





RESUMEN DE LA TESIS DOCTORAL

DATOS DEL/ DE LA DOCTORANDO/A:

Apellidos y nombre: Bahamonde García, Manuel I.	NIF/ Pasaporte: [REDACTED]	Nacionalidad: [REDACTED]
Dirección a efectos de notificaciones: [REDACTED]		
Teléfono: [REDACTED]	EMAIL: [REDACTED]	
ORCID: 0000-0003-4828-6872		
Según formato: 0000-0000-0000-0000		

DATOS DE LA TESIS DOCTORAL:

Título: Estudio del potencial eólico en mar abierto y optimización de la producción energética en la implantación de parques eólicos marinos.
Programa Oficial de Doctorado al que se adscribe: Ciencia y Tecnología Industrial y Ambiental. Escuela de Doctorado de la Universidad de Huelva.
Departamento: Ingeniería Eléctrica y Térmica, de Diseño y Proyectos.
Director/es: Dr./Dra.: Salvador Pérez Litrán  ORCID: Dr./Dra.:  ORCID:
Resumen en castellano que será usado para la base de datos del Ministerio TESEO (máx. 4000 caracteres) El agotamiento de las fuentes primarias de energía de origen fósil, las emisiones de gases de efecto invernadero y la necesidad de un consumo energético sostenible hacen necesario un cambio de modelo, con el uso preferente de las energías renovables, porque son, esencialmente, limpias, autóctonas e inagotables a escala humana, además de permitir un desarrollo sostenible de todos los países de nuestro Planeta. En la actualidad, la energía eólica, producida en los parques eólicos conectados a la red eléctrica, es la segunda fuente de energías renovables con mayor implantación a nivel mundial, con una potencia instalada de 591,5 GW a final de 2018, con una gran proyección de futuro en el contexto energético. En particular, la industria eólica marina, con una potencia instalada de 23,1 GW, repartida en más de 100 parques eólicos en funcionamiento, está basada en la experiencia de la industria eólica terrestre, así como en los códigos y normas de las implantaciones gasísticas y petroleras en el mar. No obstante, todavía existen barreras por superar, como la estimación de la energía producida por los aerogeneradores en mar abierto considerando las condiciones de contorno, lo que permitiría un estudio más completo de viabilidad de parques eólicos marinos. La identificación del potencial eólico en un emplazamiento marino es esencial para que un proyecto de gran envergadura se pueda llevar a cabo. La incertidumbre en la determinación de la producción energética se puede minimizar utilizando las expresiones que identifiquen la capa límite atmosférica marina, como la ecuación del perfil de la velocidad del viento con la altura de la teoría de semejanza, aplicable a la capa superficial atmosférica. En esta línea, se desarrolla un método de estudio para determinar la producción energética anual de un aerogenerador en mar abierto, que tiene en cuenta las variaciones continuas de la estabilidad atmosférica y la rugosidad de la superficie del mar, donde los datos de entrada del método propuesto y para la validación de los resultados se extraen de la plataforma de investigación alemana FINO 3. El objetivo es extenderlo a la forma habitual de las mediciones para un estudio de viabilidad energética, esto es, cuando son realizadas con mástiles de medidas, donde los datos meteorológicos se obtienen a cotas muy inferiores a las del buje de un aerogenerador. Por otro lado, se puede reducir la campaña de medidas en la fase de investigación de un parque eólico, cuando una distribución estadística describe de forma adecuada la variación de la velocidad del viento de la zona de estudio, siendo habitual que, en emplazamientos con vientos de moderados a fuertes, puedan ser representados por la distribución de probabilidad de Weibull, aunque no está descrita como una función



En esta tesis doctoral, se realiza un estudio estadístico del viento aplicado a sitios en alta mar, con los datos de la plataforma de investigación FINO 3 y con dos boyas de la National Data Bouy Center. Los resultados obtenidos demuestran que, en determinadas latitudes, dicha distribución estadística no es representativa de la velocidad del viento.

También, se ha realizado un estudio de las turbulencias del viento en mar abierto a distintas alturas de la capa superficial, considerando la estratificación atmosférica. Confirmándose, en todos los años, que las curvas de la intensidad de turbulencia en función de la velocidad del viento se mantienen por debajo de la curva de la clase C, de baja turbulencia, del modelo de turbulencia normal de la norma IEC 61400-3.

Por último, otra línea de investigación desarrollada es la optimización de la implantación de parques eólicos marinos para configuraciones geométricas con alineaciones de aerogeneradores equidistantes, basada en la mayor extracción de la energía del viento debido a la menor interacción de sus estelas. El caso de estudio presentado se ha realizado con los datos de la boya de Gran Canaria, perteneciente a la red de boyas de aguas profundas (REDEX) de Puertos del Estado, del Ministerio de Fomento del Gobierno de España.

Resumen en **Inglés** que será usado para la base de datos del Ministerio TESEO (máx. 4000 caracteres)

Depletion of primary fossil energy sources, greenhouse gas emissions and the need for sustainable energy consumption make it necessary to change the energy model, with the preferential use of renewable energies, major due to they are essentially clean, indigenous and inexhaustible on a human scale, in addition to allowing a sustainable development of all the countries of our planet.

Currently, wind energy, produced in wind farms connected to the electricity grid, is the second largest source of renewable energy worldwide, with an installed power of 591.5 GW at the end of 2018, with a large projection of the future in the energy context.

In particular, the offshore wind industry, with an installed capacity of 23.1 GW, divided into more than 100 wind farms in operation, it is based on the experience of the land wind industry, as well as on the codes and standards of gas installations and oil companies in the sea. However, there are still barriers to overcome, such as estimating the energy produced by wind turbines in the open sea considering the boundary conditions, which would allow a more complete study of the viability of offshore wind farms.

The identification of wind potential in a marine site is essential for a large-scale project to be carried out. The uncertainty in the determination of energy production can be minimized by using expressions that identify the marine atmospheric boundary layer, such as the equation of the profile of the wind speed with the height of the similarity theory, applicable to the atmospheric surface layer.

In this line, a study method is developed to determine the annual energy production of a wind turbine in the open sea, which takes into account the continuous variations of the atmospheric stability and the roughness of the sea surface. The input data of the method proposed and for the validation of the results are extracted from the German research platform FINO 3. The objective is to extend this method to the usual form of measurements for an energy feasibility study, that is, when they are carried out with measurement masts, where the meteorological data are obtained at levels much lower than those of a wind turbine hub.

On the other hand, the campaign of measurements can be reduced in the research phase of a wind farm, when a statistical distribution adequately describes the variation of the wind speed of the study area, and it is usual that, in locations with moderate to strong winds, can be represented by the probability distribution of Weibull, although it is not described as a general function. For this reason, a statistical study of the wind applied to offshore sites is carried out, with data from the FINO 3 research platform and with two buoys from the National Data Bouy Center. The results obtained show that, in certain latitudes, this statistical distribution is not representative of the wind speed.

Also, a study of wind turbulence in the open sea at different heights of the surface layer has been made, considering atmospheric stratification. Confirming, in all years, that the curves of the turbulence intensity, as a function of the wind speed, are kept below the curve of the class C, of low turbulence, of the normal turbulence model of the IEC 61400-3 standard.

Finally, another line of research developed is the optimization of the implementation of offshore wind farms for geometric configurations with alignments of equidistant wind turbines, based on the greater extraction of wind energy due to the lower interaction of its wake. The case study presented is obtained with data from the Gran Canaria buoy, belonging to the network of deepwater buoys (REDEX) of Puertos del Estado, of the Ministerio de Fomento of the Government of Spain.



Universidad de Huelva

Palabras claves en **castellano** que deben coincidir con las enviadas a la base de datos TESEO (máx. 5 descriptores o palabras claves, separadas por coma)
energía eólica, estabilidad atmosférica, teoría de semejanza, estelas, parques eólicos marinos

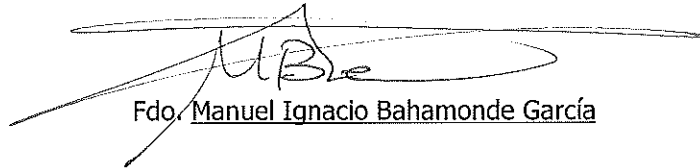
Palabras claves en **inglés** que deben coincidir con las enviadas a la base de datos TESEO (máx. 5 descriptores o palabras claves, separadas por coma)
wind energy, atmospheric stability, similarity theory, wakes, offshore wind farms

Materias UNESCO (seleccione, picando en [+], alguno de los campos, disciplinas o subdisciplinas que aparecen en la siguiente url: <http://rabida.uhu.es/dspace/page/unesco>)
3300 Ciencias Tecnológicas
3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas
3322 Tecnología Energética

¿TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES? **NO** (tachar lo que no proceda)

Algunas publicaciones, por respeto a los posibles conflictos de propiedad intelectual relativos a su difusión, serán sustituidas por referencia, resumen y DOI o enlace al artículo.

En Huelva, 17 de Junio de 2019
Firma del interesado



Fdo. Manuel Ignacio Bahamonde García