

La energía eólica como alternativa sustentable para reducir los efectos de las centrales termoeléctricas en el cambio climático

The wind energy as a sustainable alternative to reduce the effects from thermoelectric plants on climate change

Esteban Alejandro Basabe Ramon

Universidad Rafael Urdaneta. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0005-9656-0014> | Correo electrónico: stbnbasabe@gmail.com

Recibido: 22/04/2023

Aceptado: 30/06/2023

Resumen

Este artículo plantea el uso de la energía eólica como una fuente alternativa sostenible frente a las centrales termoeléctricas del territorio venezolano, a fin de reducir las emisiones de CO₂ para prevenir el cambio climático. La implementación de parques eólicos constituye un progreso para Venezuela. Este país cuenta con características ideales para el establecimiento de los parques eólicos, no obstante, se requiere de la inversión económica necesaria y de la planificación y gestión de proyectos que apunten al bienestar social del país.

Palabras clave: Energía eólica, central termoeléctrica, efecto invernadero

Abstract

This article proposes the use of wind energy as a sustainable alternative source to thermoelectric plants in Venezuelan territory, in order to reduce CO₂ emissions and prevent climate change. The implementation of wind parks constitutes progress for Venezuela. This country has ideal characteristics for the establishment of wind parks, however, the necessary economic investment and the planning and management of projects that aim at the social well-being of the country are required.

Keywords: Wind energy, thermoelectric plant, greenhouse effect

Planteamiento del problema

La energía eléctrica se ha convertido desde su invención, en un recurso indispensable para millones de personas en todos los países del mundo, desde los hogares para la alimentación de equipos electrodomésticos, iluminación y dispositivos electrónicos, hasta los sectores industriales, que cuentan con maquinaria de gran capacidad para llevar a cabo diversos procesos en cuestión de segundos de forma automatizada.

Existe la posibilidad de producir electricidad a partir de distintos medios, y según la disponibilidad de estos pueden dividirse en dos tipos de fuentes de energía, siendo estas renovables y no renovables. Las fuentes de energía renovables son aquellas que emplean recursos inagotables del planeta, tales como el viento y la luz solar; mientras que, las fuentes no renovables emplean recursos finitos. El lugar encargado de transformar las formas de energía que hay en la naturaleza en energía eléctrica se denominan centrales eléctricas, de modo que entre las fuentes no renovables de energía se tienen las centrales termoeléctricas, que transforman la energía química de los combustibles fósiles, y las centrales nucleares, cuyo funcionamiento inicia transformando la energía química de los elementos y compuestos químicos, tal como afirma el Instituto Tecnológico de Canarias. [1]

Haciendo énfasis en las centrales termoeléctricas, estas generan calor con la quema de combustibles fósiles, generalmente carbón o gas natural, y con este se calienta agua para convertirla en vapor, el cual es llevado mediante tuberías a una turbina que producirá movimiento (energía mecánica), y finalmente, este

movimiento accionará un generador, que transformará la energía mecánica en eléctrica. Este tipo de fuente de energía genera gases residuales que se vuelven parte de la atmósfera en el proceso de combustión, de acuerdo a lo planteado por Zabihian. [2].

Por su parte, Benavides y León [3] explican que al transformar estos combustibles en energía térmica se producen ciertos gases, como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂), entre otros, considerados muy contaminantes. El dióxido de carbono es uno de los más destacables por su vínculo con el calentamiento global, al ser uno de los gases de efecto invernadero (GEI). Al respecto, cuando la Tierra irradia al espacio exterior el calor que absorbe del sol, esta radiación infrarroja entra en contacto con el CO₂, provocando su regreso a la superficie terrestre e incrementando la temperatura del planeta, contribuyendo al calentamiento global, que es uno de los principales factores que conlleva al cambio climático, trayendo como consecuencia ondas de calor, inundaciones y cambios irreversibles en el ecosistema.

De esta manera se puede inferir que existe una relación de las centrales termoeléctricas con el aumento del CO₂ en la atmósfera, lo que a su vez contribuye al cambio climático. Ahora bien, en referencia al contexto venezolano, la segunda mayor fuente de generación de electricidad son las centrales termoeléctricas, después de las centrales hidroeléctricas, lo cual históricamente tiene su origen en la gran ventaja del país, por las reservas de petróleo existentes en el territorio. En tal sentido, Venezuela, al igual que cualquier nación que emplee este tipo de fuente de energía, produce CO₂, contribuyendo al cambio climático.

A raíz de ello, en búsqueda del uso de otras fuentes de generación menos perjudiciales, se han desarrollado fuentes de energía renovables, encontrando entre ellas la energía solar fotovoltaica y térmica, la energía mareomotriz, y la energía eólica, evitando con ellas la contaminación o disminuyendo a una menor escala la emanación de residuos tóxicos, en comparación con las centrales térmicas [1].

Cabe destacar la energía eólica como tema de interés para la presente propuesta, fundamentado en la ventaja territorial de Venezuela al poseer una amplia zona costera con salida al Mar Caribe y Océano Atlántico, en las cuales existe mayor presencia de ráfagas de aire, siendo esto un elemento indispensable para este tipo de fuente de generación de energía, ya que consiste en la transformación de la energía cinética del viento en energía mecánica, mediante equipos denominados aerogeneradores, generando así energía eléctrica de manera limpia y manteniendo el servicio eléctrico en los hogares y las industrias.

En tal sentido se pretende ofrecer una propuesta para la generación de energía eléctrica sustentable, como una alternativa al uso de las centrales termoeléctricas, con parques eólicos ubicados en zonas estratégicas del territorio, a fin de reducir la cantidad de CO₂ que se libera en la atmósfera, preservando el ambiente y disminuyendo una de las causas que origina el cambio climático.

Justificación

A través de la presente propuesta se busca plantear la energía eólica como una fuente alternativa a las centrales termoeléctricas en el territorio venezolano, a fin de reducir las emisiones de CO₂ producidas y contrarrestar el progresivo aumento de la cantidad de GEI en la atmósfera y de esta manera prevenir el cambio climático, siendo este un efecto drástico e irreversible en todo el planeta al conllevar a cambios que afectan el ecosistema, influyendo consecuentemente en aspectos sociales y económicos de todos los países.

Asimismo, cabe destacar que la implementación de energías renovables es una forma de energía sustentable, a diferencia de aquellas que emplean combustibles fósiles, con posibilidad de implementarse en distintas áreas del país por las cualidades geográficas que posee, aumentando así la capacidad instalada y operativa del sistema eléctrico nacional para una mejor satisfacción de la demanda eléctrica en el país.

Además de ello, la elaboración de la propuesta desarrollada en este documento proporciona un aporte teórico acerca del desarrollo de la energía eólica en Venezuela, permitiendo a otros investigadores profundizar este tópico para futuros trabajos.

Objetivo general

Analizar la energía eólica como alternativa sustentable para reducir los efectos de las centrales termoeléctricas en el cambio climático.

Metodología

Para el desarrollo de la propuesta, se empleó un método de investigación cualitativo. Este método se basó en el análisis y la comprensión de definiciones y procesos a partir de diversos autores y artículos científicos. Entre estos, cabe destacar el estudio de Siabato [4], que sirvió como guía, junto con otros, para abordar una temática similar, acorde con las condiciones y variables particulares del contexto venezolano.

A continuación, se describen las fases propuestas que dan cumplimiento al objetivo general del estudio.

Recuperación de la capacidad instalada y fuera de servicio de energía eólica

Para esta etapa, se deben tener en claro dos conceptos claves, los cuales son la capacidad instalada y la capacidad de operativa; la primera se refiere a aquel conjunto de equipos que en su totalidad están diseñados para proporcionar una cantidad de potencia nominal; mientras que, la segunda se refiere a la potencia generada en realidad, de manera que la capacidad instalada solo se incrementa si son instalados más equipos, y esta puede ser diferente de la capacidad operativa dependiendo del nivel al cual operen las máquinas.

En este orden de ideas, de acuerdo a la Asociación Venezolana de Ingeniería Eléctrica Mecánica y Profesiones Afines (AVIEM) [5], se afirma que para el año 2019 la capacidad de generación instalada total del Sistema Eléctrico Nacional fue de aproximadamente 34383MW, de los cuales 125MW están referidos a generación a través de energía eólica, representando un 0.4% de la capacidad mencionada. Sin embargo, este autor afirma que el 100% de estos equipos están fuera de servicio, y por tanto la capacidad operativa proveniente de parques eólicos es nula.

Esto nos indica dos cosas, siendo la primera el hecho de que la capacidad instalada de energía eólica en el país es menor al 1% de la total, y segundo, que existen parques eólicos en Venezuela que no están contribuyendo a la capacidad operativa del sistema eléctrico nacional.

De este modo, se plantea el primer paso de la presente propuesta, siendo necesario rehabilitar y reactivar los parques eólicos ya existentes en la región, existiendo dos en este caso, el parque eólico de la Guajira, cuya capacidad instalada es de 25MW y el parque eólico de Paraguaná, con capacidad instalada de 100MW, siendo este un primer avance que puede realizarse en un corto o mediano plazo.

Registro de datos sobre las componentes que definen la energía del viento disponible

Para la construcción de nuevos parques eólicos en Venezuela, es necesario realizar un estudio para determinar los territorios que cuentan con características del viento favorables, y así tener mayor confiabilidad acerca de la generación disponible. Estas características son los componentes que definen la energía del viento, y entre estos se destacan la velocidad del viento, la dirección de la velocidad del viento y la variabilidad del viento.

De acuerdo a Siabato [4], este registro de datos debe realizarse mínimo en un periodo de un año, calculando promedios diezminutales u horarios a lo largo de cada día, midiendo además la temperatura y la presión atmosférica. Dicho registro es realizado en estaciones meteorológicas, empleando para ello componentes como torres, anemómetros y veletas en distintos sitios de la nación; por esta razón es necesario mencionar que se requiere un valor de inversión para poder desarrollarse dicho estudio, tomando en cuenta además el pago de los expertos que lo llevarán a cabo.

Este registro de datos dentro del país debe ser realizado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), y con ellos, aplicando métodos estadísticos, determinar la velocidad del viento promedio anual, donde Siabato [4] afirma que una velocidad promedio buena para implementar la construcción

de un parque eólico debe ser de 5m/s, pero también se determinan los periodos del año donde existe la menor cantidad de viento y el mayor tiempo posible en el que no se cuenta con el viento suficiente para la generación de energía eléctrica, y en base a esto se eligen tamaños y cantidad de elementos que puedan suplirla, como bancos de baterías.

Cálculo de la potencia de viento disponible y la máxima potencia mecánica

Ya con los datos recopilados y procesados, se procede a determinar la potencia del viento disponible en cada una de las regiones donde fueron recopilados los datos, y en base a ello calcular luego la potencia eléctrica que se puede producir. Para ello, según Siabato [4], existe una ecuación con la que se puede determinar la energía potencial del viento, ecuación mostrada a continuación:

$$P_{\text{viento}} = \frac{1}{2} \rho v^3 A \quad (1)$$

Donde ρ es la densidad del aire medida en kg/m^3 , A se refiere al área transversal por la cual fluye el viento, medida en m^2 , y v es la velocidad promedio calculada, medida en m/s . De esta manera, al sustituir estos valores se puede calcular la potencia del viento (P_{viento}) medida en Watts, que sirve de parámetro inicial para conocer las posibles zonas con potencial eléctrico mas no para determinar las zonas definitivas donde se ubicarán los aerogeneradores, ya que esta ecuación no considera que tan variable puede llegar a ser la cantidad de viento, sin embargo es fácil apreciar la importancia de la velocidad, ya que la potencia del viento será igual al cubo de ésta.

Conocido este dato, se puede determinar la máxima cantidad de potencia mecánica aprovechable, que es distinta a la potencia del viento por un límite conocido como el límite de Betz. Siendo así, con la siguiente expresión se puede determinar la energía mecánica:

$$P = C_p \eta P_{\text{viento}} \quad (2)$$

Donde P es la potencia mecánica del aerogenerador (Watts), C_p es el límite de Betz, que es una constante adimensional igual a $16/27=59.26\%$ y η es la eficiencia global de conversión térmica y eléctrica.

Determinación de las zonas propicias e iniciar la planificación de los proyectos de energía eólica

Finalmente, con los valores y resultados obtenidos en el paso anterior, es posible definir los puntos estratégicos en los cuales es rentable la instalación de un parque eólico, estos suelen presentarse en áreas como cadenas montañosas, superficies llanas elevadas, lugares costeros bien expuestos, entre otros, los cuales se pueden encontrar con facilidad en el territorio venezolano. A este proceso de ubicación de le conoce como emplazamiento, y también se ve afectado por factores como el relieve de la zona, criterios como la viabilidad económica, la infraestructura y la distancia a la red eléctrica para la interconexión.

Asimismo es importante la cantidad y distribución de los aerogeneradores para obtener la mayor eficiencia, basándose entonces en distintas variables como dirección del viento predominante, tamaño y condiciones del terreno, y distancia entre aerogeneradores. En caso de existir una dirección de viento predominante es recomendable instalarlos en filas alineadas separados entre sí, y en caso contrario se acomodan en una disposición que forma triángulos equiláteros entre los aerogeneradores denominado tresbolillo.

En continuidad con lo anterior, ya planificada la ubicación del parque eólico y la distribución de los aerogeneradores, se determina la energía que el aerogenerador es capaz de producir, pero ahora, tomando en cuenta las pérdidas que puedan presentarse por razones varias como indisponibilidad técnica, indisponibilidad por mantenimiento de la red eléctrica, envejecimiento de los equipos, entre otros, para lo cual se considera un coeficiente global de corrección por pérdidas.

Construcción y operación de los parques eólicos

Ya al haber culminado el diseño de las propuestas para los distintos parques eólicos que podrían implementarse, se realiza la construcción de las estructuras e instalación de los equipos necesarios, como la edificación de las subestaciones y fundaciones y creación de vías de acceso, así como los equipos con que estos contarán, como transformadores de potencia y para instrumentos, además de equipos de maniobra como son seccionadores y equipos de protección, recomendando utilizar elementos de tecnología novedosa como interruptores que empleen hexafluoruro de azufre (SF₆) como medio de extinción. En tal sentido, esto se debe tomar en cuenta en la inversión económica a realizar, y se debe minimizar la contaminación en la medida de lo posible.

Por otro lado, se debe tomar en cuenta el costo de la producción de la energía eólica, de forma tal que de acuerdo a la publicación REN21[6] en su reporte de energías renovables del 2022 resume la variación que ha tenido el costo nivelado de electricidad (LCOE por sus siglas en inglés “*Levelized cost of electricity*”) entre los años 2010 y 2021 como puede apreciarse en la Figura 1. Este valor representa el costo actual neto promedio de generación de electricidad para un generador durante su vida útil.

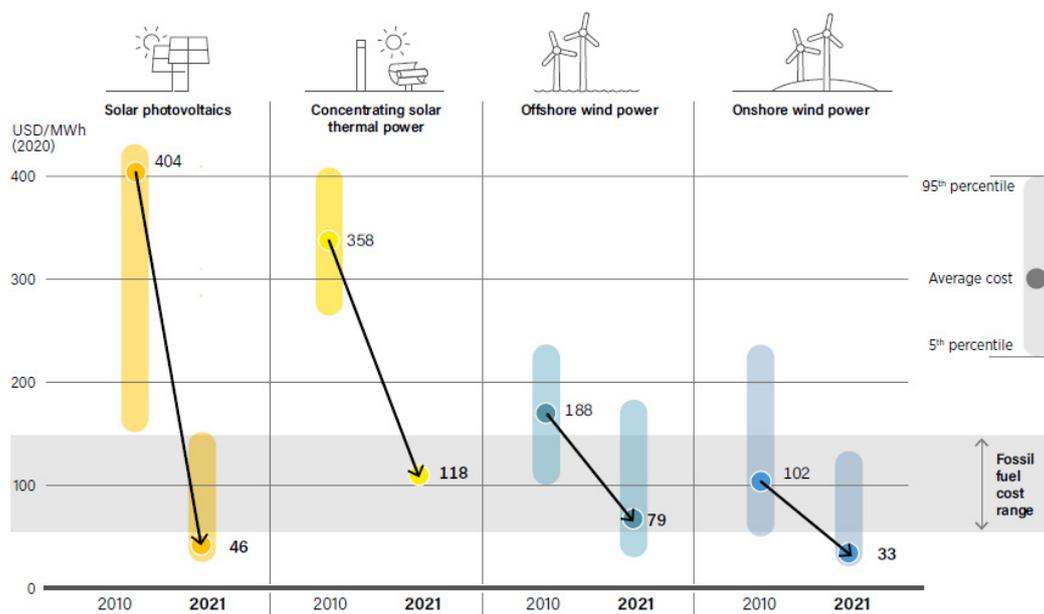


Figura 1. Promedio ponderado global de costos nivelados de electricidad de tecnologías de generación de energía renovable a escala de servicios públicos recién puestos en servicio, 2010-2021 [6]

Es necesario mencionar que, la energía eólica puede dividirse en dos tipos de acuerdo al lugar donde están ubicados sus aerogeneradores, siendo estos la energía eólica onshore, cuyos aerogeneradores se ubican en tierra, y la offshore, en la que sus aerogeneradores se encuentran en el mar, de manera que se divide el costo nivelado de electricidad para cada tipo. Así, de acuerdo a la Figura 1, se puede apreciar que en lo referido a la energía eólica terrestre, que el costo promedio se redujo de USD 0.102 por kWh en 2010 a USD 0.033 por kWh en 2021, representando una disminución del 64%. A su vez, el costo medio ponderado mundial de los proyectos eólicos marinos recién puestos en marcha cayó de 0.188 USD por kWh en 2010 a 0.079 USD por kWh en 2021, siendo esta una reducción del 58 %, de acuerdo a REN21 [6].

Lo planteado anteriormente presenta una ventaja para la inversión, al proyectar una reducción del costo requerido para producir potencia a través de parques eólicos, y además estos resultados en la Figuras son comparables con el rango de costos de combustibles fósiles, que está entre los 0.05 y los 0.15 USD/kWh, observando así que los proyectos eólicos terrestres están por debajo de este rango y los marinos en el punto medio de este, siendo factible la producción de energía eólica en vez de combustibles fósiles. (REN21) [6].

Resultados esperados

Con la presente propuesta se pretende como principal objetivo aminorar las emisiones de CO₂ provenientes de las centrales termoeléctricas del territorio venezolano para así disminuir la cantidad de GEI que se acumulan progresivamente en la atmósfera, a fin de reducir el avance progresivo del cambio climático, lo cual planea lograrse a través del uso de la energía eólica como fuente alternativa. Por otro lado, la implementación de parques eólicos es un progreso de Venezuela para alcanzar un desarrollo sustentable al emplear un recurso que es inagotable y alejarse de la dependencia del sistema eléctrico nacional a las fuentes de energía convencionales, que son la hidráulica y la térmica.

Con los resultados obtenidos se afirma la factibilidad del desarrollo de parques eólicos en el territorio venezolano al contar con regiones de características ventajosas, como son costas, cadenas montañosas y superficies llanas elevadas. Además, se toma en cuenta para esta sección lo expresado en la revista AVIEM [5], que menciona la existencia de un alto potencial eólico en los estados Nueva Esparta y Sucre, fundamentando así los resultados obtenidos. Por tanto, se concluye que Venezuela cuenta con las características propicias para implementar el uso de la energía eólica como fuente de generación eléctrica, siempre y cuando se realice la inversión necesaria y se tenga una planificación y gestión de los proyectos orientada al bienestar social y a la prosperidad del país.

Referencias bibliográficas

[1] Instituto Tecnológico de Canarias. **Energías renovables y eficiencia energética**. (2008). Disponible en: <https://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>

[2] Zabihian, F. **Power plant engineering**. Editorial CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Ratón, Florida, Estados Unidos de América. (2021). Disponible en:

<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780429069451/power-plant-engineering-farshid-zabihian>

[3] Benavides, H. León, G. **Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático**. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Colombia. (2007). Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>

[4] Siabato, R. **“Identificación de proyectos con potencial de generación de energía eólica como complemento a otras fuentes de generación eléctrica en el departamento de Boyacá”**, Tesis de Maestría, UnivNacional de Colombia. Facultad de Minas, Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión. Medellín, Colombia, (2018). Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63745/1018424888.2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

[5] Asociación Venezolana de Ingeniería Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines (AVIEM). **Revista Energía e Industria**. Año 2. Número 6. Caracas, Venezuela, (2019).

[6] REN21. **Renewables 2022 Global Status Report**. REN21 Secretariat. Paris, Francia. (2022). Disponible en: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2022_Full_Report.pdf

Nota especial

Artículo presentado en el Concurso “Camino al Futuro Venezuela 2035” de Fedecámaras edición 2023, modalidad: Estudiante. Área temática: Los desafíos de Venezuela ante el cambio climático: sus implicaciones para las empresas.