

DISEÑO PRELIMINAR DE UN PARQUE EÓLICO PARA LA ZONA ESPECIAL DE DESARROLLO MARIEL (ZEDM)

Por Dr. **Conrado Moreno Figueredo***, Dr. **José. A. Medrano Hernández**** ,
Lic. **Efrén Hernández Fernández*****, Lic. **Orquídea López González******

Centro de Estudio de Tecnologías de Energéticas Renovables, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae) La Habana, Cuba.

* <https://orcid.org/0000-0001-8986-3205>

E-mail: conrado@mecanica.cujae.edu.cu, conradomor2014@gmail.com

** <https://orcid.org/0000-0002-2404-3748>

E-mail: jmedrano@mecanica.cujae.edu.cu

*** <https://orcid.org/0009-0008-0005-9922>

E-mail: efren19980706hf@gmail.com

**** <https://orcid.org/0000-0003-3795-3166>

E-mail: orquidea@mecanica.cujae.edu.cu

Resumen

En todo el mundo se están cambiando las estrategias sobre el uso de combustibles fósiles y con ello, dando pasos firmes para el empleo de las energías renovables en la producción de electricidad. Cuba no está fuera de este panorama, por consiguiente, se están desarrollando algunos proyectos en ese sentido. El objetivo general de este estudio fue evaluar el potencial eólico en la Zona Especial de Desarrollo Mariel (ZEDM), seleccionar los aerogeneradores y proponer una disposición o configuración de un parque eólico para dicha zona, con el fin de favorecer la demanda eléctrica de este lugar y así, apoyar en la economía del país. Para cumplir dicho objetivo, fue necesario delimitar algunos conceptos sobre la temática en cuestión como parte del marco teórico de la investigación, tales como: energía eólica, procedencia, aprovechamiento y aplicaciones tanto a nivel internacional como en Cuba. En cuanto a la metodología, se emplearon diversos métodos para la estimación del potencial eólico de la zona de estudio. Una vez realizada esa estimación del recurso eólico en dicha zona, la siguiente etapa incluyó, la selección de los aerogeneradores a emplear donde se preseleccionaron cinco aerogeneradores como posibles candidatos para ser instalados en el emplazamiento. Por fin, se realizó un análisis económico preliminar determinando cuál de las propuestas presentadas es la propuesta más factible para la implantación de un parque eólico en ZEDM. De las comparaciones entre los cinco parques preseleccionados, se comprobó que el AEP y factor de capacidad máximos los conseguía el parque eólico conformado por aerogeneradores GW 109-2500, pero, el mejor rendimiento económico según los valores alcanzados por otros indicadores se produjo en el parque eólico compuesto por aerogeneradores E 82-2300, logrando así un parque eólico compuesto por cinco aerogeneradores Enercon E 82-2300 con un tiempo de recuperación de la inversión de seis años.

Palabras clave: energías renovables, potencial eólico, parque eólico, análisis económico.

PRELIMINARY DESIGN OF A WIND FARM FOR THE MARIEL SPECIAL DEVELOPMENT ZONE (ZEDM)

Abstract

Throughout the world, strategies on the use of fossil fuels are changing and with that, taking firm steps towards the use of renewable energies in the production of electricity. Cuba is not out of this panorama, therefore, some projects are being developed in this sense. The general objective of this study was to evaluate the wind potential in the Mariel Special Development Zone (ZEDM), select the wind turbines and propose a layout or configuration of a wind farm for this zone, in order to favor the electricity demand of this place and thus, support the country's economy. In order to fulfill this objective, it was necessary to delimit some concepts on the subject in question as part of the theoretical framework of the research, such as: wind energy, origin, use and applications both at international level and in Cuba. Regarding the methodology, several methods were used to estimate the wind potential of the study area. Once the estimation of the wind resource in the area was done, the next stage included the selection of the wind turbines to be used, where five wind turbines were pre-selected as possible candidates to be installed at the site. Finally, a preliminary economic analysis was carried out to determine which of the proposals presented was the most feasible proposal for the implementation of a wind farm in the ZEDM. From the comparisons between the five pre-selected wind farms, it was found that the maximum AEP and capacity factor were achieved by the wind farm composed of GW 109-2500 wind turbines, but the best economic performance according to the values reached by other indicators was achieved by the wind farm composed of E 82-2300 wind turbines, thus achieving a wind farm composed of five Enercon E 82-2300 wind turbines with an investment recovery time of 6 years.

Keywords: Renewable energy, wind potential, wind farm, economic analysis.

I. Introducción

La política energética cubana referida a la electricidad está dirigida a asegurar el suficiente suministro de esta energía acorde con el desarrollo energético esperado. La producción de energía eléctrica en Cuba depende mayoritariamente de combustibles fósiles, por lo cual, es de prioridad nacional, mejorar la eficiencia energética, maximizar la generación con el gas acompañante de petróleo nacional e incrementar la generación con fuentes renovables. Por otro lado, potenciar la eficiencia, el ahorro, el desarrollo energético sostenible y las fuentes renovables de energías están enmarcadas como segunda prioridad nacional en las áreas temáticas para el país. Como estrategias en este sentido, se han desarrollado grandes proyectos utilizando las energías renovables, como la energía eólica en parques de gran potencia algunos de estos ubicados en el oriente del país (Gibara I y II, y los parques eólicos en actual proceso de Herradura I y II) y la energía solar utilizada para la generación de pequeña y gran potencia, según datos suministrado por un colectivo de autores que aparecen referenciados con el trabajo titulado *Procedimiento para el estudio de factibilidad técnica, económica y ambiental de parques eólicos* (Ojeda Pardo, 2021)

Como es bien sabido, la generación de energía eólica aumenta día a día, por lo que es de gran utilidad contar con una metodología rápida y precisa para diseñar un sistema eólico enfocado a suministrar electricidad. Precisamente este trabajo trata de la aplicación de una metodología para

diseñar este tipo de sistema de energía eólica a un caso de estudio: la Zona Especial de Desarrollo Mariel, en la provincia de Artemisa, Cuba.

Esta metodología está dirigida a evaluar y seleccionar el sitio más adecuado en la ZEDM para instalar un parque eólico que proporcione la máxima Producción Anual de Energía (PAE) y realizar un análisis financiero encaminado a determinar la rentabilidad del proyecto.

II. Materiales y métodos

En esta sección se presenta primero el paso inicial para la solución del problema planteado, es decir, la selección del sitio y luego la metodología aplicada para lograr el objetivo propuesto.

Selección del sitio del sistema de viento

Un paso importante y decisivo para aplicar la metodología es la identificación de las posibles ubicaciones para la instalación de los aerogeneradores. Para ello, es necesario tener en cuenta el recurso eólico un aspecto principal para identificar la correcta ubicación del aerogenerador.

Recurso Eólico

Uno de los aspectos más importantes a la hora de ubicar aerogeneradores es el recurso eólico disponible. La potencia de salida de la turbina eólica depende del cubo de la

velocidad del viento. Por lo tanto, es mejor ubicar las turbinas eólicas en áreas con altas velocidades medias del viento. Además, la velocidad del viento generalmente aumenta y la turbulencia disminuye al aumentar la altura sobre el suelo. Por lo tanto, las turbinas eólicas más altas generalmente producen más energía que las turbinas más cortas. La ubicación de las turbinas eólicas está subordinada a las características del recurso eólico, lo que incluye su disponibilidad, entre otros elementos. Por lo tanto, la producción de energía de un aerogenerador depende del rendimiento de la velocidad del viento, es decir, la mejor ubicación de los aerogeneradores es la mayor velocidad media del viento y la menor turbulencia (Figueredo, 2017).

Una propiedad importante del viento es el aumento de la velocidad del viento con la altura de la torre de la turbina eólica. En resumen, obtener información sobre el recurso eólico en el sitio seleccionado es un paso clave para el proceso de selección del sitio. Están disponibles dos fuentes habituales de recursos eólicos: mapas de recursos eólicos y mediciones de viento derivadas de campañas de medición de viento. El mapa de recursos eólicos es un buen punto de partida para identificar los sitios de un proyecto promisorio. La información presentada en los mapas de recursos eólicos es diferente. Por lo general, la mayoría de los mapas de viento indican la velocidad media estimada del viento a largo plazo y la densidad de potencia eólica media esperada en vatios por metro cuadrado de área de barrido del rotor. En Cuba los mapas de recursos eólicos están disponibles en el Instituto Meteorológico y aparecen referidos en Figueredo, 2017.

Los detalles sobre la evaluación del recurso eólico en el sitio seleccionado se encontrarán en la sección referente a la aplicada metodología.

Ubicación del sitio

El sitio de emplazamiento se ubica en la Zona Especial de Desarrollo Mariel, la cual se localiza al oeste de La Habana, a una distancia de 45 km de esta y con una extensión de $465,4 \text{ km}^2$. La zona cuenta con condiciones logísticas y ubicación muy favorables, especialmente a partir de la inversión realizada en el puerto de Mariel (Fig. 1).

El emplazamiento se caracteriza a nivel geográfico por las características siguientes:

- Presencia del Océano Atlántico al Norte, con entrada del mismo a través de la Bahía del Mariel.



Fig. 1. Ubicación del emplazamiento.

- Orografía suave con alturas máximas de 60 m y suaves pendientes en todas las direcciones, a excepción de los más próximos al mar.
- Tipo y altura de vegetación variable: desde vegetación de pequeña altura, arbustos de media altura y arbolado aislado de altura superior.

Metodología

En la actualidad existen diferentes metodologías de diseño de sistemas eólicos para la generación de energía eléctrica. Uno de ellos es la metodología aplicada para el diseño de este sistema de generación de energía propuesto en este proyecto, el cual está basado en tres pasos cruciales, e incluye un análisis financiero con los resultados correspondientes en el área de estudio. Las publicaciones de Moreno 2007, 2012, 2017 y Rodríguez 2021 explican los principios fundamentales para la aplicación del diseño de sistemas eólicos.

Basado en el análisis de lo descrito por los autores anteriormente citados se definieron los pasos siguientes para el presente estudio:

- Evaluación del recurso eólico. Evaluar y seleccionar un sitio apropiado para el sistema eólico conectado a la red con una condición de viento favorable.
- Estimación de energía. Conocer la compatibilidad de los futuros aerogeneradores que dan la máxima Producción Energética Anual (PAE).
- Análisis financiero. Evaluar la rentabilidad y los gastos de la energía eólica en el sitio seleccionado.

Evaluación del recurso eólico

Para la estimación preliminar del potencial eólico de la ZEDM se empleó el método de los mapas eólicos porque permite tener una idea aproximada del recurso eólico en ausencia de mediciones de vientos como es el caso de este proyecto, donde no se tiene acceso a los datos provenientes de una campaña de medición.

Para dicha estimación preliminar del potencial eólico se tomaron los resultados del *Atlas Eólico Mundial*, el cual es una aplicación gratuita basada en la web y desarrollada para ayudar a los inversionistas a identificar zonas de alto viento para la generación de energía eólica prácticamente en cualquier parte del mundo, y luego, realizar cálculos preliminares (ver World Bank 2023).

Para el uso de la herramienta de Atlas Eólico Mundial en este proyecto se ubicaron las coordenadas de la ZEDM ($23^{\circ}01'21''\text{N}-82^{\circ}41'57''\text{W}$) donde se obtuvo un mapa de viento, la dirección del viento (en una rosa de los vientos), y los datos de velocidad promedio mensual. Además, esta web facilita información en formato de archivo GWC, que se deriva de una celda de cuadrícula del modelo de mesoescala, más cercana al centro del área seleccionada; teniendo en cuenta que el archivo GWC varía de una celda de cuadrícula de mesoescala a la siguiente, por lo que para las áreas extensas seleccionadas puede haber una variación significativa del GWC. El archivo GWC se diseñó para ser utilizado en un software de modelado a microescala, tal como Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP). El formato de archivo es WASP lib-file (ver World Bank 2023).

Como se mencionó anteriormente se descargaron los datos de velocidad y dirección de viento para la ZEDM (medidos a una altura de 10, 50, 100 y 150 m) mediante el Atlas Eólico Mundial y posteriormente, se introdujeron los datos en el software WASP versión 9.0 (como se muestra en la Fig. 2 donde se aprecian los datos de densidad de potencia y los coeficientes de forma (k) de la distribución de Weibull para cada sector, altura).

Mediante el valor de la velocidad media del viento y la densidad de potencia del lugar se puede evaluar cuantitativamente el potencial eólico a través de ese valor de 317 W/m².

Mediante el valor de la velocidad media del viento y la densidad de potencia del lugar se puede evaluar cuantitativamente el potencial eólico de la ZEDM a través de ese valor de 317 W/m², como un buen potencial, por lo cual el emplazamiento presenta condiciones óptimas para el desarrollo de un parque eólico.

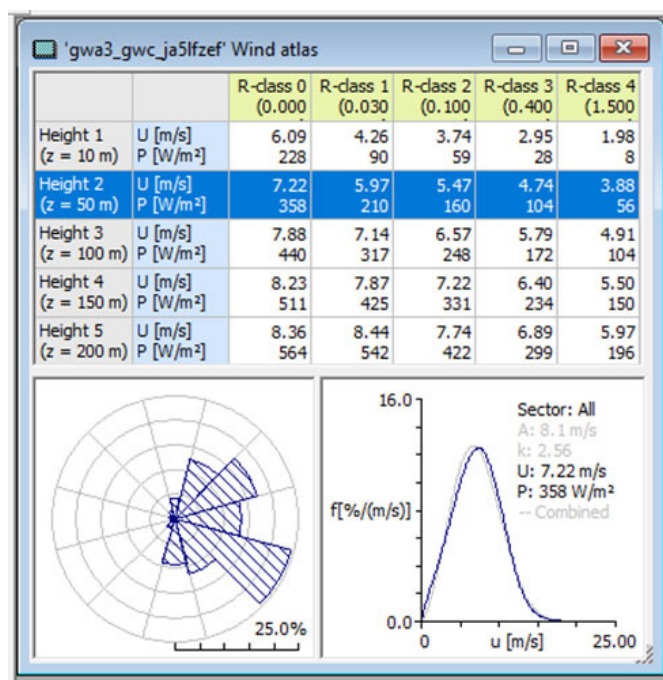


Fig. 2. Datos de dirección y velocidad de vientos para la ZEDM en el software WASP.

Estimación anual de energía

Si tenemos en cuenta las velocidades medias del viento en el sitio de estudio y la experiencia de otros proyectos desarrollados en Cuba, como el actual parque eólico Herradura I (Menzonay 2023; Labrador 2023; Wind Energy Market Intelligence 2023), se puede plantear que turbinas entre 1500 kW y 2500 kW podrían satisfacer parte de la demanda energética de la Zona Especial de Desarrollo Mariel.

Tras el estudio eólico realizado anteriormente, corresponde ahora la selección del aerogenerador para el parque eólico. Para ello se tuvo en cuenta la capacidad del emplazamiento en cuanto a la cantidad de máquinas que se pueden implantar, dando un total de cinco turbinas eólicas para el emplazamiento, teniendo como referencia diámetros de rotor que varíen desde los setenta metros hasta los ciento diez metros, teniendo en cuenta las distancias entre aerogeneradores de cinco veces el diámetro para dirección predominante del viento y 2.5 el diámetro para la dirección perpendicular predominante. Debido a lo antes expuesto, se

preseleccionaron cinco aerogeneradores para el sitio seleccionado como posibles candidatos para ser instalados en la ZEDM.

1. Goldwind GW 87-1500
2. Goldwind GW 109-2500
3. Enercon E 82-2300
4. Enercon E 70-2300
5. Hitachi HTW 80-2000

El proceso de selección del aerogenerador más rentable se basó inicialmente en la evaluación del rendimiento de cada aerogenerador estimando su producción anual de energía (PAE).

Con la ayuda del software WASP se obtuvieron los datos de la PAE para cada parque eólico preseleccionado como se muestra en la Tabla 1. Primeramente, se modelizó el emplazamiento con un mapa vectorial que refleja la rugosidad del sitio y posterior a ello se añadieron las características de vientos que se determinaron al inicio (Ver Figura 2).

Tabla 1. Producción anual de energía de los parques eólicos seleccionados

No.	Parques eólicos	PAE (GWh/año)
1	GW 87-1500	26.32
2	GW 109-2500	44.619
3	E 82-2300	28.697
4	E 70-2300	22.764
5	HTW 80-2000	26.332

Para comparar el rendimiento de los parques eólicos seleccionados se suele utilizar el Factor de Capacidad (CF). Este cálculo se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Factor de capacidad de los parques eólicos seleccionados

No.	Parques eólicos	FC (%)
1	GW 87-1500	40.0608828
2	GW 109-2500	40.74794521
3	E 82-2300	28.4862021
4	E 70-2300	22.5967838
5	HTW 80-2000	30.05936073

Teniendo en cuenta que el parque conformado por el aerogenerador GW 109-2500 posee la mayor PAE y alcanza el mayor factor de capacidad, se seleccionó de manera preliminar, como propuesta de parque eólico para ZEDM.

Análisis financiero

El último paso se refiere al análisis financiero realizado para medir la rentabilidad del proyecto mediante la selección del parque eólico óptimo desde el punto de vista de los resultados económicos y financieros.

Análisis financiero de la energía eólica debe considerar varios aspectos básicos:

- Costos totales de inversión o costos de capital
- Costos anuales de explotación (costos de O&M)
- Costos de financiamiento

Costo total de inversión una instalación de energía eólica es igual a la suma de varios parámetros como:

$$C_t = C + C_1 + C_2 + \text{Otros} \quad (1)$$

Donde: C_t = costo total, C = costo de las turbinas eólicas, el montaje, el transporte marítimo, el transporte terrestre, la grúa y los trabajos de grúa, y la instalación, C_1 = costo de fundición, accesos viales y obras civiles, C_2 = costo eléctrico, trincheras, equipos eléctricos, subestación, edificio de control, líneas aéreas y de componentes.

La estimación de los costes totales de inversión para cada parque eólico seleccionado se presenta en la Tabla 3:

Tabla 3. Costes totales de inversión de los parques eólicos seleccionados

No	Parques eólicos	Inversión total (USD)
1	GW 87-1500	20423940.15
2	GW 109-2500	34039900.25
3	E 82-2300	31316708.23
4	E 70-2300	31316708.23
5	HTW 80-2000	27231920.2

Según Moreno (2017) y Calzadilla (2017), los costos de operación y mantenimiento (O&M) constituyen una parte considerable de los costes totales de un aerogenerador. Para una nueva turbina eólica, los costos de operación y mantenimiento pueden representar fácilmente el 20-25 % del costo total de electricidad por kWh producido durante la vida útil de la turbina. Los costos de O&M incluyen seguro, mantenimiento regular, reparación, repuestos y administración (Moreno, 2007; Moreno, 2017; Ojeda Pardo, 2021).

Existen varios indicadores importantes que se pueden utilizar para evaluar la viabilidad financiera del proyecto en función de una descripción completa de los beneficios y costos. Se podrían utilizar los siguientes indicadores económicos:

- Valor Actual Neto (VAN)
- Período de Recuperación (TIR)
- Costo de la energía

El VAN se utiliza para analizar la viabilidad de la inversión.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Q}{(1+r)^t} - A \quad (2)$$

Dónde: Q = flujo de caja y r es la tasa de descuento
El proyecto es factible si el valor del VAN resulta positivo

El TRI es el tiempo en que se espera recuperar la inversión.

$$A = \sum_{t=1}^n \frac{Q}{(1+r)^t} \quad (3)$$

El costo de la energía es el costo real para producir un kilovatio hora con energía eólica.

$$Costo_{Energia} = \frac{C_\alpha + C_{O\&M}}{Et} \quad (4)$$

Donde: C_α = Costo anual del capital, $C_{O\&M}$ (O&M)= Et Costo anual por O&M y Et = Producción anual de energía (PAE).

III. Resultados

En cada apartado se han presentado los resultados parciales. Sin embargo, el principal resultado está relacionado con la selección del mejor parque eólico. Como se mencionó anteriormente, se preseleccionaron cinco parques eólicos compuestos por cinco aerogeneradores diferentes, para finalmente seleccionar el más adecuado. Se obtuvo la Producción Anual de Energía (PAE) de cada parque eólico mediante el software WASP. Estos resultados se muestran en la Tabla 1. Teniendo en cuenta que el parque eólico conformado por el aerogenerador GW 109-2500 posee la mayor PAE y alcanza el mayor factor de capacidad no es el más factible para este emplazamiento, según los aspectos económicos analizados anteriormente.

De los cinco parques eólicos preseleccionados, según el análisis financiero, tres de ellos no son factibles debido a que poseen valores de VAN negativos, por lo que se desechan automáticamente quedando solamente el parque eólico que posee las maquinas GW 109-2500 y el parque eólico dotado con aerogeneradores E 82-2300. En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis financiero de estas dos propuestas.

De los dos parques eólicos preseleccionados, según el análisis financiero, el más adecuado desde el punto de vista económico-financiero es el parque eólico conformado por cinco aerogeneradores de la compañía alemana Enercon E 82-2300.

La selección del parque eólico compuesto por 5 aerogeneradores E 82-2300 se realizó teniendo en cuenta que este modelo presenta los mejores indicadores incluso con el costo unitario de la energía eléctrica, siendo menor que

Tabla 4. Indicadores económicos

Parques eólicos	AEP (GWh-año)	VAN	TRI (Años)	FC (%)	LCOE (USD-kWh)
GW 109-2500	44.619	312168.4069	6	40.74794521	0.136882259
E 82-2300	28.697	39277911.77	6	28.4862021	0.189345867

el costo de la energía producida por combustibles fósiles. Con este resultado, se ha cumplido el objetivo principal de este trabajo.

III. Conclusiones

El trabajo ofrece una metodología para realizar un diseño preliminar de un sistema eólico para la Zona Especial de Desarrollo Mariel ubicada en la provincia de Artemisa, Cuba. El objetivo de este sistema eólico es apoyar la demanda de electricidad de esta zona.

Esta metodología se aplicó al caso de estudio y se extrajeron las siguientes conclusiones:

- La selección del emplazamiento se realizó satisfactoriamente teniendo en cuenta una consideración determinante para asegurar la competitividad del sistema de estudio como es la potencialidad del viento.
- Utilizando el mapa de potencial eólico de Cuba se realizó la evaluación del viento y se demostró que la velocidad del viento es favorable para el aprovechamiento de la energía eólica en el sitio seleccionado. Una velocidad media anual del viento de 6.76 m/s a 80 metros de altura es adecuada para este fin. Se obtuvieron los valores del factor de forma k y del factor de escala c de la distribución de Weibull mediante software WASP.
- Se preseleccionaron cinco propuestas de parques eólicos diferentes con el fin de encontrar la más apropiada económicamente y como resultado final seleccionar la más adecuada. Los indicadores económicos utilizados fueron el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TRI), el factor de capacidad económica de la producción de energía anual bruta (FC) y el valor del costo unitario de la electricidad producida (LCOE).
- De las comparaciones entre los cinco parques preseleccionados, se comprobó que el AEP y factor de capacidad máximos los conseguía el parque eólico conformado por aerogeneradores GW 109-2500, pero, el mejor rendimiento económico según los valores alcanzados por los indicadores VAN, TRI, FC y LCOE se produjo en el parque eólico compuesto por aerogeneradores E 82-2300.
- Por fin, en el presente estudio se demuestra que esta sencilla metodología puede aplicarse en casos similares. Además, se confirmó y se demostró la hipótesis de este proyecto. Si es posible disminuir el consumo eléctrico de la red eléctrica, con la instalación de un parque eólico en la Zona Especial de Desarrollo Mariel ubicada en la costa Norte de la provincia Artemisa, mediante un parque eólico compuesto por 5 turbinas de gran potencia. Esto se logró mediante el aerogenerador seleccionado Enercon E 82/2300 de 2,3 MW de potencia nominal y el uso de la herramienta WASP.

V. Referencias bibliográficas

- Iglesias Calzadilla, R. (2017). Generación distribuida interconectada a la red con aerogeneradores de mediana escala. Caso de estudio: Hotel Brisas Guardalavaca, Holguín. Tesis de Diploma, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad de Holguín, Holguín, Cuba.
- Labrador Herrera, L.(8 de enero 2023). ¿Podría ser Las Tunas capital de las fuentes renovables de energía en Cuba?. *Períodico 26*.ISSN:1606-4984. <http://www.periodico26.cu/index.php/es/especiales-2/11491-podria-ser-las-tunas-capital-de-las-fuentes-renovables-de-energia-en-cuba>.
- Menzonay Justiz, D. (14 de enero 2023 En La Herradura 1 soplan vientos de avance, *Períodico 26*.ISSN:1606-4984. <http://www.periodico26.cu/index.php/es/especiales-2/11491-en-la-herradura-1-soplan-vientos-de-avance>
- Moreno Figueredo, C.(2007). *Diez preguntas y respuestas sobre energía eólica*. La Habana: Editorial Cubasolar. ISBN:978-959-7113-37-9.
- Moreno Figueredo, C.(2012). *Energía eólica, tecnologías y aplicaciones*. La Habana: Ed. Academia.
- Moreno Figueredo, C. y Castro Fernández, M. (2017). *Doce preguntas y respuestas sobre energía eólica*.La Habana: Editorial Cubasolar. 336 p. ISBN:978-959-7113-51-5.
- Ojeda Pardo, R. *et al.*, (2021). Procedimiento para el estudio de factibilidad técnica, económica y ambiental de parques eólicos: Caso de estudio parques de Gibara, Holguin. *Polo del Conocimiento*, Vol. 6, no. 6, ISSN 2250 – 682X,DOI: 10.2.23857/pc.v6i6.2754. <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>.
- Rodríguez Tarifa , R. (2021), Diseño de un sistema eólico para el suministro de electricidad al Hotel Covarrubias, Las Tunas, Tesis de fin de carrera, Universidad Tecnológica de la Habana Jose Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba, 102 páginas.
- Wind Energy Market Inteligence (2023), *Thewindpower* https://www.thewindpower.net/windfarm_es_30806_la-herradura-1.php.
- World Bank, Global Wind Atlas, Enero 31, 2023, datacatalog.worldbank.org, [www.http://www.globalwindatlas.info/es/about/introduction](http://www.globalwindatlas.info/es/about/introduction)). 31 marzo 2023.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores: Conrado Moreno Figueredo: conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, redacción-revisión y edición; José . A. Medrano Hernández: investigación, metodología y supervisión; Efrén Hernández Fernández: investigación, redacción-borrador original; Orquídea López González.

Recibido: 25 de agosto de 2023

Aceptado: 12 de septiembre de 2023