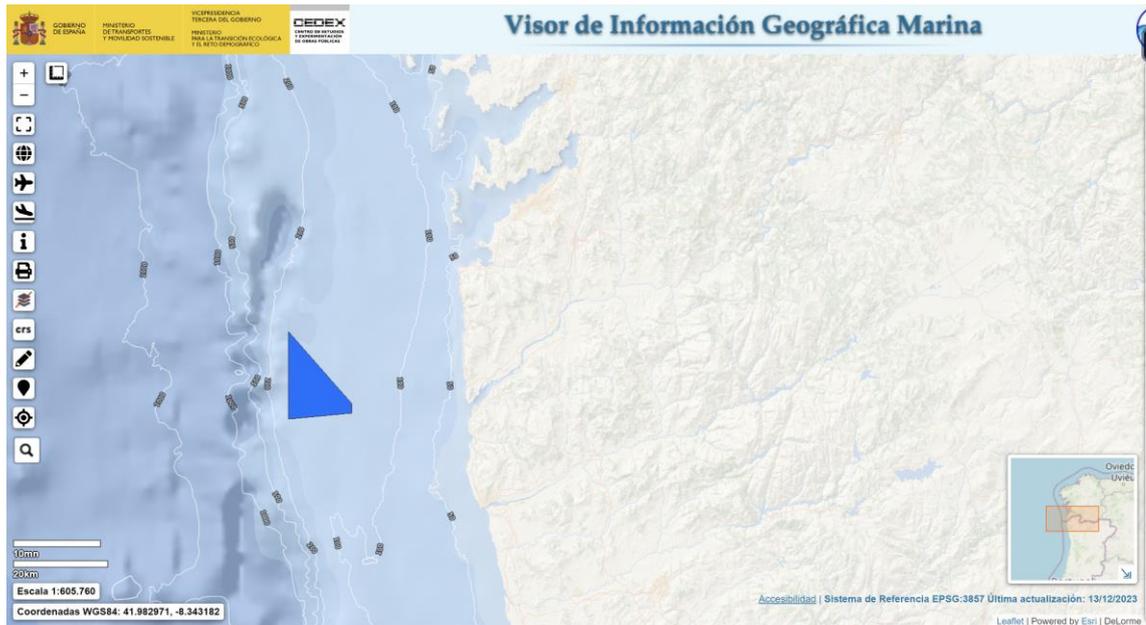


Figura 128:Batimetría NOR-1. Fuente: [20]

- Zona NOR-2, NOR-3 y NOR-4



Figura 129: Batimetría NOR-2 NOR-3 NOR-4. Fuente: [20]

- Zona NOR-5, NOR-6, NOR-7 y NOR-8

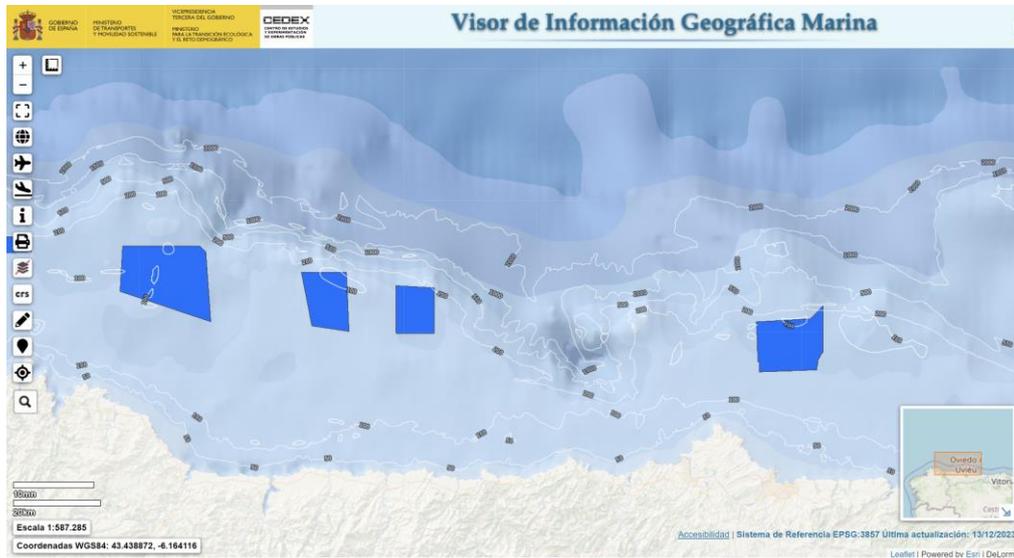


Figura 130: Batimetría NOR-5 NOR-6 NOR-7 NOR-8. Fuente: [20]

- ZONA ESAL-1 y ESAL-2



Figura 131: Batimetría ESAL-1 ESAL-2.. Fuente: [20]

- ZONA LEBA-1



Figura 132: Batimetría LEBA-1. Fuente: [20]

- ZONA LEBA-2 y LEBA-3

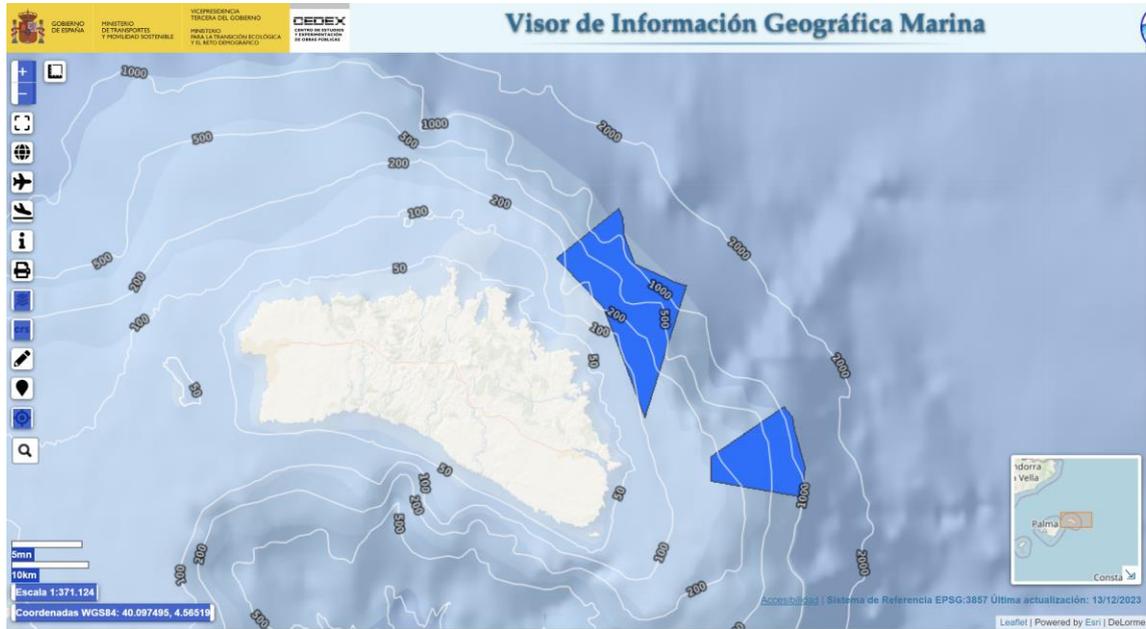


Figura 133: Batimetría LEBA-2 LEBA-3. Fuente: [20]

- ZONA CANTEN-1 y CANTEN-2



Figura 134: Batimetría CANTEN-1 CANTEN-2. Fuente: [20]

- ZONA CANGC-1

Análisis del potencial de las energías renovables marinas en España

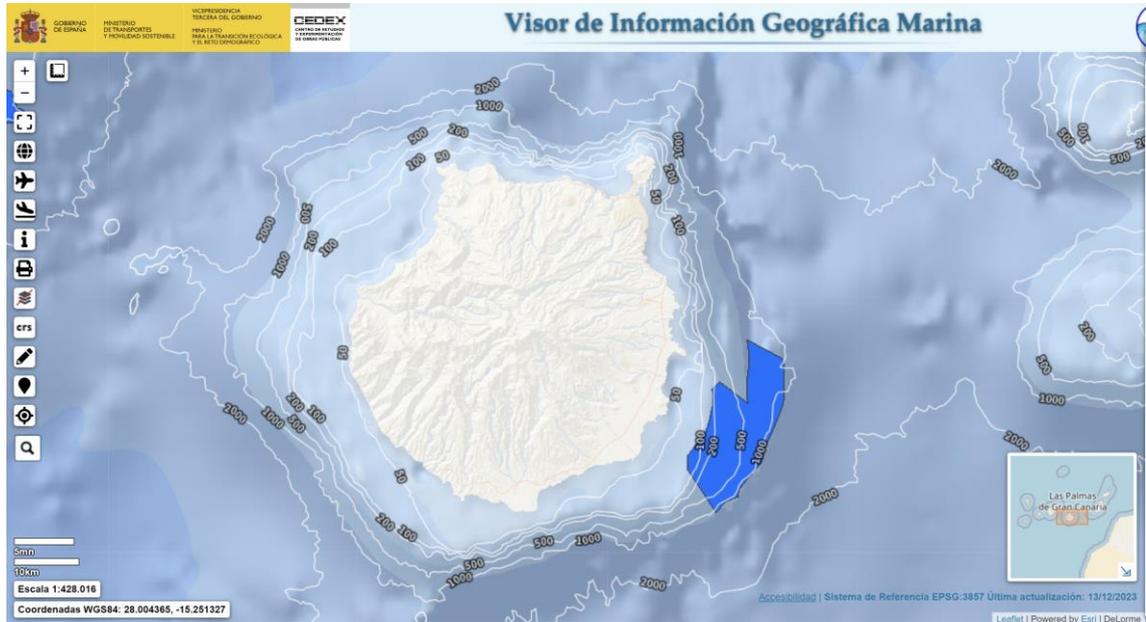


Figura 135: Batimetría CANGC-1. Fuente: [20]

- ZONA CANLANZ-1



Figura 136: Batimetría CANLANZ-1. Fuente: [20]

- ZONA CANFV-1 y CANFV-2



Figura 137: Batimetría CANFV-1 CANFV-2. Fuente: [20]

## ANEXO III- OLEAJE EÓLICA

- Zona NOR-1

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 8.57               | 311   | 14.66             | 2023 | 18  | 2    |
| Febrero    | 4.15               | 287   | 17.74             | 2023 | 28  | 12   |
| Febrero    | 4.15               | 287   | 17.74             | 2023 | 28  | 11   |
| Marzo      | 5.18               | 279   | 16.12             | 2023 | 23  | 20   |
| Abril      | 3.76               | 319   | 14.66             | 2023 | 13  | 3    |
| Abril      | 3.76               | 320   | 14.66             | 2023 | 13  | 4    |
| Mayo       | 3.52               | 321   | 14.66             | 2023 | 10  | 19   |
| Junio      | 2.97               | 209   | 10.01             | 2023 | 8   | 23   |
| Julio      | 3.23               | 330   | 12.11             | 2023 | 1   | 19   |
| Agosto     | 3.8                | 320   | 13.32             | 2023 | 2   | 23   |
| Agosto     | 3.8                | 320   | 13.32             | 2023 | 2   | 22   |
| Septiembre | 4.71               | 186   | 9.1               | 2023 | 17  | 10   |
| Octubre    | 8.92               | 300   | 14.66             | 2023 | 20  | 4    |
| Noviembre  | 10.51              | 293   | 17.74             | 2023 | 4   | 22   |
| Diciembre  | 5.37               | 300   | 14.66             | 2023 | 31  | 5    |

Figura 138: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-1. Fuente: [36]

- Zona NOR-2

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 8.41               | 307   | 14.66             | 2023 | 18  | 0    |
| Febrero    | 4.12               | 298   | 16.12             | 2023 | 28  | 13   |
| Febrero    | 4.12               | 299   | 17.74             | 2023 | 28  | 12   |
| Marzo      | 6.32               | 277   | 13.32             | 2023 | 13  | 19   |
| Abril      | 4.67               | 317   | 14.66             | 2023 | 12  | 23   |
| Mayo       | 3.35               | 27    | 7.52              | 2023 | 26  | 14   |
| Junio      | 2.36               | 335   | 12.11             | 2023 | 27  | 9    |
| Junio      | 2.36               | 336   | 12.11             | 2023 | 27  | 10   |
| Julio      | 3.02               | 285   | 11.01             | 2023 | 8   | 14   |
| Agosto     | 4.56               | 315   | 13.32             | 2023 | 2   | 19   |
| Septiembre | 4.24               | 304   | 12.11             | 2023 | 22  | 4    |
| Octubre    | 10.08              | 294   | 14.66             | 2023 | 20  | 3    |
| Noviembre  | 11.57              | 287   | 17.74             | 2023 | 4   | 21   |
| Diciembre  | 6.47               | 288   | 13.32             | 2023 | 31  | 2    |

Figura 139: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-2. Fuente: [36]

- Zona NOR-3

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 8.5                | 295   | 14.66             | 2023 | 17  | 16   |
| Febrero    | 4.52               | 46    | 9.1               | 2023 | 8   | 1    |
| Marzo      | 7.1                | 276   | 14.66             | 2023 | 13  | 20   |
| Abril      | 5.09               | 317   | 14.66             | 2023 | 12  | 23   |
| Mayo       | 3.3                | 23    | 7.52              | 2023 | 26  | 10   |
| Junio      | 2.4                | 322   | 11.01             | 2023 | 30  | 23   |
| Julio      | 3.04               | 283   | 12.11             | 2023 | 8   | 13   |
| Agosto     | 4.96               | 313   | 13.32             | 2023 | 2   | 19   |
| Septiembre | 4.57               | 301   | 12.11             | 2023 | 22  | 3    |
| Octubre    | 10.59              | 289   | 14.66             | 2023 | 20  | 3    |
| Noviembre  | 12.72              | 282   | 17.74             | 2023 | 4   | 20   |
| Diciembre  | 7.11               | 281   | 13.32             | 2023 | 31  | 1    |

Figura 140: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-3. Fuente: [36]

- Zona NOR-4

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 8.42               | 286   | 12.11             | 2023 | 16  | 0    |
| Febrero    | 4.36               | 45    | 9.1               | 2023 | 8   | 1    |
| Marzo      | 7.02               | 279   | 14.66             | 2023 | 13  | 21   |
| Abril      | 5.09               | 317   | 14.66             | 2023 | 12  | 23   |
| Mayo       | 3.25               | 22    | 7.52              | 2023 | 26  | 10   |
| Junio      | 2.38               | 322   | 11.01             | 2023 | 30  | 23   |
| Julio      | 2.97               | 283   | 12.11             | 2023 | 8   | 13   |
| Agosto     | 4.95               | 312   | 14.66             | 2023 | 2   | 19   |
| Septiembre | 4.61               | 300   | 12.11             | 2023 | 22  | 3    |
| Septiembre | 4.61               | 301   | 12.11             | 2023 | 22  | 4    |
| Octubre    | 10.39              | 291   | 14.66             | 2023 | 20  | 4    |
| Noviembre  | 12.31              | 283   | 17.74             | 2023 | 4   | 20   |
| Diciembre  | 7.02               | 281   | 13.32             | 2023 | 31  | 1    |

Figura 141: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-4. Fuente: [36]

- Zona NOR-5

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 7.53               | 302   | 13.32             | 2023 | 16  | 22   |
| Febrero    | 3.59               | 39    | 8.27              | 2023 | 7   | 21   |
| Marzo      | 5.84               | 303   | 14.66             | 2023 | 13  | 22   |
| Abril      | 4.37               | 328   | 14.66             | 2023 | 13  | 0    |
| Mayo       | 2.8                | 38    | 7.52              | 2023 | 26  | 17   |
| Junio      | 2.13               | 323   | 10.01             | 2023 | 30  | 23   |
| Julio      | 2.68               | 288   | 9.1               | 2023 | 15  | 15   |
| Agosto     | 4.28               | 323   | 14.66             | 2023 | 2   | 20   |
| Septiembre | 4.14               | 310   | 12.11             | 2023 | 22  | 5    |
| Septiembre | 4.14               | 310   | 12.11             | 2023 | 22  | 4    |
| Octubre    | 8.77               | 312   | 14.66             | 2023 | 20  | 5    |
| Noviembre  | 9.81               | 311   | 16.12             | 2023 | 4   | 20   |
| Diciembre  | 5.88               | 303   | 13.32             | 2023 | 31  | 2    |

Figura 142: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-5. Fuente: [36]

- Zona NOR-6

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 7.46               | 303   | 14.66             | 2023 | 16  | 4    |
| Febrero    | 3.42               | 54    | 9.1               | 2023 | 8   | 4    |
| Marzo      | 5.24               | 294   | 14.66             | 2023 | 13  | 23   |
| Abril      | 4.55               | 321   | 16.12             | 2023 | 13  | 0    |
| Mayo       | 2.73               | 9     | 16.12             | 2023 | 25  | 21   |
| Mayo       | 2.73               | 23    | 13.32             | 2023 | 26  | 14   |
| Junio      | 2.2                | 319   | 10.01             | 2023 | 30  | 23   |
| Julio      | 2.77               | 289   | 9.1               | 2023 | 15  | 16   |
| Agosto     | 4.43               | 315   | 14.66             | 2023 | 2   | 20   |
| Septiembre | 4.17               | 304   | 12.11             | 2023 | 22  | 5    |
| Octubre    | 7.95               | 299   | 14.66             | 2023 | 20  | 5    |
| Noviembre  | 8.32               | 296   | 16.12             | 2023 | 4   | 20   |
| Diciembre  | 5.34               | 296   | 13.32             | 2023 | 31  | 3    |

Figura 143: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-6. Fuente: [36]

- Zona NOR-7

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 7.77               | 304   | 14.66             | 2023 | 16  | 5    |
| Febrero    | 3.55               | 54    | 8.27              | 2023 | 8   | 3    |
| Febrero    | 3.55               | 55    | 8.27              | 2023 | 8   | 4    |
| Marzo      | 5.43               | 293   | 14.66             | 2023 | 13  | 23   |
| Abril      | 4.77               | 319   | 16.12             | 2023 | 13  | 0    |
| Mayo       | 2.76               | 4     | 16.12             | 2023 | 25  | 20   |
| Junio      | 2.25               | 318   | 10.01             | 2023 | 30  | 23   |
| Julio      | 2.88               | 289   | 9.1               | 2023 | 15  | 16   |
| Agosto     | 4.68               | 313   | 14.66             | 2023 | 2   | 20   |
| Septiembre | 4.38               | 302   | 12.11             | 2023 | 22  | 5    |
| Octubre    | 8.39               | 297   | 14.66             | 2023 | 20  | 5    |
| Noviembre  | 8.63               | 295   | 16.12             | 2023 | 4   | 20   |
| Diciembre  | 5.57               | 295   | 13.32             | 2023 | 31  | 3    |

Figura 144: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-7. Fuente: [36]

- Zona NOR-8

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 7.84               | 306   | 14.66             | 2023 | 16  | 5    |
| Febrero    | 3.21               | 342   | 14.66             | 2023 | 10  | 18   |
| Febrero    | 3.21               | 341   | 14.66             | 2023 | 10  | 17   |
| Marzo      | 4.94               | 298   | 14.66             | 2023 | 14  | 0    |
| Abril      | 4.73               | 320   | 14.66             | 2023 | 13  | 1    |
| Mayo       | 2.6                | 352   | 16.12             | 2023 | 25  | 21   |
| Junio      | 2.11               | 319   | 10.01             | 2023 | 30  | 23   |
| Julio      | 3.03               | 297   | 8.27              | 2023 | 15  | 17   |
| Agosto     | 4.84               | 312   | 14.66             | 2023 | 2   | 20   |
| Septiembre | 4.18               | 303   | 12.11             | 2023 | 22  | 5    |
| Septiembre | 4.18               | 304   | 12.11             | 2023 | 22  | 6    |
| Octubre    | 8.15               | 299   | 14.66             | 2023 | 20  | 6    |
| Noviembre  | 7.53               | 306   | 17.74             | 2023 | 2   | 6    |
| Diciembre  | 5.11               | 300   | 14.66             | 2023 | 31  | 5    |

Figura 145: Altura significativa ola eólica noratlántica NOR-8. Fuente: [36]

- Zona ESAL-1

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 3.36               | 263   | 7.52              | 2023 | 17  | 15   |
| Febrero    | 5.39               | 90    | 10.01             | 2023 | 10  | 21   |
| Marzo      | 2.2                | 268   | 6.21              | 2023 | 13  | 20   |
| Abril      | 3.6                | 88    | 9.1               | 2023 | 5   | 14   |
| Mayo       | 2.18               | 267   | 6.21              | 2023 | 6   | 16   |
| Junio      | 1.85               | 266   | 5.13              | 2023 | 12  | 18   |
| Junio      | 1.85               | 265   | 5.13              | 2023 | 12  | 17   |
| Julio      | 2.18               | 267   | 5.65              | 2023 | 24  | 11   |
| Agosto     | 2.21               | 269   | 5.65              | 2023 | 2   | 20   |
| Septiembre | 1.79               | 99    | 6.21              | 2023 | 3   | 10   |
| Octubre    | 3.5                | 259   | 13.32             | 2023 | 22  | 21   |
| Noviembre  | 3.04               | 264   | 7.52              | 2023 | 2   | 19   |
| Diciembre  | 2.49               | 267   | 6.21              | 2023 | 20  | 14   |

Figura 146: Altura significativa ola eólica ESAL-1. Fuente: [36]

- Zona ESAL-2

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 5.31               | 251   | 9.1               | 2023 | 17  | 15   |
| Enero      | 5.31               | 251   | 9.1               | 2023 | 17  | 14   |
| Febrero    | 3.88               | 84    | 7.52              | 2023 | 14  | 0    |
| Marzo      | 3.07               | 252   | 7.52              | 2023 | 14  | 1    |
| Marzo      | 3.07               | 252   | 7.52              | 2023 | 14  | 0    |
| Abril      | 3.21               | 251   | 8.27              | 2023 | 12  | 23   |
| Mayo       | 2.85               | 88    | 6.83              | 2023 | 26  | 22   |
| Junio      | 3.67               | 255   | 7.52              | 2023 | 13  | 18   |
| Julio      | 2.92               | 256   | 7.52              | 2023 | 24  | 18   |
| Agosto     | 3.66               | 246   | 7.52              | 2023 | 27  | 13   |
| Agosto     | 3.66               | 245   | 7.52              | 2023 | 27  | 14   |
| Septiembre | 3.13               | 255   | 7.52              | 2023 | 21  | 18   |
| Octubre    | 3.56               | 251   | 8.27              | 2023 | 20  | 2    |
| Noviembre  | 4.95               | 251   | 9.1               | 2023 | 2   | 18   |
| Diciembre  | 3.17               | 253   | 6.83              | 2023 | 8   | 15   |

Figura 147: Altura significativa ola eólica ESAL-2. Fuente: [36]

- Zona LEBA-1

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 5.29               | 335   | 9.1               | 2023 | 31  | 7    |
| Febrero    | 6.55               | 33    | 11.01             | 2023 | 28  | 5    |
| Febrero    | 6.55               | 40    | 11.01             | 2023 | 28  | 3    |
| Febrero    | 6.55               | 38    | 11.01             | 2023 | 28  | 4    |
| Marzo      | 4.77               | 345   | 8.27              | 2023 | 1   | 0    |
| Abril      | 5.32               | 333   | 9.1               | 2023 | 2   | 9    |
| Mayo       | 4.95               | 327   | 8.27              | 2023 | 16  | 21   |
| Junio      | 3.33               | 333   | 7.52              | 2023 | 30  | 23   |
| Julio      | 3.53               | 338   | 7.52              | 2023 | 26  | 2    |
| Agosto     | 5.08               | 331   | 8.27              | 2023 | 28  | 0    |
| Agosto     | 5.08               | 327   | 8.27              | 2023 | 28  | 6    |
| Septiembre | 2.54               | 334   | 6.83              | 2023 | 23  | 5    |
| Octubre    | 4.79               | 210   | 10.01             | 2023 | 20  | 3    |
| Noviembre  | 5.77               | 333   | 9.1               | 2023 | 24  | 17   |
| Diciembre  | 6.24               | 331   | 9.1               | 2023 | 20  | 17   |

Figura 148: Altura significativa ola eólica LEBA-1. Fuente: [36]

- Zona LEBA-2

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 5.64               | 348   | 10.01             | 2023 | 20  | 12   |
| Enero      | 5.64               | 351   | 10.01             | 2023 | 20  | 13   |
| Febrero    | 5.72               | 8     | 10.01             | 2023 | 28  | 23   |
| Marzo      | 5.62               | 6     | 10.01             | 2023 | 1   | 0    |
| Abril      | 6.73               | 357   | 11.01             | 2023 | 15  | 22   |
| Mayo       | 5.43               | 355   | 11.01             | 2023 | 17  | 1    |
| Junio      | 2.84               | 4     | 8.27              | 2023 | 30  | 14   |
| Julio      | 3.18               | 359   | 9.1               | 2023 | 25  | 7    |
| Agosto     | 6.11               | 343   | 10.01             | 2023 | 27  | 23   |
| Septiembre | 2.52               | 104   | 7.52              | 2023 | 3   | 15   |
| Octubre    | 3.34               | 277   | 9.1               | 2023 | 27  | 1    |
| Noviembre  | 7.11               | 357   | 12.11             | 2023 | 25  | 4    |
| Diciembre  | 7.28               | 356   | 12.11             | 2023 | 21  | 1    |

Figura 149: Altura significativa ola eólica LEBA-2. Fuente: [36]

- Zona LEBA-3

| Mes        | Altura Signific... | Dir ° | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 5.71               | 222   | 13.32             | 2023 | 17  | 15   |
| Febrero    | 5.86               | 8     | 10.01             | 2023 | 28  | 23   |
| Marzo      | 5.7                | 7     | 10.01             | 2023 | 1   | 0    |
| Abril      | 6.3                | 357   | 11.01             | 2023 | 15  | 23   |
| Mayo       | 4.73               | 355   | 11.01             | 2023 | 17  | 2    |
| Junio      | 2.47               | 3     | 8.27              | 2023 | 30  | 16   |
| Julio      | 2.81               | 357   | 9.1               | 2023 | 25  | 8    |
| Agosto     | 5.44               | 350   | 11.01             | 2023 | 28  | 2    |
| Septiembre | 2.89               | 106   | 8.27              | 2023 | 3   | 15   |
| Octubre    | 4.29               | 223   | 9.1               | 2023 | 20  | 3    |
| Noviembre  | 6.99               | 358   | 12.11             | 2023 | 25  | 5    |
| Diciembre  | 7.13               | 357   | 12.11             | 2023 | 21  | 4    |

Figura 150: Altura significativa ola eólica LEBA-3. Fuente: [36]

- Zona CANFV1

| Mes        | Altura Signific... | Dir * | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 3.24               | 40    | 9.1               | 2023 | 19  | 22   |
| Enero      | 3.24               | 39    | 9.1               | 2023 | 19  | 21   |
| Febrero    | 2.38               | 65    | 6.83              | 2023 | 2   | 3    |
| Marzo      | 2.7                | 41    | 8.27              | 2023 | 19  | 7    |
| Marzo      | 2.7                | 41    | 8.27              | 2023 | 19  | 8    |
| Abril      | 2.58               | 39    | 8.27              | 2023 | 2   | 8    |
| Mayo       | 2.78               | 37    | 8.27              | 2023 | 9   | 10   |
| Mayo       | 2.78               | 37    | 8.27              | 2023 | 9   | 9    |
| Junio      | 2.44               | 36    | 9.1               | 2023 | 30  | 23   |
| Julio      | 2.97               | 40    | 9.1               | 2023 | 22  | 14   |
| Agosto     | 2.96               | 38    | 9.1               | 2023 | 28  | 1    |
| Septiembre | 1.58               | 46    | 5.65              | 2023 | 18  | 17   |
| Octubre    | 1.77               | 73    | 6.21              | 2023 | 8   | 2    |
| Noviembre  | 3.57               | 40    | 10.01             | 2023 | 8   | 5    |
| Noviembre  | 3.57               | 40    | 10.01             | 2023 | 8   | 4    |
| Diciembre  | 2.25               | 44    | 8.27              | 2023 | 14  | 16   |

Figura 151: Altura significativa ola eólica CANFV-1. Fuente: [36]

- Zona CANFV2

| Mes        | Altura Signific... | Dir * | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 3.62               | 31    | 10.01             | 2023 | 19  | 18   |
| Febrero    | 2.43               | 63    | 6.83              | 2023 | 2   | 3    |
| Marzo      | 3.05               | 32    | 8.27              | 2023 | 19  | 7    |
| Marzo      | 3.05               | 32    | 8.27              | 2023 | 19  | 8    |
| Abril      | 2.73               | 31    | 8.27              | 2023 | 2   | 7    |
| Mayo       | 3.08               | 27    | 9.1               | 2023 | 9   | 8    |
| Junio      | 3.02               | 23    | 9.1               | 2023 | 30  | 23   |
| Julio      | 3.18               | 29    | 9.1               | 2023 | 22  | 7    |
| Julio      | 3.18               | 29    | 9.1               | 2023 | 22  | 6    |
| Julio      | 3.18               | 29    | 9.1               | 2023 | 22  | 5    |
| Julio      | 3.18               | 29    | 9.1               | 2023 | 22  | 8    |
| Agosto     | 3.24               | 29    | 9.1               | 2023 | 28  | 3    |
| Agosto     | 3.24               | 29    | 9.1               | 2023 | 28  | 2    |
| Septiembre | 1.65               | 32    | 5.65              | 2023 | 18  | 17   |
| Octubre    | 1.9                | 72    | 6.21              | 2023 | 8   | 2    |
| Octubre    | 1.9                | 68    | 5.65              | 2023 | 9   | 1    |
| Noviembre  | 4                  | 30    | 10.01             | 2023 | 8   | 3    |
| Diciembre  | 2.51               | 36    | 8.27              | 2023 | 14  | 16   |

Figura 152: Altura significativa ola eólica CANFV-2. Fuente: [36]

- Zona CANLANZI

| Mes        | Altura Signific... | Dir * | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 5.08               | 8     | 16.12             | 2023 | 19  | 11   |
| Febrero    | 2.65               | 107   | 6.83              | 2023 | 14  | 1    |
| Marzo      | 3.57               | 16    | 8.27              | 2023 | 19  | 9    |
| Abril      | 3.83               | 342   | 11.01             | 2023 | 5   | 17   |
| Abril      | 3.83               | 343   | 10.01             | 2023 | 5   | 18   |
| Mayo       | 3.6                | 18    | 9.1               | 2023 | 9   | 18   |
| Junio      | 3.43               | 11    | 9.1               | 2023 | 30  | 22   |
| Julio      | 3.39               | 21    | 9.1               | 2023 | 22  | 3    |
| Agosto     | 3.64               | 21    | 9.1               | 2023 | 28  | 2    |
| Septiembre | 2.85               | 353   | 13.32             | 2023 | 17  | 23   |
| Octubre    | 3.37               | 329   | 13.32             | 2023 | 22  | 12   |
| Noviembre  | 4.77               | 21    | 10.01             | 2023 | 8   | 2    |
| Diciembre  | 3.33               | 7     | 11.01             | 2023 | 21  | 23   |
| Diciembre  | 3.33               | 7     | 11.01             | 2023 | 21  | 22   |

Figura 153: Altura significativa ola eólica CANLANZ-1. Fuente: [36]

- Zona CANTEN1

| Mes        | Altura Signific... | Dir * | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 3.06               | 44    | 9.1               | 2023 | 20  | 3    |
| Febrero    | 1.94               | 41    | 6.21              | 2023 | 22  | 18   |
| Febrero    | 1.94               | 34    | 5.65              | 2023 | 15  | 13   |
| Marzo      | 2.61               | 44    | 6.83              | 2023 | 18  | 21   |
| Abril      | 3.08               | 33    | 6.83              | 2023 | 4   | 18   |
| Mayo       | 3.2                | 40    | 9.1               | 2023 | 9   | 16   |
| Junio      | 3.29               | 40    | 7.52              | 2023 | 30  | 22   |
| Junio      | 3.29               | 39    | 7.52              | 2023 | 30  | 23   |
| Julio      | 3.49               | 40    | 8.27              | 2023 | 21  | 20   |
| Julio      | 3.49               | 41    | 8.27              | 2023 | 22  | 5    |
| Agosto     | 3.53               | 42    | 9.1               | 2023 | 28  | 11   |
| Septiembre | 2.09               | 43    | 5.65              | 2023 | 27  | 17   |
| Octubre    | 1.87               | 40    | 6.21              | 2023 | 3   | 22   |
| Noviembre  | 3.27               | 43    | 9.1               | 2023 | 8   | 2    |
| Diciembre  | 2.44               | 40    | 8.27              | 2023 | 21  | 17   |

Figura 154: Altura significativa ola eólica CANTEN-1. Fuente: [36]

- Zona CANTEN2

| Mes        | Altura Signific... | Dir * | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 2.56               | 53    | 9.1               | 2023 | 20  | 4    |
| Febrero    | 1.57               | 49    | 7.52              | 2023 | 22  | 16   |
| Marzo      | 2.11               | 55    | 7.52              | 2023 | 18  | 17   |
| Abril      | 2.37               | 39    | 5.65              | 2023 | 4   | 17   |
| Mayo       | 2.47               | 49    | 9.1               | 2023 | 11  | 17   |
| Junio      | 2.49               | 49    | 6.21              | 2023 | 30  | 21   |
| Julio      | 2.6                | 50    | 9.1               | 2023 | 22  | 16   |
| Julio      | 2.6                | 48    | 8.27              | 2023 | 21  | 17   |
| Julio      | 2.6                | 47    | 8.27              | 2023 | 21  | 19   |
| Agosto     | 2.64               | 50    | 10.01             | 2023 | 28  | 15   |
| Agosto     | 2.64               | 49    | 10.01             | 2023 | 28  | 16   |
| Septiembre | 1.73               | 52    | 5.65              | 2023 | 27  | 17   |
| Octubre    | 1.41               | 51    | 6.21              | 2023 | 3   | 21   |
| Noviembre  | 2.68               | 51    | 9.1               | 2023 | 8   | 1    |
| Diciembre  | 2.09               | 50    | 8.27              | 2023 | 21  | 14   |

Figura 155: Altura significativa ola eólica CANTEN-2. Fuente: [36]

- Zona CANGC1

| Mes        | Altura Signific... | Dir * | Periodo de Pic... | Año  | Día | Hora |
|------------|--------------------|-------|-------------------|------|-----|------|
| Enero      | 3.41               | 30    | 10.01             | 2023 | 20  | 5    |
| Enero      | 3.41               | 30    | 10.01             | 2023 | 20  | 6    |
| Febrero    | 1.88               | 71    | 6.83              | 2023 | 2   | 9    |
| Marzo      | 2.66               | 31    | 6.83              | 2023 | 18  | 7    |
| Abril      | 2.89               | 18    | 7.52              | 2023 | 4   | 10   |
| Mayo       | 3.42               | 18    | 9.1               | 2023 | 9   | 16   |
| Mayo       | 3.42               | 18    | 9.1               | 2023 | 9   | 15   |
| Junio      | 3.34               | 19    | 9.1               | 2023 | 30  | 23   |
| Julio      | 3.42               | 23    | 8.27              | 2023 | 22  | 6    |
| Agosto     | 3.15               | 24    | 9.1               | 2023 | 28  | 4    |
| Agosto     | 3.15               | 24    | 9.1               | 2023 | 28  | 9    |
| Septiembre | 2.39               | 22    | 13.32             | 2023 | 18  | 4    |
| Octubre    | 2.03               | 21    | 6.83              | 2023 | 3   | 23   |
| Octubre    | 2.03               | 21    | 6.21              | 2023 | 3   | 22   |
| Noviembre  | 3.5                | 29    | 10.01             | 2023 | 8   | 7    |
| Diciembre  | 2.68               | 105   | 7.52              | 2023 | 17  | 11   |

Figura 156: Altura significativa ola eólica CANGC-1. Fuente: [36]

## ANEXO IV- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS TURBINA

### SIEMENS GAMESA

#### Datos generales

- Fabricante : Siemens-Gamesa (Espane)
- Turbina edíca : SG 8.0-167 DD
- Fuente
- Potencia : 8 000 kW
- Diámetro : 167 m
- En venta
- Clase de viento : IEC S/IB
- Compatible offshore : si
- Área de barrido : 21 904 m<sup>2</sup>
- Densidad de potencia : 2.74 m<sup>2</sup>/kW
- Número de palas : 3
- Limitación de potencia : Pitch
- Puesta en servicio : 2019

#### Rotor

- Vitesse minimale de vent : 3 m/s
- Vitesse nomimale de vent : 12 m/s
- Vitesse maximale de vent : 25 m/s

#### Caja de cambios

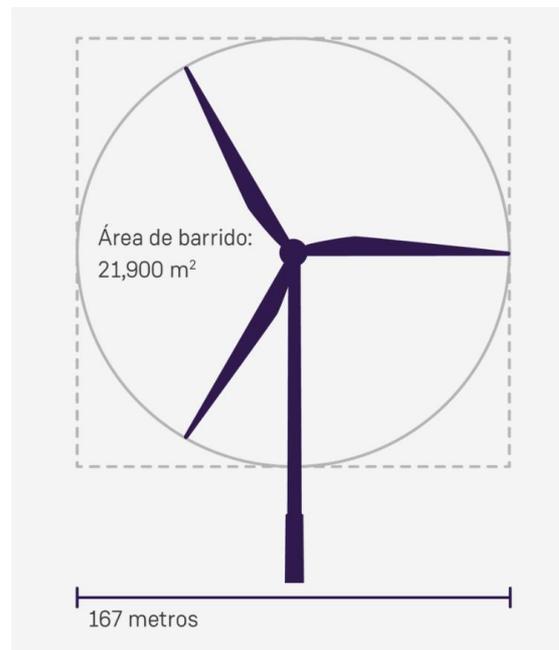
- Caja de cambios : No
- Niveles : -
- Ratio : -
- Fabricante : -

#### Generador

- Tipo : SYNC PM
- Número : 1
- Tensión de salida : 690 V

#### Torre

- Altura de la góndola : 92 m



#### Curva de potencia

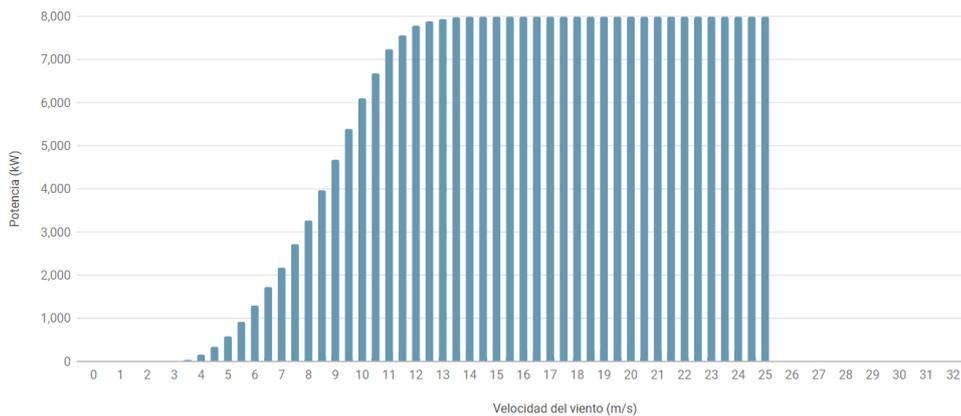


Figura  
157:

Características Técnicas Aerogenerador Siemens Gamesa. Fuente: [43]

## ANEXO V- DATOS ALTURA DE OLA SIGNIFICATIVA Y PERIODO DE PICO

### PERIODO DE PICO

- Zonas NOR-1, NOR-2, NOR-3

| NOR1      |                   |                     | NOR2      |                   |                     | NOR3      |                   |                     |
|-----------|-------------------|---------------------|-----------|-------------------|---------------------|-----------|-------------------|---------------------|
| Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) | Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) | Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) |
| 01-ene-21 | 2,83              | 11,58               | 01-ene-21 | 2,8               | 11,37               | 01-ene-21 | 3                 | 11,46               |
| 01-feb-21 | 3,86              | 13,74               | 01-feb-21 | 3,54              | 13,88               | 01-feb-21 | 3,8               | 13,9                |
| 01-mar-21 | 2,32              | 12,44               | 01-mar-21 | 2,42              | 11,8                | 01-mar-21 | 2,53              | 11,88               |
| 01-abr-21 | 1,73              | 10,77               | 01-abr-21 | 1,94              | 9,41                | 01-abr-21 | 2,13              | 9,29                |
| 01-may-21 | 2,23              | 10,7                | 01-may-21 | 2,19              | 10,77               | 01-may-21 | 2,27              | 10,82               |
| 01-jun-21 | 1,95              | 9,29                | 01-jun-21 | 1,78              | 9,64                | 01-jun-21 | 1,77              | 9,85                |
| 01-jul-21 | 1,38              | 8,17                | 01-jul-21 | 1,31              | 8,46                | 01-jul-21 | 1,38              | 8,35                |
| 01-ago-21 | 1,46              | 8,76                | 01-ago-21 | 1,57              | 8,19                | 01-ago-21 | 1,65              | 8,27                |
| 01-sep-21 | 1,63              | 10,23               | 01-sep-21 | 1,62              | 10,19               | 01-sep-21 | 1,74              | 10,01               |
| 01-oct-21 | 2,16              | 11,47               | 01-oct-21 | 2,24              | 10,83               | 01-oct-21 | 2,46              | 10,75               |
| 01-nov-21 | 2,65              | 11,72               | 01-nov-21 | 2,75              | 11,89               | 01-nov-21 | 2,89              | 11,95               |
| 01-dic-21 | 3,45              | 13,28               | 01-dic-21 | 3,34              | 13,26               | 01-dic-21 | 3,63              | 13,21               |
| 01-ene-22 | 2,53              | 12,99               | 01-ene-22 | 2,68              | 12,47               | 01-ene-22 | 2,95              | 12,32               |
| 01-feb-22 | 3,41              | 14,33               | 01-feb-22 | 3,5               | 14,41               | 01-feb-22 | 3,79              | 14,41               |
| 01-mar-22 | 3,05              | 13,07               | 01-mar-22 | 2,91              | 13,1                | 01-mar-22 | 3,08              | 13,08               |
| 01-abr-22 | 2,33              | 10,56               | 01-abr-22 | 2,14              | 10,67               | 01-abr-22 | 2,22              | 10,79               |
| 01-may-22 | 1,82              | 9,98                | 01-may-22 | 1,85              | 9,44                | 01-may-22 | 1,87              | 9,46                |
| 01-jun-22 | 1,97              | 10,56               | 01-jun-22 | 1,96              | 10,27               | 01-jun-22 | 2,06              | 10,07               |
| 01-jul-22 | 1,9               | 8,94                | 01-jul-22 | 1,79              | 8,11                | 01-jul-22 | 1,75              | 8,13                |
| 01-ago-22 | 1,62              | 8,93                | 01-ago-22 | 1,7               | 8,51                | 01-ago-22 | 1,73              | 8,51                |
| 01-sep-22 | 1,88              | 10,65               | 01-sep-22 | 1,95              | 9,98                | 01-sep-22 | 2,14              | 9,93                |
| 01-oct-22 | 2,61              | 10,86               | 01-oct-22 | 2,31              | 11,02               | 01-oct-22 | 2,54              | 11,01               |
| 01-nov-22 | 3,77              | 13,86               | 01-nov-22 | 3,83              | 13,66               | 01-nov-22 | 4,1               | 13,69               |
| 01-dic-22 | 3,1               | 11,97               | 01-dic-22 | 2,82              | 11,78               | 01-dic-22 | 3,19              | 11,48               |
| 01-ene-23 | 3,94              | 11,93               | 01-ene-23 | 3,3               | 11,93               | 01-ene-23 | 3,6               | 11,93               |

Figura 158: Datos tecnología undimotriz zona NOR-1, NOR-2, NOR-3. Fuente: Elaboración

Propia

- Zonas NOR-4, NOR-5, NOR-6

| NOR4      |                   |                     | NOR5      |                   |                     | NOR6      |                   |                     |
|-----------|-------------------|---------------------|-----------|-------------------|---------------------|-----------|-------------------|---------------------|
| Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) | Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) | Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) |
| 01-ene-21 | 2,91              | 11,84               | 01-ene-21 | 2,38              | 11,18               | 01-ene-21 | 2,23              | 10,83               |
| 01-feb-21 | 3,77              | 13,97               | 01-feb-21 | 2,79              | 13,95               | 01-feb-21 | 2,39              | 13,37               |
| 01-mar-21 | 2,46              | 12,26               | 01-mar-21 | 2,07              | 11,72               | 01-mar-21 | 1,95              | 11,44               |
| 01-abr-21 | 1,92              | 9,31                | 01-abr-21 | 1,75              | 9,03                | 01-abr-21 | 1,69              | 8,97                |
| 01-may-21 | 2,25              | 10,84               | 01-may-21 | 1,9               | 10,69               | 01-may-21 | 1,85              | 10,34               |
| 01-jun-21 | 1,7               | 9,96                | 01-jun-21 | 1,54              | 9,76                | 01-jun-21 | 1,5               | 9,66                |
| 01-jul-21 | 1,36              | 8,42                | 01-jul-21 | 1,2               | 8,19                | 01-jul-21 | 1,19              | 8,1                 |
| 01-ago-21 | 1,57              | 8,17                | 01-ago-21 | 1,43              | 8,17                | 01-ago-21 | 1,41              | 8,09                |
| 01-sep-21 | 1,72              | 10,14               | 01-sep-21 | 1,45              | 9,97                | 01-sep-21 | 1,43              | 9,71                |
| 01-oct-21 | 2,39              | 10,81               | 01-oct-21 | 1,97              | 10,8                | 01-oct-21 | 1,89              | 10,63               |
| 01-nov-21 | 2,82              | 11,85               | 01-nov-21 | 2,46              | 11,74               | 01-nov-21 | 2,43              | 11,72               |
| 01-dic-21 | 3,64              | 13,27               | 01-dic-21 | 2,86              | 13,15               | 01-dic-21 | 2,68              | 12,99               |
| 01-ene-22 | 2,85              | 12,52               | 01-ene-22 | 2,37              | 12,3                | 01-ene-22 | 2,23              | 12,22               |
| 01-feb-22 | 3,78              | 14,5                | 01-feb-22 | 3,15              | 14,49               | 01-feb-22 | 3,03              | 14,45               |
| 01-mar-22 | 2,98              | 13,28               | 01-mar-22 | 2,46              | 12,84               | 01-mar-22 | 2,23              | 12,45               |
| 01-abr-22 | 2,12              | 10,92               | 01-abr-22 | 1,79              | 10,39               | 01-abr-22 | 1,68              | 10,09               |
| 01-may-22 | 1,75              | 10,08               | 01-may-22 | 1,54              | 9,38                | 01-may-22 | 1,48              | 9,38                |
| 01-jun-22 | 1,95              | 10,24               | 01-jun-22 | 1,68              | 9,88                | 01-jun-22 | 1,65              | 9,72                |
| 01-jul-22 | 1,44              | 8,37                | 01-jul-22 | 1,47              | 8,3                 | 01-jul-22 | 1,46              | 8,32                |
| 01-ago-22 | 1,65              | 8,66                | 01-ago-22 | 1,5               | 8,49                | 01-ago-22 | 1,51              | 8,56                |
| 01-sep-22 | 2,08              | 9,93                | 01-sep-22 | 1,75              | 9,72                | 01-sep-22 | 1,69              | 9,49                |
| 01-oct-22 | 2,51              | 10,93               | 01-oct-22 | 1,9               | 11,16               | 01-oct-22 | 1,85              | 11,11               |
| 01-nov-22 | 4,09              | 13,73               | 01-nov-22 | 3,24              | 13,64               | 01-nov-22 | 2,99              | 13,43               |
| 01-dic-22 | 3,06              | 11,52               | 01-dic-22 | 2,27              | 11,57               | 01-dic-22 | 2,07              | 10,97               |
| 01-ene-23 | 3,56              | 11,97               | 01-ene-23 | 2,54              | 12,11               | 01-ene-23 | 2,14              | 11,93               |

Figura 159: Datos tecnología undimotriz zona NOR-4, NOR-5, NOR-6. Fuente: Elaboración

Propia

- Zonas NOR-7, NOR-8

| NOR7      |                   |                     | NOR8      |                   |                     |
|-----------|-------------------|---------------------|-----------|-------------------|---------------------|
| Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) | Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) |
| 01-ene-21 | 2,24              | 10,93               | 01-ene-21 | 2,36              | 11,37               |
| 01-feb-21 | 2,44              | 13,48               | 01-feb-21 | 2,73              | 14,03               |
| 01-mar-21 | 2,01              | 11,57               | 01-mar-21 | 2,13              | 11,97               |
| 01-abr-21 | 1,67              | 8,98                | 01-abr-21 | 1,61              | 9,14                |
| 01-may-21 | 1,9               | 10,47               | 01-may-21 | 2,01              | 10,76               |
| 01-jun-21 | 1,53              | 9,78                | 01-jun-21 | 1,59              | 10,04               |
| 01-jul-21 | 1,2               | 8,2                 | 01-jul-21 | 1,21              | 8,44                |
| 01-ago-21 | 1,43              | 8,11                | 01-ago-21 | 1,43              | 8,15                |
| 01-sep-21 | 1,46              | 9,85                | 01-sep-21 | 1,5               | 10,18               |
| 01-oct-21 | 1,93              | 10,71               | 01-oct-21 | 2                 | 10,9                |
| 01-nov-21 | 2,49              | 11,75               | 01-nov-21 | 2,62              | 11,89               |
| 01-dic-21 | 2,78              | 13,05               | 01-dic-21 | 3,06              | 13,27               |
| 01-ene-22 | 2,3               | 12,35               | 01-ene-22 | 2,47              | 12,64               |
| 01-feb-22 | 3,2               | 14,48               | 01-feb-22 | 3,55              | 14,6                |
| 01-mar-22 | 2,3               | 12,6                | 01-mar-22 | 2,53              | 12,95               |
| 01-abr-22 | 1,71              | 10,15               | 01-abr-22 | 1,79              | 10,48               |
| 01-may-22 | 1,49              | 9,67                | 01-may-22 | 1,49              | 9,97                |
| 01-jun-22 | 1,67              | 9,75                | 01-jun-22 | 1,69              | 10,01               |
| 01-jul-22 | 1,46              | 8,42                | 01-jul-22 | 1,43              | 8,7                 |
| 01-ago-22 | 1,53              | 8,66                | 01-ago-22 | 1,52              | 8,79                |
| 01-sep-22 | 1,7               | 9,57                | 01-sep-22 | 1,73              | 9,87                |
| 01-oct-22 | 1,88              | 11,17               | 01-oct-22 | 1,92              | 11,31               |
| 01-nov-22 | 3,15              | 13,51               | 01-nov-22 | 3,53              | 13,8                |
| 01-dic-22 | 2,04              | 11,07               | 01-dic-22 | 2,05              | 11,57               |
| 01-ene-23 | 2,08              | 12,02               | 01-ene-23 | 2,18              | 12,11               |

Figura 160: Datos tecnología undimotriz zona NOR-7, NOR-8. Fuente: Elaboración

Propia

- Zona LEBA-1, LEBA-2

| LEBA1     |                   |                     | LEBA2     |                   |                     |
|-----------|-------------------|---------------------|-----------|-------------------|---------------------|
| Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) | Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) |
| 01-ene-21 | 2,33              | 6,77                | 01-ene-21 | 1,98              | 7,48                |
| 01-feb-21 | 1,46              | 6,54                | 01-feb-21 | 1,18              | 6,27                |
| 01-mar-21 | 1,65              | 6,14                | 01-mar-21 | 1,66              | 6,92                |
| 01-abr-21 | 1,27              | 5,95                | 01-abr-21 | 1,3               | 6,58                |
| 01-may-21 | 1,04              | 5,03                | 01-may-21 | 0,9               | 5,69                |
| 01-jun-21 | 0,8               | 4,79                | 01-jun-21 | 0,67              | 5,29                |
| 01-jul-21 | 1,04              | 4,8                 | 01-jul-21 | 0,81              | 5,16                |
| 01-ago-21 | 0,87              | 4,76                | 01-ago-21 | 0,85              | 5,35                |
| 01-sep-21 | 1,06              | 5,61                | 01-sep-21 | 1,04              | 6,05                |
| 01-oct-21 | 1,55              | 6,16                | 01-oct-21 | 1,38              | 6,77                |
| 01-nov-21 | 2,59              | 7,06                | 01-nov-21 | 2,49              | 8,01                |
| 01-dic-21 | 1,61              | 5,86                | 01-dic-21 | 1,59              | 6,54                |
| 01-ene-22 | 1,83              | 6,06                | 01-ene-22 | 1,61              | 6,87                |
| 01-feb-22 | 2,03              | 6,45                | 01-feb-22 | 1,89              | 7,52                |
| 01-mar-22 | 1,85              | 7,12                | 01-mar-22 | 1,9               | 7,6                 |
| 01-abr-22 | 1,72              | 6,53                | 01-abr-22 | 1,53              | 7,21                |
| 01-may-22 | 1,12              | 5,25                | 01-may-22 | 1,04              | 5,67                |
| 01-jun-22 | 0,93              | 5,02                | 01-jun-22 | 0,79              | 5,21                |
| 01-jul-22 | 0,97              | 4,96                | 01-jul-22 | 0,86              | 5,59                |
| 01-ago-22 | 0,88              | 4,72                | 01-ago-22 | 0,74              | 5,31                |
| 01-sep-22 | 1,24              | 5,63                | 01-sep-22 | 1,04              | 5,96                |
| 01-oct-22 | 0,69              | 5,02                | 01-oct-22 | 0,73              | 5,21                |
| 01-nov-22 | 1,74              | 6,28                | 01-nov-22 | 1,78              | 6,93                |
| 01-dic-22 | 1,12              | 5,87                | 01-dic-22 | 0,88              | 5,71                |
| 01-ene-23 | 0,85              | 4,59                | 01-ene-23 | 0,48              | 3,94                |

Figura 161: Datos tecnología undimotriz zona LEBA-1, LEBA-2. Fuente: Elaboración Propia

- Zona LEBA-3

| LEBA3     |                   |                     |
|-----------|-------------------|---------------------|
| Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) |
| 01-ene-21 | 2,02              | 8,02                |
| 01-feb-21 | 1,38              | 6,97                |
| 01-mar-21 | 1,66              | 6,94                |
| 01-abr-21 | 1,32              | 6,69                |
| 01-may-21 | 0,94              | 5,74                |
| 01-jun-21 | 0,73              | 5,52                |
| 01-jul-21 | 0,79              | 5,38                |
| 01-ago-21 | 0,85              | 5,42                |
| 01-sep-21 | 1,04              | 6,04                |
| 01-oct-21 | 1,38              | 6,92                |
| 01-nov-21 | 2,45              | 8,22                |
| 01-dic-21 | 1,62              | 7,02                |
| 01-ene-22 | 1,54              | 6,9                 |
| 01-feb-22 | 1,85              | 7,61                |
| 01-mar-22 | 1,97              | 7,63                |
| 01-abr-22 | 1,63              | 7,5                 |
| 01-may-22 | 1,08              | 6,05                |
| 01-jun-22 | 0,84              | 5,56                |
| 01-jul-22 | 0,83              | 5,63                |
| 01-ago-22 | 0,74              | 5,51                |
| 01-sep-22 | 1,05              | 6,23                |
| 01-oct-22 | 0,74              | 5,23                |
| 01-nov-22 | 1,83              | 7,25                |
| 01-dic-22 | 1,17              | 6,4                 |
| 01-ene-23 | 0,6               | 3,97                |

Figura 162: Datos tecnología undimotriz zona LEBA-3. Fuente: Elaboración Propia

- Zona ESAL-1, ESAL-2

| ESAL1     |                   |                     | ESAL2     |                   |                     |
|-----------|-------------------|---------------------|-----------|-------------------|---------------------|
| Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) | Año       | Altura de ola (m) | Periodo de pico (s) |
| 01-ene-21 | 1,26              | 7,03                | 01-ene-21 | 1,59              | 6,07                |
| 01-feb-21 | 1,49              | 9,89                | 01-feb-21 | 1,72              | 6,08                |
| 01-mar-21 | 1,34              | 8,07                | 01-mar-21 | 1,39              | 6,1                 |
| 01-abr-21 | 1,25              | 7,13                | 01-abr-21 | 1,35              | 6,36                |
| 01-may-21 | 0,87              | 6,32                | 01-may-21 | 0,98              | 5,91                |
| 01-jun-21 | 0,85              | 5,37                | 01-jun-21 | 1,06              | 5,85                |
| 01-jul-21 | 1,03              | 5,38                | 01-jul-21 | 1,01              | 5,82                |
| 01-ago-21 | 0,77              | 5,78                | 01-ago-21 | 0,86              | 5,88                |
| 01-sep-21 | 0,88              | 6,44                | 01-sep-21 | 0,94              | 6                   |
| 01-oct-21 | 1,05              | 6,89                | 01-oct-21 | 1,08              | 5,81                |
| 01-nov-21 | 1,22              | 6,41                | 01-nov-21 | 1,41              | 6,6                 |
| 01-dic-21 | 1,44              | 7,8                 | 01-dic-21 | 1,54              | 6,74                |
| 01-ene-22 | 1,67              | 7,44                | 01-ene-22 | 1,31              | 6,37                |
| 01-feb-22 | 1,15              | 5,88                | 01-feb-22 | 1,08              | 5,67                |
| 01-mar-22 | 1,61              | 8,2                 | 01-mar-22 | 1,77              | 7,15                |
| 01-abr-22 | 1,46              | 7,31                | 01-abr-22 | 1,54              | 6,75                |
| 01-may-22 | 0,98              | 6,55                | 01-may-22 | 1,05              | 6,01                |
| 01-jun-22 | 1,09              | 5,6                 | 01-jun-22 | 1,12              | 5,81                |
| 01-jul-22 | 0,72              | 5,51                | 01-jul-22 | 0,66              | 5,53                |
| 01-ago-22 | 0,77              | 5,53                | 01-ago-22 | 0,91              | 5,78                |
| 01-sep-22 | 0,93              | 5,97                | 01-sep-22 | 1,03              | 5,55                |
| 01-oct-22 | 0,78              | 6,41                | 01-oct-22 | 0,72              | 5,01                |
| 01-nov-22 | 0,94              | 6,91                | 01-nov-22 | 1,16              | 5,67                |
| 01-dic-22 | 1,15              | 10,32               | 01-dic-22 | 0,93              | 5,84                |
| 01-ene-23 | 0,46              | 9,64                | 01-ene-23 | 0,26              | 3                   |

Figura 163: Datos tecnología undimotriz zona ESAL-1, ESAL-2. Fuente: Elaboración

Propia

- Zona CANFV1, CANFV-2

| CANFV1    |                  |                 | CANFV2    |                  |                 |
|-----------|------------------|-----------------|-----------|------------------|-----------------|
| Año       | Altura de ola(m) | periodo de pico | Año       | Altura de ola(m) | periodo de pico |
| 01-ene-21 | 1,09             | 7,12            | 01-ene-21 | 1,36             | 8,4             |
| 01-feb-21 | 0,88             | 7,78            | 01-feb-21 | 1,18             | 10,6            |
| 01-mar-21 | 1,1              | 6,8             | 01-mar-21 | 1,37             | 7,8             |
| 01-abr-21 | 0,77             | 6,43            | 01-abr-21 | 1                | 8,64            |
| 01-may-21 | 1,67             | 7,52            | 01-may-21 | 2                | 7,73            |
| 01-jun-21 | 1,19             | 6,06            | 01-jun-21 | 1,41             | 6,57            |
| 01-jul-21 | 1,5              | 7,39            | 01-jul-21 | 1,75             | 7,61            |
| 01-ago-21 | 1,18             | 6,31            | 01-ago-21 | 1,38             | 6,56            |
| 01-sep-21 | 0,99             | 5,77            | 01-sep-21 | 1,11             | 6,59            |
| 01-oct-21 | 1,02             | 6,38            | 01-oct-21 | 1,19             | 7,4             |
| 01-nov-21 | 1                | 6,71            | 01-nov-21 | 1,25             | 9,8             |
| 01-dic-21 | 1,06             | 7,48            | 01-dic-21 | 1,3              | 10,03           |
| 01-ene-22 | 1,07             | 6,41            | 01-ene-22 | 1,25             | 8,27            |
| 01-feb-22 | 1,18             | 7,11            | 01-feb-22 | 1,43             | 8,65            |
| 01-mar-22 | 1,13             | 6,54            | 01-mar-22 | 1,48             | 9,5             |
| 01-abr-22 | 1,36             | 7,69            | 01-abr-22 | 1,63             | 8,91            |
| 01-may-22 | 1,04             | 6,22            | 01-may-22 | 1,19             | 6,81            |
| 01-jun-22 | 1,34             | 6,27            | 01-jun-22 | 1,54             | 7,86            |
| 01-jul-22 | 1,43             | 6,56            | 01-jul-22 | 1,64             | 7,02            |
| 01-ago-22 | 1,41             | 6,24            | 01-ago-22 | 1,59             | 6,91            |
| 01-sep-22 | 1,07             | 6,31            | 01-sep-22 | 1,21             | 6,96            |
| 01-oct-22 | 0,83             | 5,41            | 01-oct-22 | 1,01             | 8,48            |
| 01-nov-22 | 1,08             | 6,39            | 01-nov-22 | 1,27             | 9,73            |
| 01-dic-22 | 0,7              | 7,42            | 01-dic-22 | 0,93             | 10,93           |
| 01-ene-23 | 0,79             | 4,75            | 01-ene-23 | 0,86             | 7               |

Figura 164: Datos tecnología undimotriz zona CANFV-1, CANFV-2. Fuente: Elaboración Propia

- Zona CANLANZ-1, CANTEN-1

| CANLANZ1  |                  |                 | CANTEN1   |                  |                 |
|-----------|------------------|-----------------|-----------|------------------|-----------------|
| Año       | Altura de ola(m) | periodo de pico | Año       | Altura de ola(m) | periodo de pico |
| 01-ene-21 | 1,89             | 10,11           | 01-ene-21 | 1,2              | 6,52            |
| 01-feb-21 | 2,06             | 14,01           | 01-feb-21 | 0,99             | 6,7             |
| 01-mar-21 | 1,86             | 10,11           | 01-mar-21 | 1,34             | 6,43            |
| 01-abr-21 | 1,44             | 10,79           | 01-abr-21 | 0,79             | 6,49            |
| 01-may-21 | 2,42             | 9,44            | 01-may-21 | 1,95             | 7,1             |
| 01-jun-21 | 1,71             | 8,59            | 01-jun-21 | 1,48             | 5,82            |
| 01-jul-21 | 2,01             | 7,61            | 01-jul-21 | 2,06             | 6,76            |
| 01-ago-21 | 1,61             | 7,86            | 01-ago-21 | 1,5              | 5,75            |
| 01-sep-21 | 1,41             | 8,7             | 01-sep-21 | 1,21             | 6               |
| 01-oct-21 | 1,67             | 10,85           | 01-oct-21 | 1,31             | 6,15            |
| 01-nov-21 | 1,88             | 12,13           | 01-nov-21 | 1,15             | 6,61            |
| 01-dic-21 | 2,06             | 12,99           | 01-dic-21 | 1,12             | 7,33            |
| 01-ene-22 | 1,86             | 10,55           | 01-ene-22 | 1,22             | 6,84            |
| 01-feb-22 | 2,21             | 12,22           | 01-feb-22 | 1,37             | 6,89            |
| 01-mar-22 | 2,38             | 12,27           | 01-mar-22 | 1,4              | 6,23            |
| 01-abr-22 | 2,17             | 9,77            | 01-abr-22 | 1,48             | 6,78            |
| 01-may-22 | 1,51             | 9,25            | 01-may-22 | 1,29             | 6,04            |
| 01-jun-22 | 1,93             | 8,87            | 01-jun-22 | 1,72             | 6,19            |
| 01-jul-22 | 1,83             | 7,38            | 01-jul-22 | 2,02             | 6,44            |
| 01-ago-22 | 1,8              | 7,56            | 01-ago-22 | 1,89             | 6,17            |
| 01-sep-22 | 1,56             | 8,55            | 01-sep-22 | 1,26             | 5,68            |
| 01-oct-22 | 1,67             | 10,9            | 01-oct-22 | 1,12             | 5,9             |
| 01-nov-22 | 2,19             | 13,65           | 01-nov-22 | 1,18             | 5,59            |
| 01-dic-22 | 1,71             | 12,82           | 01-dic-22 | 0,79             | 6,27            |
| 01-ene-23 | 1,48             | 11,06           | 01-ene-23 | 0,56             | 4,79            |

Figura 165: Datos tecnología undimotriz zona CANLANZ-1, CANTEN-1. Fuente: Elaboración Propia

- Zona CANTEN-2, CANGC-1

| CANTEN2   |                  |                 | CANGC1    |                  |                 |
|-----------|------------------|-----------------|-----------|------------------|-----------------|
| Año       | Altura de ola(m) | periodo de pico | Año       | Altura de ola(m) | periodo de pico |
| 01-ene-21 | 0,91             | 6,42            | 01-ene-21 | 0,72             | 9,08            |
| 01-feb-21 | 0,75             | 6,71            | 01-feb-21 | 0,63             | 10,2            |
| 01-mar-21 | 1,02             | 6,49            | 01-mar-21 | 0,68             | 8,07            |
| 01-abr-21 | 0,63             | 6,14            | 01-abr-21 | 0,46             | 10,08           |
| 01-may-21 | 1,53             | 7,22            | 01-may-21 | 0,94             | 7,55            |
| 01-jun-21 | 1,18             | 5,55            | 01-jun-21 | 0,75             | 6,45            |
| 01-jul-21 | 1,62             | 6,86            | 01-jul-21 | 0,93             | 7,38            |
| 01-ago-21 | 1,18             | 5,75            | 01-ago-21 | 0,76             | 6,19            |
| 01-sep-21 | 0,97             | 5,87            | 01-sep-21 | 0,65             | 6,36            |
| 01-oct-21 | 1,08             | 6,2             | 01-oct-21 | 0,68             | 7,29            |
| 01-nov-21 | 0,92             | 6,41            | 01-nov-21 | 0,68             | 9,55            |
| 01-dic-21 | 0,95             | 7,43            | 01-dic-21 | 0,69             | 9,17            |
| 01-ene-22 | 1,03             | 6,86            | 01-ene-22 | 0,82             | 7,78            |
| 01-feb-22 | 1,11             | 6,87            | 01-feb-22 | 0,8              | 9,16            |
| 01-mar-22 | 1,06             | 6,05            | 01-mar-22 | 0,76             | 9,61            |
| 01-abr-22 | 1,18             | 6,73            | 01-abr-22 | 0,79             | 9,03            |
| 01-may-22 | 1,02             | 5,96            | 01-may-22 | 0,66             | 6,82            |
| 01-jun-22 | 1,36             | 5,88            | 01-jun-22 | 0,85             | 7,59            |
| 01-jul-22 | 1,55             | 6,17            | 01-jul-22 | 0,96             | 6,74            |
| 01-ago-22 | 1,51             | 5,81            | 01-ago-22 | 0,93             | 6,76            |
| 01-sep-22 | 1,02             | 5,62            | 01-sep-22 | 0,7              | 7,04            |
| 01-oct-22 | 0,87             | 5,79            | 01-oct-22 | 0,63             | 7,32            |
| 01-nov-22 | 0,96             | 5,62            | 01-nov-22 | 0,74             | 9,57            |
| 01-dic-22 | 0,62             | 5,7             | 01-dic-22 | 0,64             | 10,87           |
| 01-ene-23 | 0,53             | 4,97            | 01-ene-23 | 0,57             | 4,69            |

Figura 166: Datos tecnología undimotriz zona CANTEN-2, CANGC-1. Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO VI- VELOCIDADES DE CORRIENTES MARINAS

- Zona noratlántica

| NOR1        | vel (cm/s) | NOR2        | VEL (cm/s) | NOR3        | VEL (cm/s) | NOR4        | VEL (cm/s) | NOR5        | VEL (cm/s) | NOR6        | vel (cm/s) | NOR7        | vel (cm/s)2 | NOR8        | vel (cm/s)3 |
|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ene-21      | 17         | ene-21      | 18         | ene-21      | 14         | ene-21      | 19         | ene-21      | 12         | ene-21      | 18         | ene-21      | 18          | ene-21      | 13          |
| feb-21      | 19         | feb-21      | 39         | feb-21      | 14         | feb-21      | 16         | feb-21      | 18         | feb-21      | 15         | feb-21      | 16          | feb-21      | 13          |
| mar-21      | 15         | mar-21      | 23         | mar-21      | 16         | mar-21      | 19         | mar-21      | 14         | mar-21      | 15         | mar-21      | 20          | mar-21      | 12          |
| abr-21      | 18         | abr-21      | 18         | abr-21      | 17         | abr-21      | 17         | abr-21      | 12         | abr-21      | 16         | abr-21      | 24          | abr-21      | 10          |
| may-21      | 19         | may-21      | 18         | may-21      | 16         | may-21      | 18         | may-21      | 12         | may-21      | 15         | may-21      | 15          | may-21      | 11          |
| jun-21      | 19         | jun-21      | 27         | jun-21      | 23         | jun-21      | 24         | jun-21      | 18         | jun-21      | 20         | jun-21      | 28          | jun-21      | 18          |
| jul-21      | 20         | jul-21      | 26         | jul-21      | 20         | jul-21      | 32         | jul-21      | 16         | jul-21      | 22         | jul-21      | 25          | jul-21      | 19          |
| ago-21      | 20         | ago-21      | 26         | ago-21      | 17         | ago-21      | 33         | ago-21      | 17         | ago-21      | 26         | ago-21      | 30          | ago-21      | 17          |
| sep-21      | 21         | sep-21      | 21         | sep-21      | 20         | sep-21      | 28         | sep-21      | 21         | sep-21      | 29         | sep-21      | 29          | sep-21      | 30          |
| oct-21      | 26         | oct-21      | 23         | oct-21      | 27         | oct-21      | 27         | oct-21      | 27         | oct-21      | 26         | oct-21      | 27          | oct-21      | 23          |
| nov-21      | 18         | nov-21      | 18         | nov-21      | 16         | nov-21      | 19         | nov-21      | 20         | nov-21      | 18         | nov-21      | 15          | nov-21      | 17          |
| dic-21      | 19         | dic-21      | 20         | dic-21      | 18         | dic-21      | 20         | dic-21      | 15         | dic-21      | 14         | dic-21      | 16          | dic-21      | 16          |
| ene-22      | 16         | ene-22      | 18         | ene-22      | 15         | ene-22      | 25         | ene-22      | 19         | ene-22      | 16         | ene-22      | 21          | ene-22      | 8           |
| feb-22      | 22         | feb-22      | 13         | feb-22      | 14         | feb-22      | 15         | feb-22      | 14         | feb-22      | 14         | feb-22      | 20          | feb-22      | 10          |
| mar-22      | 16         | mar-22      | 17         | mar-22      | 14         | mar-22      | 14         | mar-22      | 14         | mar-22      | 16         | mar-22      | 21          | mar-22      | 11          |
| abr-22      | 18         | abr-22      | 17         | abr-22      | 15         | abr-22      | 16         | abr-22      | 14         | abr-22      | 15         | abr-22      | 17          | abr-22      | 13          |
| may-22      | 21         | may-22      | 19         | may-22      | 16         | may-22      | 19         | may-22      | 18         | may-22      | 22         | may-22      | 28          | may-22      | 16          |
| jun-22      | 26         | jun-22      | 23         | jun-22      | 26         | jun-22      | 24         | jun-22      | 17         | jun-22      | 20         | jun-22      | 27          | jun-22      | 20          |
| jul-22      | 19         | jul-22      | 28         | jul-22      | 18         | jul-22      | 27         | jul-22      | 21         | jul-22      | 25         | jul-22      | 37          | jul-22      | 19          |
| ago-22      | 17         | ago-22      | 32         | ago-22      | 20         | ago-22      | 21         | ago-22      | 18         | ago-22      | 18         | ago-22      | 24          | ago-22      | 18          |
| sep-22      | 22         | sep-22      | 21         | sep-22      | 21         | sep-22      | 23         | sep-22      | 18         | sep-22      | 25         | sep-22      | 29          | sep-22      | 21          |
| oct-22      | 22         | oct-22      | 32         | oct-22      | 26         | oct-22      | 23         | oct-22      | 22         | oct-22      | 21         | oct-22      | 20          | oct-22      | 23          |
| nov-22      | 18         | nov-22      | 16         | nov-22      | 26         | nov-22      | 30         | nov-22      | 16         | nov-22      | 16         | nov-22      | 25          | nov-22      | 18          |
| dic-22      | 20         | dic-22      | 34         | dic-22      | 23         | dic-22      | 21         | dic-22      | 27         | dic-22      | 26         | dic-22      | 26          | dic-22      | 21          |
| ene-23      | 28         | ene-23      | 56         | ene-23      | 44         | ene-23      | 23         | ene-23      | 42         | ene-23      | 48         | ene-23      | 40          | ene-23      | 40          |
| Valor medio | 19,84      | Valor medio | 24,12      | Valor medio | 19,84      | Valor medio | 22,12      | Valor medio | 18,48      | Valor medio | 20,64      | Valor medio | 23,92       | Valor medio | 17,48       |

Tabla 71: Valores velocidad corriente zona noratlántica. Fuente: Elaboración Propia

- Zona Levantino Balear

| LEBA1              | vel (cm/s)   | LEBA2              | VEL (cm/s)2  | LEBA3              | vel (cm/s)3  |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
| ene-21             | 11           | ene-21             | 16           | ene-21             | 22           |
| feb-21             | 27           | feb-21             | 26           | feb-21             | 17           |
| mar-21             | 29           | mar-21             | 19           | mar-21             | 23           |
| abr-21             | 22           | abr-21             | 22           | abr-21             | 22           |
| may-21             | 17           | may-21             | 29           | may-21             | 18           |
| jun-21             | 19           | jun-21             | 23           | jun-21             | 25           |
| jul-21             | 19           | jul-21             | 13           | jul-21             | 15           |
| ago-21             | 18           | ago-21             | 16           | ago-21             | 13           |
| sep-21             | 17           | sep-21             | 29           | sep-21             | 14           |
| oct-21             | 15           | oct-21             | 38           | oct-21             | 15           |
| nov-21             | 31           | nov-21             | 21           | nov-21             | 21           |
| dic-21             | 32           | dic-21             | 31           | dic-21             | 24           |
| ene-22             | 16           | ene-22             | 24           | ene-22             | 19           |
| feb-22             | 14           | feb-22             | 20           | feb-22             | 17           |
| mar-22             | 11           | mar-22             | 19           | mar-22             | 18           |
| abr-22             | 19           | abr-22             | 26           | abr-22             | 16           |
| may-22             | 20           | may-22             | 25           | may-22             | 20           |
| jun-22             | 19           | jun-22             | 19           | jun-22             | 21           |
| jul-22             | 17           | jul-22             | 19           | jul-22             | 15           |
| ago-22             | 18           | ago-22             | 16           | ago-22             | 17           |
| sep-22             | 17           | sep-22             | 13           | sep-22             | 11           |
| oct-22             | 22           | oct-22             | 25           | oct-22             | 8            |
| nov-22             | 15           | nov-22             | 34           | nov-22             | 15           |
| dic-22             | 18           | dic-22             | 36           | dic-22             | 14           |
| ene-23             | 8            | ene-23             | 25           | ene-23             | 12           |
| <b>Valor medio</b> | <b>18,84</b> | <b>Valor medio</b> | <b>23,36</b> | <b>Valor medio</b> | <b>17,28</b> |

Tabla 72: Valores velocidad corriente zona LEBA. Fuente: Elaboración Propia

- Zona Estrecho y Alborán

| ESAL1              | vel (cm/s)   | ESAL2              | VEL (cm/s)2 |
|--------------------|--------------|--------------------|-------------|
| ene-21             | 47           | ene-21             | 33          |
| feb-21             | 60           | feb-21             | 29          |
| mar-21             | 32           | mar-21             | 28          |
| abr-21             | 41           | abr-21             | 29          |
| may-21             | 74           | may-21             | 31          |
| jun-21             | 75           | jun-21             | 25          |
| jul-21             | 71           | jul-21             | 21          |
| ago-21             | 73           | ago-21             | 23          |
| sep-21             | 66           | sep-21             | 26          |
| oct-21             | 55           | oct-21             | 24          |
| nov-21             | 57           | nov-21             | 40          |
| dic-21             | 39           | dic-21             | 26          |
| ene-22             | 34           | ene-22             | 25          |
| feb-22             | 37           | feb-22             | 20          |
| mar-22             | 44           | mar-22             | 29          |
| abr-22             | 68           | abr-22             | 37          |
| may-22             | 75           | may-22             | 35          |
| jun-22             | 79           | jun-22             | 23          |
| jul-22             | 59           | jul-22             | 25          |
| ago-22             | 44           | ago-22             | 24          |
| sep-22             | 51           | sep-22             | 29          |
| oct-22             | 60           | oct-22             | 24          |
| nov-22             | 59           | nov-22             | 26          |
| dic-22             | 69           | dic-22             | 31          |
| ene-23             | 92           | ene-23             | 22          |
| <b>Valor medio</b> | <b>58,44</b> | <b>Valor medio</b> | <b>27,4</b> |

Tabla 73: Valores velocidad corriente zona ESAL. Fuente: Elaboración Propia

- Zona Canarias

| CANFV1             | vel (cm/s)   | CANFV2             | VEL (cm/s)2  | CANLANZ1           | vel (cm/s)3  | CANTEN1            | vel (cm/s)4  | CANTEN2            | vel (cm/s)5  | CANGC1             | vel (cm/s)6 |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|-------------|
| ene-21             | 23           | ene-21             | 23           | ene-21             | 14           | ene-21             | 16           | ene-21             | 16           | ene-21             | 20          |
| feb-21             | 19           | feb-21             | 20           | feb-21             | 17           | feb-21             | 19           | feb-21             | 15           | feb-21             | 19          |
| mar-21             | 25           | mar-21             | 17           | mar-21             | 16           | mar-21             | 24           | mar-21             | 16           | mar-21             | 21          |
| abr-21             | 18           | abr-21             | 13           | abr-21             | 17           | abr-21             | 17           | abr-21             | 15           | abr-21             | 21          |
| may-21             | 21           | may-21             | 21           | may-21             | 22           | may-21             | 38           | may-21             | 17           | may-21             | 19          |
| jun-21             | 20           | jun-21             | 16           | jun-21             | 17           | jun-21             | 41           | jun-21             | 21           | jun-21             | 20          |
| jul-21             | 22           | jul-21             | 27           | jul-21             | 21           | jul-21             | 31           | jul-21             | 20           | jul-21             | 25          |
| ago-21             | 20           | ago-21             | 21           | ago-21             | 19           | ago-21             | 39           | ago-21             | 22           | ago-21             | 26          |
| sep-21             | 26           | sep-21             | 26           | sep-21             | 20           | sep-21             | 33           | sep-21             | 30           | sep-21             | 27          |
| oct-21             | 20           | oct-21             | 31           | oct-21             | 14           | oct-21             | 34           | oct-21             | 24           | oct-21             | 24          |
| nov-21             | 18           | nov-21             | 17           | nov-21             | 26           | nov-21             | 20           | nov-21             | 16           | nov-21             | 23          |
| dic-21             | 16           | dic-21             | 14           | dic-21             | 35           | dic-21             | 30           | dic-21             | 22           | dic-21             | 18          |
| ene-22             | 16           | ene-22             | 27           | ene-22             | 27           | ene-22             | 27           | ene-22             | 20           | ene-22             | 20          |
| feb-22             | 17           | feb-22             | 21           | feb-22             | 20           | feb-22             | 17           | feb-22             | 14           | feb-22             | 19          |
| mar-22             | 28           | mar-22             | 27           | mar-22             | 15           | mar-22             | 20           | mar-22             | 15           | mar-22             | 21          |
| abr-22             | 17           | abr-22             | 17           | abr-22             | 15           | abr-22             | 22           | abr-22             | 16           | abr-22             | 19          |
| may-22             | 21           | may-22             | 27           | may-22             | 14           | may-22             | 26           | may-22             | 15           | may-22             | 20          |
| jun-22             | 26           | jun-22             | 35           | jun-22             | 20           | jun-22             | 42           | jun-22             | 22           | jun-22             | 20          |
| jul-22             | 21           | jul-22             | 22           | jul-22             | 22           | jul-22             | 41           | jul-22             | 38           | jul-22             | 22          |
| ago-22             | 22           | ago-22             | 45           | ago-22             | 22           | ago-22             | 37           | ago-22             | 26           | ago-22             | 23          |
| sep-22             | 39           | sep-22             | 25           | sep-22             | 23           | sep-22             | 27           | sep-22             | 22           | sep-22             | 27          |
| oct-22             | 31           | oct-22             | 20           | oct-22             | 16           | oct-22             | 28           | oct-22             | 22           | oct-22             | 26          |
| nov-22             | 19           | nov-22             | 27           | nov-22             | 22           | nov-22             | 20           | nov-22             | 17           | nov-22             | 22          |
| dic-22             | 18           | dic-22             | 15           | dic-22             | 17           | dic-22             | 15           | dic-22             | 19           | dic-22             | 19          |
| ene-23             | 16           | ene-23             | 10           | ene-23             | 11           | ene-23             | 18           | ene-23             | 21           | ene-23             | 19          |
| <b>Valor medio</b> | <b>21,56</b> | <b>Valor medio</b> | <b>22,56</b> | <b>Valor medio</b> | <b>19,28</b> | <b>Valor medio</b> | <b>27,28</b> | <b>Valor medio</b> | <b>20,04</b> | <b>Valor medio</b> | <b>21,6</b> |

Tabla 74: Valores velocidad corriente zona canarias. Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO VII-SALINIDAD

- Zona noratlántica

| NOR1   | salinidad (psu) | NOR2   | salinidad (psu)2 | NOR3   | salinidad (psu)3 | NOR4   | salinidad (psu)4 | NOR5   | salinidad (psu)5 | NOR6   | salinidad (psu)6 | NOR7   | salinidad (psu)7 | NOR8   | salinidad (psu)8 |
|--------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|
| ene-21 | 35,62           | ene-21 | 35,37            | ene-21 | 35,56            | ene-21 | 35,53            | ene-21 | 35,4             | ene-21 | 35,42            | ene-21 | 35,46            | ene-21 | 35,27            |
| feb-21 | 35,61           | feb-21 | 35,08            | feb-21 | 35,5             | feb-21 | 35,53            | feb-21 | 35,4             | feb-21 | 35,44            | feb-21 | 35,47            | feb-21 | 35,21            |
| mar-21 | 35,43           | mar-21 | 35,47            | mar-21 | 35,23            | mar-21 | 35,46            | mar-21 | 35,18            | mar-21 | 35,27            | mar-21 | 35,31            | mar-21 | 35,21            |
| abr-21 | 35,59           | abr-21 | 35,52            | abr-21 | 35,48            | abr-21 | 35,48            | abr-21 | 35,49            | abr-21 | 35,49            | abr-21 | 35,46            | abr-21 | 35,4             |
| may-21 | 35,45           | may-21 | 35,51            | may-21 | 35,5             | may-21 | 35,51            | may-21 | 35,47            | may-21 | 35,47            | may-21 | 35,47            | may-21 | 35,38            |
| jun-21 | 35,63           | jun-21 | 35,51            | jun-21 | 35,48            | jun-21 | 35,49            | jun-21 | 35,41            | jun-21 | 35,37            | jun-21 | 35,33            | jun-21 | 35,27            |
| jul-21 | 35,59           | jul-21 | 35,48            | jul-21 | 35,48            | jul-21 | 35,52            | jul-21 | 35,38            | jul-21 | 35,37            | jul-21 | 35,39            | jul-21 | 35,37            |
| ago-21 | 35,54           | ago-21 | 35,47            | ago-21 | 35,47            | ago-21 | 35,51            | ago-21 | 35,43            | ago-21 | 35,43            | ago-21 | 35,44            | ago-21 | 35,41            |
| sep-21 | 35,61           | sep-21 | 35,51            | sep-21 | 35,48            | sep-21 | 35,48            | sep-21 | 35,39            | sep-21 | 35,37            | sep-21 | 35,36            | sep-21 | 35,37            |
| oct-21 | 35,7            | oct-21 | 35,53            | oct-21 | 35,51            | oct-21 | 35,55            | oct-21 | 35,48            | oct-21 | 35,47            | oct-21 | 35,47            | oct-21 | 35,43            |
| nov-21 | 35,67           | nov-21 | 35,47            | nov-21 | 35,51            | nov-21 | 35,55            | nov-21 | 35,49            | nov-21 | 35,5             | nov-21 | 35,49            | nov-21 | 35,44            |
| dic-21 | 35,75           | dic-21 | 35,41            | dic-21 | 35,53            | dic-21 | 35,56            | dic-21 | 35,47            | dic-21 | 35,47            | dic-21 | 35,48            | dic-21 | 35,356           |
| ene-22 | 35,75           | ene-22 | 35,16            | ene-22 | 35,52            | ene-22 | 35,49            | ene-22 | 35,27            | ene-22 | 35,34            | ene-22 | 35,37            | ene-22 | 35,18            |
| feb-22 | 34,89           | feb-22 | 35,42            | feb-22 | 35,55            | feb-22 | 35,54            | feb-22 | 35,43            | feb-22 | 35,46            | feb-22 | 35,46            | feb-22 | 35,26            |
| mar-22 | 35,57           | mar-22 | 35,32            | mar-22 | 35,42            | mar-22 | 35,52            | mar-22 | 35,32            | mar-22 | 35,19            | mar-22 | 35,3             | mar-22 | 35,05            |
| abr-22 | 35,57           | abr-22 | 35,49            | abr-22 | 35,49            | abr-22 | 35,49            | abr-22 | 35,47            | abr-22 | 35,38            | abr-22 | 35,35            | abr-22 | 35,02            |
| may-22 | 35,4            | may-22 | 35,5             | may-22 | 35,38            | may-22 | 35,46            | may-22 | 35,3             | may-22 | 35,26            | may-22 | 35,28            | may-22 | 35,18            |
| jun-22 | 35,41           | jun-22 | 35,49            | jun-22 | 35,47            | jun-22 | 35,52            | jun-22 | 35,41            | jun-22 | 35,41            | jun-22 | 35,41            | jun-22 | 35,38            |
| jul-22 | 35,67           | jul-22 | 35,53            | jul-22 | 35,48            | jul-22 | 35,57            | jul-22 | 35,43            | jul-22 | 35,42            | jul-22 | 35,44            | jul-22 | 35,36            |
| ago-22 | 35,68           | ago-22 | 35,53            | ago-22 | 35,56            | ago-22 | 35,64            | ago-22 | 35,44            | ago-22 | 35,39            | ago-22 | 35,36            | ago-22 | 35,34            |
| sep-22 | 35,62           | sep-22 | 35,49            | sep-22 | 35,49            | sep-22 | 35,52            | sep-22 | 35,4             | sep-22 | 35,43            | sep-22 | 35,42            | sep-22 | 35,35            |
| oct-22 | 35,64           | oct-22 | 35,49            | oct-22 | 35,51            | oct-22 | 35,52            | oct-22 | 35,45            | oct-22 | 35,43            | oct-22 | 35,45            | oct-22 | 35,39            |
| nov-22 | 35,72           | nov-22 | 35,47            | nov-22 | 35,6             | nov-22 | 35,5             | nov-22 | 35,55            | nov-22 | 35,55            | nov-22 | 35,54            | nov-22 | 35,41            |
| dic-22 | 35,82           | dic-22 | 35,44            | dic-22 | 35,65            | dic-22 | 35,62            | dic-22 | 35,51            | dic-22 | 35,56            | dic-22 | 35,56            | dic-22 | 35,41            |
| ene-23 | 35,78           | ene-23 | 35,07            | ene-23 | 35,69            | ene-23 | 35,72            | ene-23 | 35,46            | ene-23 | 35,68            | ene-23 | 35,63            | ene-23 | 35,12            |

Figura 167: Salinidad zona noratlántica. Fuente: Elaboración Propia

- Zona Levantino-Balear

| LEBA1  | salinidad (psu) | LEBA2  | salinidad (psu)2 | LEBA3  | salinidad (psu)3 |
|--------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|
| ene-21 | 38,15           | ene-21 | 37,78            | ene-21 | 37,67            |
| feb-21 | 38,06           | feb-21 | 37,83            | feb-21 | 37,72            |
| mar-21 | 38,14           | mar-21 | 37,85            | mar-21 | 37,88            |
| abr-21 | 38,21           | abr-21 | 37,77            | abr-21 | 37,66            |
| may-21 | 38,11           | may-21 | 37,49            | may-21 | 37,37            |
| jun-21 | 37,76           | jun-21 | 37,14            | jun-21 | 37,17            |
| jul-21 | 38,04           | jul-21 | 37,19            | jul-21 | 37,13            |
| ago-21 | 38              | ago-21 | 37,26            | ago-21 | 37,25            |
| sep-21 | 37,81           | sep-21 | 37,26            | sep-21 | 37,22            |
| oct-21 | 38,08           | oct-21 | 37,69            | oct-21 | 37,45            |
| nov-21 | 38,13           | nov-21 | 37,61            | nov-21 | 37,66            |
| dic-21 | 38,03           | dic-21 | 37,78            | dic-21 | 37,65            |
| ene-22 | 38,31           | ene-22 | 37,96            | ene-22 | 37,89            |
| feb-22 | 38,43           | feb-22 | 38,08            | feb-22 | 37,81            |
| mar-22 | 38,47           | mar-22 | 38,03            | mar-22 | 37,72            |
| abr-22 | 38,51           | abr-22 | 37,84            | abr-22 | 37,78            |
| may-22 | 38,33           | may-22 | 37,81            | may-22 | 37,52            |
| jun-22 | 38,18           | jun-22 | 37,57            | jun-22 | 37,63            |
| jul-22 | 38,38           | jul-22 | 37,5             | jul-22 | 37,26            |
| ago-22 | 38,21           | ago-22 | 37,58            | ago-22 | 37,58            |
| sep-22 | 38,27           | sep-22 | 37,7             | sep-22 | 37,54            |
| oct-22 | 38,11           | oct-22 | 37,6             | oct-22 | 37,61            |
| nov-22 | 38,24           | nov-22 | 37,55            | nov-22 | 37,66            |
| dic-22 | 38,18           | dic-22 | 37,63            | dic-22 | 37,48            |
| ene-23 | 38,31           | ene-23 | 37,73            | ene-23 | 37,35            |

Figura 168: Salinidad zona LEBA. Fuente: Elaboración Propia

- Zona Estrecho y Alborán

| ESAL1  | salinidad (psu) | ESAL2  | salinidad (psu)2 |
|--------|-----------------|--------|------------------|
| ene-21 | 36,43           | ene-21 | 36,99            |
| feb-21 | 36,73           | feb-21 | 37,3             |
| mar-21 | 36,37           | mar-21 | 36,78            |
| abr-21 | 36,34           | abr-21 | 36,6             |
| may-21 | 36,32           | may-21 | 36,56            |
| jun-21 | 36,28           | jun-21 | 36,58            |
| jul-21 | 36,31           | jul-21 | 36,59            |
| ago-21 | 36,35           | ago-21 | 36,54            |
| sep-21 | 36,39           | sep-21 | 36,56            |
| oct-21 | 36,4            | oct-21 | 36,52            |
| nov-21 | 36,32           | nov-21 | 36,55            |
| dic-21 | 36,32           | dic-21 | 36,8             |
| ene-22 | 36,39           | ene-22 | 36,76            |
| feb-22 | 36,29           | feb-22 | 36,68            |
| mar-22 | 36,31           | mar-22 | 36,64            |
| abr-22 | 36,31           | abr-22 | 36,78            |
| may-22 | 36,35           | may-22 | 36,58            |
| jun-22 | 36,42           | jun-22 | 36,76            |
| jul-22 | 36,46           | jul-22 | 36,65            |
| ago-22 | 36,48           | ago-22 | 36,6             |
| sep-22 | 36,39           | sep-22 | 36,51            |
| oct-22 | 36,38           | oct-22 | 36,39            |
| nov-22 | 36,45           | nov-22 | 36,59            |
| dic-22 | 36,48           | dic-22 | 36,69            |
| ene-23 | 36,49           | ene-23 | 36,69            |

Figura 169: Salinidad zona ESAL. Fuente: Elaboración Propia

- Zona Canarias

| CANLANZ1 | salinidad (psu) | CANGC1 | salinidad (psu)2 | CANFV1 | salinidad (psu)3 | CANFV2 | salinidad (psu)4 | CANTEN2 | salinidad (psu)5 | CANTEN1 | salinidad (psu)6 |
|----------|-----------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|
| ene-21   | 36,65           | ene-21 | 36,78            | ene-21 | 36,67            | ene-21 | 36,68            | ene-21  | 36,68            | ene-21  | 36,79            |
| feb-21   | 36,56           | feb-21 | 36,74            | feb-21 | 36,6             | feb-21 | 36,6             | feb-21  | 36,77            | feb-21  | 36,78            |
| mar-21   | 36,58           | mar-21 | 36,76            | mar-21 | 36,53            | mar-21 | 36,52            | mar-21  | 36,75            | mar-21  | 36,77            |
| abr-21   | 36,55           | abr-21 | 36,75            | abr-21 | 36,56            | abr-21 | 36,52            | abr-21  | 36,8             | abr-21  | 36,85            |
| may-21   | 36,54           | may-21 | 36,71            | may-21 | 36,55            | may-21 | 36,49            | may-21  | 36,77            | may-21  | 36,84            |
| jun-21   | 36,6            | jun-21 | 36,73            | jun-21 | 36,57            | jun-21 | 36,49            | jun-21  | 36,7             | jun-21  | 36,94            |
| jul-21   | 36,64           | jul-21 | 36,77            | jul-21 | 36,64            | jul-21 | 36,62            | jul-21  | 36,85            | jul-21  | 36,83            |
| ago-21   | 36,69           | ago-21 | 36,8             | ago-21 | 36,61            | ago-21 | 36,59            | ago-21  | 36,92            | ago-21  | 36,9             |
| sep-21   | 36,66           | sep-21 | 36,86            | sep-21 | 36,69            | sep-21 | 36,76            | sep-21  | 36,81            | sep-21  | 36,84            |
| oct-21   | 36,7            | oct-21 | 36,81            | oct-21 | 36,68            | oct-21 | 36,69            | oct-21  | 36,85            | oct-21  | 36,85            |
| nov-21   | 36,66           | nov-21 | 36,78            | nov-21 | 36,81            | nov-21 | 36,76            | nov-21  | 36,86            | nov-21  | 36,9             |
| dic-21   | 36,71           | dic-21 | 36,85            | dic-21 | 36,87            | dic-21 | 36,81            | dic-21  | 36,82            | dic-21  | 36,85            |
| ene-22   | 36,76           | ene-22 | 36,87            | ene-22 | 36,86            | ene-22 | 36,73            | ene-22  | 36,87            | ene-22  | 36,84            |
| feb-22   | 36,68           | feb-22 | 36,9             | feb-22 | 36,74            | feb-22 | 36,69            | feb-22  | 36,91            | feb-22  | 36,95            |
| mar-22   | 36,68           | mar-22 | 36,89            | mar-22 | 36,68            | mar-22 | 36,63            | mar-22  | 37,01            | mar-22  | 36,96            |
| abr-22   | 36,65           | abr-22 | 36,94            | abr-22 | 36,72            | abr-22 | 36,61            | abr-22  | 36,98            | abr-22  | 36,92            |
| may-22   | 36,7            | may-22 | 36,85            | may-22 | 36,68            | may-22 | 36,65            | may-22  | 36,88            | may-22  | 36,83            |
| jun-22   | 36,76           | jun-22 | 36,78            | jun-22 | 36,72            | jun-22 | 36,72            | jun-22  | 36,89            | jun-22  | 36,82            |
| jul-22   | 36,76           | jul-22 | 36,79            | jul-22 | 36,77            | jul-22 | 36,71            | jul-22  | 36,83            | jul-22  | 36,79            |
| ago-22   | 36,75           | ago-22 | 36,76            | ago-22 | 36,77            | ago-22 | 36,82            | ago-22  | 36,91            | ago-22  | 36,82            |
| sep-22   | 36,85           | sep-22 | 36,83            | sep-22 | 36,82            | sep-22 | 36,8             | sep-22  | 36,88            | sep-22  | 36,85            |
| oct-22   | 36,76           | oct-22 | 36,91            | oct-22 | 36,75            | oct-22 | 36,72            | oct-22  | 36,9             | oct-22  | 36,89            |
| nov-22   | 36,75           | nov-22 | 36,89            | nov-22 | 36,78            | nov-22 | 36,74            | nov-22  | 37,01            | nov-22  | 36,97            |
| dic-22   | 36,71           | dic-22 | 36,81            | dic-22 | 36,68            | dic-22 | 36,66            | dic-22  | 36,91            | dic-22  | 36,85            |
| ene-23   | 36,73           | ene-23 | 36,79            | ene-23 | 36,72            | ene-23 | 36,71            | ene-23  | 36,86            | ene-23  | 36,87            |

Figura 170: Salinidad zona canarias. Fuente: Elaboración Propia