

CONEM2024-0271

ESTIMATIVO DEL POTENCIAL EÓLICO OFFSHORE DE LAS ÁREAS H03 Y H04 DEL TERRITORIO URUGUAYO

María Eugenia Fedele, maria.fedele@estudiantes.utec.edu.uy^(1, 2)
Franco Rodríguez, franco.rodriguez@estudiantes.utec.edu.uy^(1, 2)
Everton de Almeida, everton.dealmeida@utec.edu.uy^(1, 2)
Franciele Weschenfelder, franciele.weschenfelder@utec.edu.uy^(1, 2)

¹Grupo de Investigación de Eólica Marina, UTEC

²Universidad Tecnológica del Uruguay, UTEC

©Los autores son los únicos responsables del contenido de este trabajo.

Resumen: Uruguay ha culminado su primera etapa en cuanto a transición energética y ha alcanzado a descarbonizar su matriz de energía eléctrica gracias a la utilización de fuentes renovables de energía. El siguiente desafío tiene foco en transitar hacia una segunda etapa, que pretende tener soporte en tres pilares, la eficiencia energética, la movilidad eléctrica y la electrificación de la demanda en general, Uruguay XXI (2023). Con la finalidad de posicionar al país como piloto mundialmente en la generación de hidrógeno verde, la empresa estatal ANCAP y el Ministerio de Industria, Energía y Minería anunciaron la ruta a seguir en esta segunda transición, Ministerio de Industria, Energía y Minería (2023). Se presenta inicialmente, un interés esencial en el aprovechamiento del territorio nacional marítimo para la instalación de parques eólicos marinos. Para ello, se comprende como fundamental el estudio del potencial de instalación que podrían tener las costas uruguayas, con este objetivo se presenta este proyecto con un acercamiento de carácter teórico-técnico a la posible producción de energía en el mar. Con el objetivo de analizar el potencial offshore de las costas uruguayas, se realiza mediante la utilización del Software WindPRO, datos meteorológicos provenientes de ERA 5 y datos de profundidad de Global Bathymetry, el potencial diseño de dos parques eólicos en ubicaciones determinadas por ANCAP (H03 y H04), en su afán de cooperar en el direccionamiento del país en esta nueva etapa. Con un enfoque meramente técnico, se pretende sacar el mayor provecho posible al recurso energético que ofrecen las costas del territorio nacional. Empleando 100 aerogeneradores Enercon E-160 EP5 E3 R1 5560, con una potencia instalada de 556 MW en cada una de las áreas, se obtiene una producción de 2425,3 GWh/año para H03 y 2435,2 GWh/año para H04, con pérdidas por efecto estela que no superan el 1,1 %. Se destaca la relevancia que presenta el buen aprovechamiento del espacio geográfico entre aerogeneradores que se encuentran en una zona caracterizada por presentar un potencial eólico de calidad, en cuanto a velocidad y turbulencia.

Palabras clave: potencial eólico, matriz energética, eólica offshore, hidrógeno verde.

1. INTRODUCCIÓN

En base a estudios realizados sobre rutas migratorias, habilitaciones y rutas marítimas, zonas de área protegida, zonas de interés cultural y social, ANCAP estableció cuatro áreas de proyección para la eólica marina, con el fin de utilizar la energía generada y así desarrollar la ruta de hidrógeno verde en el país ((Ministerio de Industria, Energía y Minería, MIEM, 2023)).

Para ese análisis no se ha considerado el real potencial del recurso eólico. Es por eso que, con la finalidad de dimensionar adecuadamente las características del sitio, se realiza este estudio enfocado en dos de las áreas seleccionadas, la H03 y la H04, indicadas en la Figura 1. Paralelamente, se da el desarrollo de un mapa del recurso en un grupo específico de investigación sobre energía offshore, formado por estudiantes de Ingeniería en Energías Renovables en la Universidad Tecnológica del Uruguay (UTEC).

En el presente documento, se caracterizan las áreas marítimas seleccionadas y se calculan datos estimados de las diferentes propiedades, como son la topografía, profundidad, estadísticas del viento, potencial energético, entre otras particularidades.

En la Figura 1 se presentan las áreas objetivo de estudio.

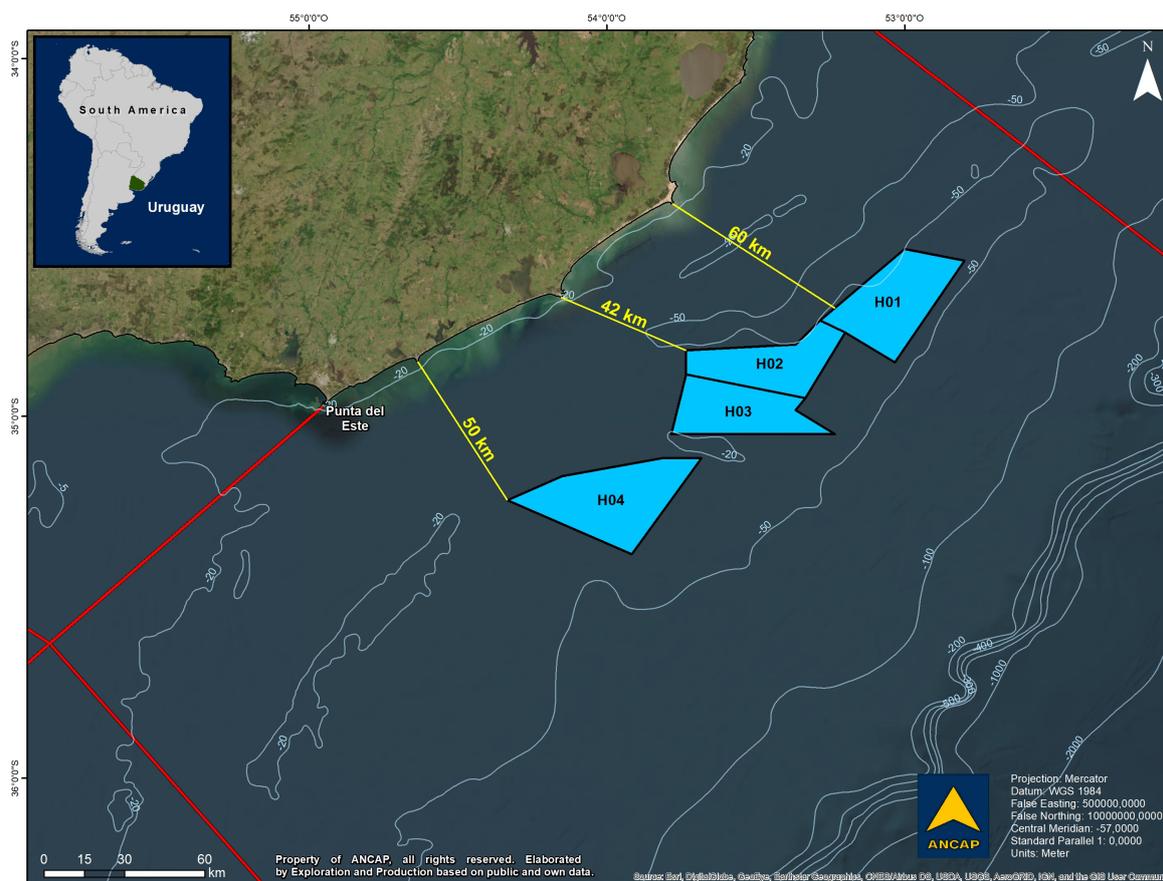


Figura 1: Delimitaciones de áreas por ANCAP.

Para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, IRENA en 2019 ya prevé la instalación de al menos 228 GW de energía eólica marina en el mundo (Tilca *et al.* (2019)). Países modelos en sus proyectos de rutas de instalación offshore, como es el caso de España, disponen de grandes esfuerzos para cumplir con las visiones, con el aporte de entre 40 y 60 GW instalados para el 2030 (de España, 2021). Para esto inicialmente se está tratando todo el marco normativo y regulatorio, principalmente de las nociones ambientales.

Este tipo de experiencias relacionadas a regulaciones en cuanto a normas, así como de tipo ambientales, podrían implicar una base a considerar por Uruguay a la hora de iniciar proyectos de este tipo.

2. MARCO TEÓRICO

Con el fin de darle un mayor contexto a esta investigación, es importante explicar el interés de la empresa estatal ANCAP en la eólica marina y su cometido en Uruguay. Primeramente, ANCAP corresponde a la Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Portland, un Ente Industrial del Estado uruguayo creado por la Ley N°8764 en 1931. Recientemente, en ANCAP (2022) actualizó su misión y visión para la transición energética a largo plazo en el país con el objetivo de seguir siendo el proveedor de energía y combustibles de forma accesible, segura y más sostenible.

Con esa visión, la reducción del consumo de combustibles fósiles para alcanzar la meta de emisiones neutrales de carbono es inevitable, por lo que empresas como ANCAP se vieron forzadas a realizar planes de transición para no quedarse fuera del mercado energético. Es así que, impulsado por el interés global, se reúnen diferentes órganos del Estado Uruguayo como el Ministerio de Industria, Energía y Minería, la Unidad Reguladora de Saneamiento, Energía y Agua (URSEA), el Ministerio de Ambiente, ANCAP, la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE), entre muchos otros para definir la Ruta de Hidrógeno Verde y derivados del país, (Ministerio de Industria, Energía y Minería (2023)). Se considera clave su generación por su versatilidad, con aplicaciones para los diferentes medios de transporte como para uso industrial.

Por otro lado, considerando a Uruguay como un país que cuenta con más 90% de su matriz energética de fuentes renovables, esta transición sería la segunda a llevarse a cabo, por lo que es fundamental tomar como referencia las experiencias previas en el área. Desde el 2005 se establecieron políticas energéticas multipartidarias en el país, con objetivos a corto, mediano y largo plazo hasta el 2030, desmotrado en el acuerdo multipartidario Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) (2005). Cumpliendo con los lineamientos predispuestos allí fue como se logró la situación actual, siendo en años de precipitaciones tradicionales la demanda cubierta por un 45% de energía hidroeléctrica, 32% de eólica onshore, 17% de biomasa y 3% de solar.

Según lo establecido en las diferentes fases de la Ruta de Hidrógeno Verde, la primera fase se desarrollará hasta el 2025 e incluye el estudio del potencial de la eólica offshore para la producción eléctrica necesaria para la electrolisis en el proceso del hidrógeno. Es en esta etapa donde se ve como fundamental la investigación y fomentarla entre grupos de formación de profesionales en el área, como estudiantes en Ingeniería de Energías Renovables. En este punto es donde ANCAP se vincula con la Universidad Tecnológica de Uruguay (UTEU), y se forma el Grupo de Investigación de Eólica Marina, liderado por los profesores Franciele Weschenfelder y Everton de Almeida y conformado por 14 estudiantes entre los cuales están los autores de este artículo, con un vínculo directo a través del Ing.Mg. Pablo Gristo en Gristo (2023).

Se estimó gubernamentalmente que el potencial eólico offshore en Uruguay es de 275 GW, en contraposición con un máximo de 50 GW disponibles para instalar onshore (Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2023). La industria del offshore tiene un escenario ideal siendo la única actividad energética en aprovechar la plataforma marítima uruguaya. La disponibilidad en superficie, de mano de obra capaz de capacitarse, de experiencia en el área entre otras cosas, hizo que sea altamente positivo el interés de empresas privadas internacionales en apostar por Uruguay para el desarrollo de la eólica y el hidrógeno verde offshore. Cabe destacar que ANCAP cuenta con numerosos estudios previos sobre las áreas, realizados previamente en búsqueda de petróleo, esto permite tener información real sobre las condiciones del suelo marítimo, fauna y flora de la región.

Con datos base proporcionados por la empresa estatal y aplicando los conocimientos adquiridos en la carrera, se logró iniciar a levantar el potenciamiento de la energía eólica offshore en el grupo de investigación. Paralelamente, una vez dadas las áreas delimitadas de interés, se propuso realizar la estimación de parques eólicos con las herramientas del software Windpro y diferentes fuentes de datos. Respetando las condiciones previamente dadas por el deal de producción de ANCAP, donde se tiene como ambición parques compuestos por 100 aerogeneradores en áreas de $674,79 \text{ km}^2$ para la H03 y $888,02 \text{ km}^2$ para la H04

Entre los datos adquiribles para realizar las estimaciones, para las características in situ se toma como referencia datos de ERA5. Es un modelo de reanálisis que almacena datos con observaciones a nivel global teniendo como base las leyes de la física, desarrollado por el ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Agency (s/f)). Permite obtener estimaciones horarias para superficie terrestre, oceánica y cantidades atmosféricas. Es utilizado debido a su precisión y calidad de datos.

3. DESARROLLO METODOLÓGICO

Para el análisis y diseño de los parques eólicos se utilizó el software WindPRO. La metodología implementada fue la misma para ambos parques. Para delimitar las zonas de interés se definieron dos áreas de estudio: H03 (50 x 30 km) y H04 (100 x 100 km). Se entiende necesario mencionar que las mismas, son áreas definidas por el ente estatal ANCAP. Para estas, se obtuvieron datos meteorológicos de ERA 5 (Hersbach *et al.*, 2023) y se crearon capas de topografía, rugosidad y profundidad (U.S. Geological Survey, s/f), (General Bathymetric Chart of the Oceans, 2022) y (Home —, 2023)). Para el análisis del recurso se generaron estadísticas de viento con WasP y se creó un mapa de recurso energético en el que no se consideró la rugosidad, debido a que se entiende que es despreciable. Posteriormente se procede a seleccionar un tipo de aerogenerador. Windpro provee un amplio catálogo de equipos provenientes de distintas compañías. Para este trabajo se hace la elección de un modelo con una potencia nominal mayor a 5 MW, de la empresa alemana Enercon, el modelo E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0 ((Bauer, s/f)) como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1: Modelo de Aerogenerador a evaluar.

Aerogenerador	Potencia Nominal (MW)	Altura del Buje (m)
Modelo 00 Enercon E-160 EP5 E3 R1 5560 160.0	5.560	160

Tras elegir el modelo, se realizó la disposición espacial de las unidades generadoras. Para ello, se estableció un área de desarrollo dentro de cada zona, en la que se dispusieron 100 aerogeneradores para el área H03 y 98 para el área H04 (550-560 MW por sector). Se excluyeron aquellas áreas que presentaron una profundidad mayor a 50 metros, debido a que las mismas implicarían la instalación de turbinas con subestructura de tipo flotante. La ubicación de los aerogeneradores se optimizó con el módulo Optimización de WindPRO. Teniendo en cuenta las estadísticas de viento y la disposición optimizada de los aerogeneradores, se realizó el cálculo energético anual mediante la utilización del módulo PARK. Tras obtener dichos resultados, se evaluaron las pérdidas por efecto estela, disponibilidad técnica, rendimiento de turbinas, temperaturas extremas e histéresis del viento. También se consideraron las incertidumbres por medición del recurso, variabilidad interanual y corrección a largo plazo.

No se realizó un análisis medioambiental debido a la falta de normativa en Uruguay. Pero cabe destacar que dentro de las consideraciones que tomo ANCAP para delimitar

4. RESULTADOS

Para presentar los resultados se cree necesario realizar una comparación de las características de ambos parques, obtenidas tras aplicar la metodología descrita en la sección 3.

En primer lugar, se analizan los datos obtenidos del recurso eólico a nivel de las áreas. Se observa que para ambas, la Distribución de Weibull y Rosa de Frecuencia (Figura 2 y 3) son similares y no presentan diferencias relevantes. Estas

características de la zona permiten ajustar la curva de potencia y así realizar una correcta elección en cuanto al modelo de aerogenerador a utilizar.

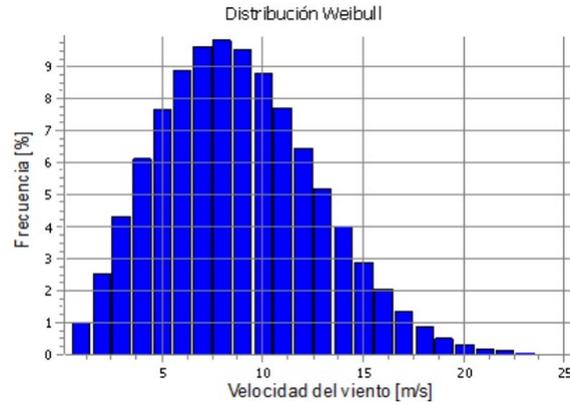


Figura 2: **Distribución de Weibull.**

Sobre los resultados de la frecuencia del viento (Figura 3), se considera para la disposición de los parques la recomendación de direccionar los aerogeneradores hacia el noroeste, con la finalidad de así obtener el mayor rendimiento posible.

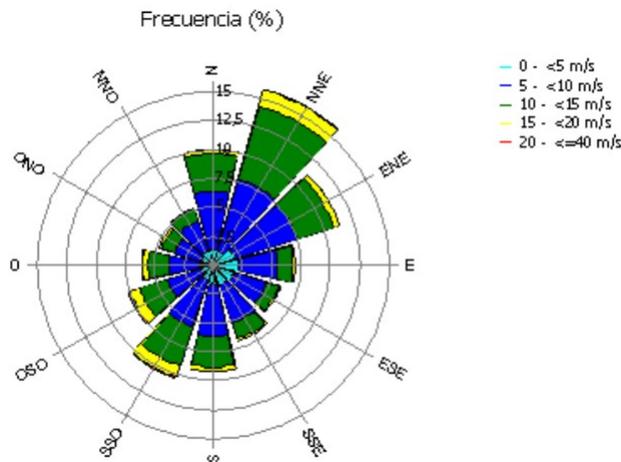


Figura 3: **Rosa de Frecuencia del Viento.**

Tabela 2: **Velocidades de viento de cada área.**

Sector	Velocidad del viento (m/s) H03	Velocidad del viento (m/s) H04
ON	8,91	8,82
1 NNE	10,17	10,19
2 ENE	8,58	8,16
3 E	7,24	7,24
4 ESE	7,13	7,12
5 SSE	7,42	7,53
6 S	8,38	8,48
7 SSO	9,72	9,79
8 OSO	10,08	9,90
9 O	8,98	9,05
10 ONO	7,72	8,10
11 NNO	7,64	7,56
Todo	8,77	8,78

Para hacer una comparación más exhaustiva de las propiedades de cada área, se adjuntan en la Tabla 2 las velocidades de viento promedio por sector. Tras una lectura de la misma se reafirma que la incidencia de los vientos más frecuentes se da desde el Noreste, aunque también se cree considerable la intensidad de los vientos provenientes desde la dirección Suroeste.

En cuanto a la curva de potencia del aerogenerador elegido (Figura 4), se observó que en velocidades de 6 m/s, los aerogeneradores alcanzan potencias mayores a 1 MW. Con vientos de 14 m/s, los mismos alcanzan su potencia nominal de 5,56 MW. Estas propiedades lo hacen adecuado para el potenciamiento en las condiciones de los parques en estos sectores, ya que según los cálculos realizados y observado con anterioridad, las corrientes de viento en los sitios promedian en 18 m/s

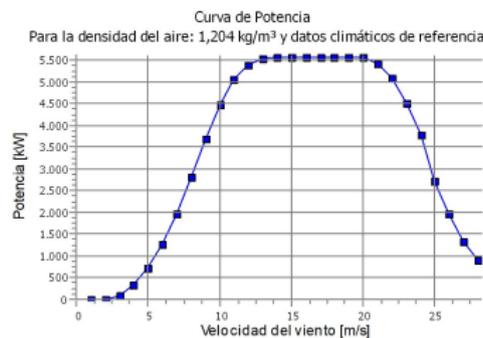


Figura 4: **Curva de potencia para el modelo de AG.**

Teniendo estos aspectos en consideración y toda la caracterización previa, el software realiza la disposición de las turbinas eólicas que considera más óptima para cada área, dando como resultados las Figuras 5 y 6. En estas imágenes se puede visualizar una posible ubicación de los AGs en las áreas objetivo de estudio, en el territorio marítimo uruguayo.

El primer resultado más notorio es que en ambos parques se compondrían por 100 aerogeneradores E-160 EP5 E3 R1 5560 como fue planteado en la idealización de la empresa estatal ANCAP, considerando así una potencia instalada total de 556 MW en cada parque. Proyectando la potencia instalada de ambos, se prevén 1112 MW posibles en estas áreas. Con la previa condición de un distanciamiento de tres veces el diámetro del rotor entre cada turbina, se logra mitigar el efecto estela de manera extraordinaria. Obteniéndose pérdidas del 1% en el caso del parque del área H03, y del 1,1% en el área H04. Con pérdidas e incertidumbres considerablemente bajas, de 6,3% aproximadamente, la energía calculada prevista en los parques llega a valores considerables.

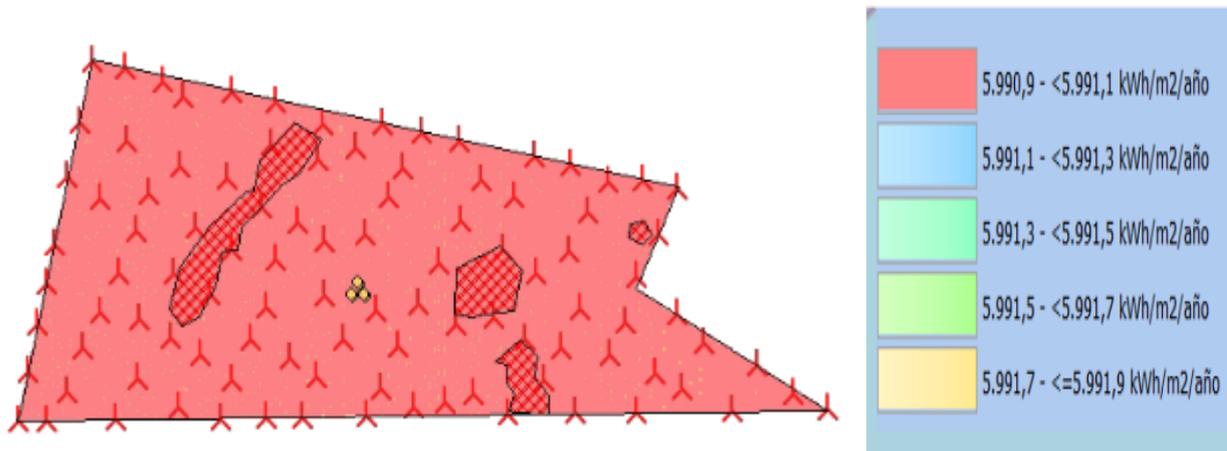


Figura 5: Mapa del recurso energético y disposición del parque offshore H03

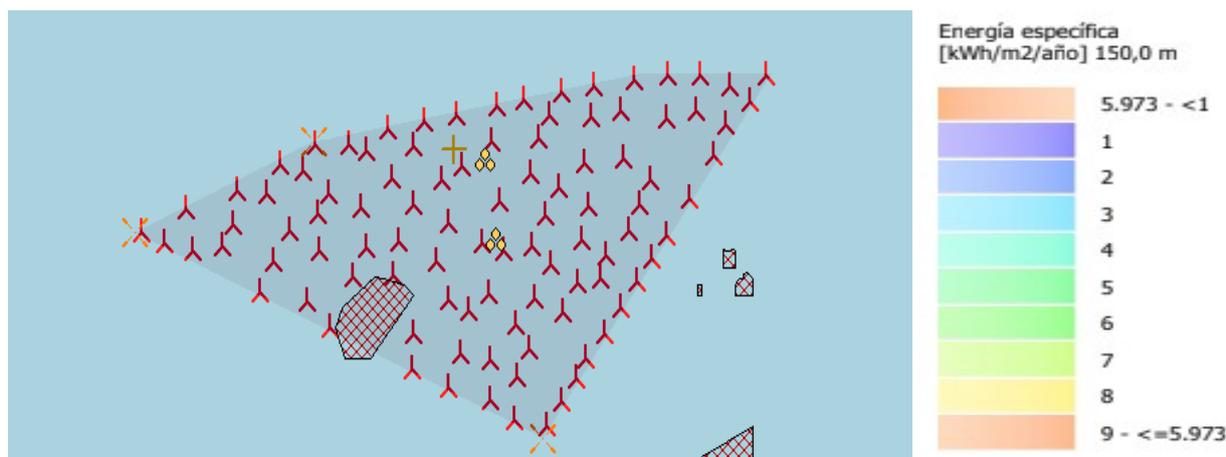


Figura 6: Mapa del recurso energético y disposición del parque offshore H04

En la Tabla 3 se indica el P50 de las respectivas áreas. Durante la vida útil de cada parque, y en condiciones de velocidades de viento y operación normales, la producción media en cada en el H03 es de 2694,8 GWh/año y en el H04 de 2652,0 GWh/año. Este indicador muestra que hay al menos un 50% de probabilidades de que las áreas produzcan la cantidad de energía indicada. La diferencia entre ambas se relacionada principalmente con el factor de que la H04 cuenta con dos aerogeneradores menos que la H03.

Tabela 3: Producción media de los parques H03 y H04.

	P(%)	1 Año [GWh/a]
H03	50	2694,8
H04	50	2652,0

El factor de planta, un indicador que demuestra el cociente entre la energía producida y lo que podría producir, ronda el 50% en el H03 y el 55% en la H04, indicativo de una acertada elección en cuanto a la ubicación de cada área, así como de los aerogeneradores utilizados para las mismas. La producción de energía anual por aerogenerador promedia los 24,25 GWh/año en la central de H03 y 23,87 GWh/año en la H04. Por último, la energía en bruto de cada parque constituye 2724,5 GWh/año para el parque en el sector H03 y 2677,7 GWh/año para el área del H04.

Se cree necesario aclarar las limitaciones del presente estudio. ERA 5 proporciona datos provenientes de diferentes puntos o coordenadas terrestres. Por ello, para cada una de las áreas se extrajeron datos que pueden presentar ciertas discrepancias entre si, debido a que pertenecen a diferentes fuentes dentro del propio software. Otra limitación surgida refiere a la falta de información proporcionada por el fabricante de los aerogeneradores. Es por ello que se omiten pérdidas vinculadas a la disponibilidad real de las turbinas, así como aquellas relacionadas a la transmisión de energía desde el lugar de producción hasta las subestaciones de transformación.

Finalmente, se obtiene como resultado final la disposición de los parques offshore con todos los indicadores visuales que permitió destacar Windpro. Esto se logra observar en las Figuras 7 a 8.

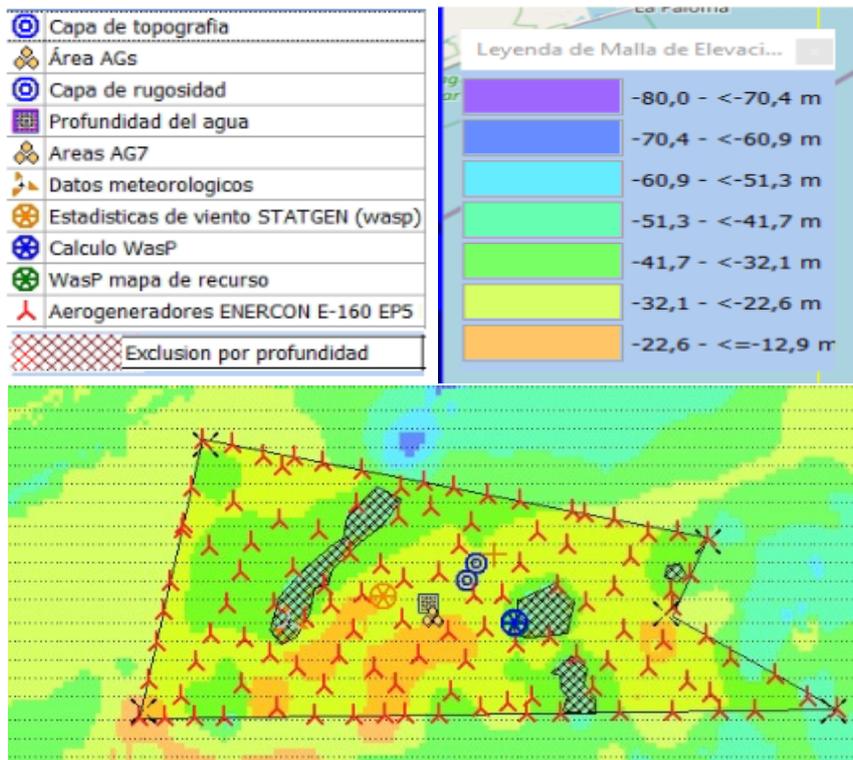


Figura 7: Parque eólico offshore H03: Leyenda de objetos del mapa, profundidades y vista del parque

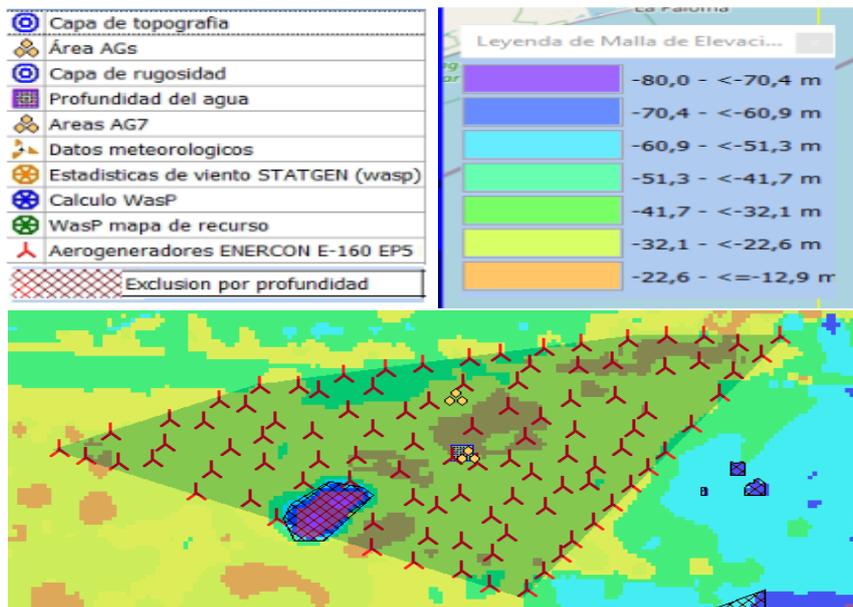


Figura 8: Parque eólico offshore H04

5. CONCLUSIONES

Las respectivas áreas, H03 y H04, dieron como resultado un óptimo aprovechamiento del recurso eólico offshore. La instalación de aerogeneradores con potencia nominal mayor a 5 MW, así como la disposición espacial en la que cada aerogenerador fue ubicado, se traduce en la posibilidad de generar una energía anual de más de 2435 GWh/año en cada una de las áreas. Analizando los resultados obtenidos, se traza la confiabilidad de los procesos realizados, con diferencias acotadas entre cada una de las áreas de estudio. Con el trabajo realizado se proponen dos alternativas posibles para el futuro en la industria offshore en Uruguay para el hidrógeno verde. Con una óptima manipulación de los datos obtenidos y una buena gestión, se visualizan en proyectos como este escenarios ideales para un futuro con huella de carbono cero, y una gran industria en la que invertir en el país.

6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los docentes Franciele Weschenfelder y Everton de Almeida por su constante disponibilidad y valioso aporte al proceso de elaboración de este artículo.

7. REFERÊNCIAS

- Agency, E.E., s/f. “Copernicus land cover”. Copernicus.eu. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de <https://land.copernicus.eu/global/products/lc>.
- ANCAP, 2022. “Memoria 2022”. Recuperado el 20 de marzo de 2024, de <https://www.ancap.com.uy/innovaportal/file/17118/1/memoria-2022-esp.pdf>. [PDF].
- Bauer, L., s/f. “Enercon E-160 EP5 E3”. Wind-turbine-models.com. URL <https://es.wind-turbine-models.com/turbines/2309-enercon-e-160-ep5-e3>. Recuperado el 23 de noviembre de 2023.
- de España, G., 2021. “Desarrollo eólica marina y energías”. Recuperado el 23 de noviembre de 2023. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ministerio/planes-estrategias/desarrollo-eolica-marina-energias/eshreolicamarina-pdfaccesiblev5_tcm30-534163.pdf.
- General Bathymetric Chart of the Oceans, 2022. “Gebco_2022 grid”. GEBCO. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/gebco_2022/.
- Gristo, M.P., 2023. “Potencial de eólica marina en uruguay para la producción de hidrógeno”. In *IV Jornada Académica de Ingeniería de Energías Renovables UTEC*. Gerencia de Transición Energética, Durazno.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D. and Thépaut, J.N., 2023. “ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present”. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). doi:10.24381/cds.adbb2d47. Accessed on 20/03/2024.
- Home —, 2023. “Seabed 2030”. Recuperado de <https://seabed2030.org/>.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería, 2023. “Hoja de ruta del hidrógeno verde en uruguay”. <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/hoja-ruta-hidrogeno-verde-uruguay-0>.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), 2005. “Política energética 2005-2030”. Recuperado el 18 de marzo de 2024. <https://www.eficienciaenergetica.gub.uy/documents/20182/22528/Pol>
- Ministerio de Industria, Energía y Minería, MIEM, 2023. “Hoja de ruta del hidrógeno verde y derivados en uruguay”. Technical report, Ministerio de Industria, Energía y Minería, Uruguay. Recuperado de https://example.com/path/to/H2_final_0.pdf.
- Tilca, F., Francisco, J. and Malvasio, M., 2019. “Valor actual y previsión a futuro del coste total, LCOE e inversión anual media de los proyectos de eólica marina. Fuente: Future of Wind. Deployment, investment, Technology, grid integration and socio-economic aspects. IRENA 2019”. IRENA.
- Uruguay XXI, 2023. “Energías renovables en uruguay”. Recuperado el 19 de marzo de 2024. URL <https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/79870b5679e4f9634944f6b8daca8ee6c3d45df.pdf>.
- U.S. Geological Survey, s/f. “USGS EROS archive - digital elevation - shuttle radar topography mission (SRTM) 1 arc-second global”. Usgs.gov. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1>.

8. Término de Responsabilidad del Autor

©Los autores son los únicos responsables del contenido de este trabajo.

ESTIMATED OFFSHORE WIND POTENTIAL OF AREAS H03 AND H04 IN URUGUAYAN TERRITORY

María Eugenia Fedele, maria.fedele@estudiantes.utec.edu.uy^(1, 2)

Franco Rodríguez, franco.rodriguez@estudiantes.utec.edu.uy^(1, 2)

Everton de Almeida, everton.dealmeida@utec.edu.uy^(1, 2)

Franciele Weschenfelder, franciele.weschenfelder@utec.edu.uy^(1, 2)

¹Grupo de Investigación de Eólica Marina, UTEC

²Universidad Tecnológica del Uruguay, UTEC

© The authors are solely responsible for the content of this work.

Abstract: Uruguay has completed its first stage in terms of energy transition and has managed to decarbonize its electric energy matrix thanks to the use of renewable energy sources. The next challenge is focused on moving towards a second stage, which aims to have support in three pillars, energy efficiency, electric mobility and electrification of demand in general, and in turn, to encourage the development of the national economy, taking into account that the country could be positioned as a potential candidate exporter of green hydrogen and its derivatives. In order to position the country as a world pilot in the generation of green hydrogen, the state company ANCAP and the Ministry of Industry, Energy and Mining announced the route to follow in this second transition. Initially, there is an essential interest in the use of the national maritime territory for the installation of offshore wind farms. For this purpose, the study of the installation potential of the Uruguayan coasts is considered fundamental, with the aim of presenting a theoretical-technical approach to the possible production of energy at sea. Analyzing the offshore potential of the Uruguayan coasts through the use of WindPRO software, meteorological data from ERA 5 and depth data from Global Bathymetry, the potential design of two wind farms in locations determined by ANCAP (H03 and H04) is presented, in its eagerness to cooperate in the direction of the country in this new stage. With a purely technical approach, the aim is to make the most of the energy resource offered by the coasts of the national territory. Using 100 Enercon E-160 EP5 E3 R1 5560 wind turbines, with an installed power of 556 MW in each of the areas, a production of 2425.3 GWh/year for H03 and 2435.2 GWh/year for H04 is obtained, with wake effect losses that do not exceed 1.1. The relevance of the good use of the geographical space between wind turbines located in an area characterized by a high quality wind potential, in terms of speed and turbulence, is highlighted.

Keywords: wind potential, energy matrix, offshore wind, green hydrogen.