

Metodología para determinar la viabilidad de generación de energía eléctrica por medio del recurso eólico

Methodology to determine the feasibility of generating electric power through the wind resource

Diego Henao León, Andrés Camilo Báez Alarcón, Jesús Bethsaid Pedroza Rojas

Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia

Open Access:

Recibido:
5 julio de 2017

Aceptado:
15 noviembre de 2017

Correspondencia:
ingdiego@gmail.com
camilo9306@hotmail.com
jesusbethsaidpr@ufps.edu.co

DOI
10.17081/invinno.6.2.3108



© Copyright: Henao et al

Resumen

Objetivo: Describir una metodología para determinar la viabilidad de producción de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía eólica, teniendo en cuenta los datos del recurso eólico y el uso de un aerogenerador comercial de baja potencia para realizar la conversión de energía.

Metodología: Se evaluaron los datos suministrados por la estación meteorológica del aeropuerto Camilo Daza de la ciudad de Cúcuta, en un periodo de 5 años, comprendido entre los años 2010-2014.

Resultados: Con base en los datos suministrados por la estación, se seleccionó el aerogenerador comercial WINDSPOT 7,5 kW para establecer la producción de energía.

Conclusión: El análisis de los datos proporcionados determinó que no es viable la implementación de una estación eólica en dicha zona, dado que las velocidades del viento no están en el rango recomendado, el cual debe ser superior a 5 m/s.

Palabras claves: Metodología, viabilidad, energía eólica, energía eléctrica

Abstract

Objective: To describe the methodology for determining the feasibility of producing electricity through the use of wind energy, taking into account the data of the wind resource and the use of a low-power commercial wind turbine to carry out the energy conversion.

Methodology: For this study the data supplied by the meteorological station of the Camilo Daza airport in the city of Cúcuta was evaluated over a period of 5 years, including from the year 2010 - 2014. Results: the WINDSPOT 7.5 commercial wind turbine was selected kW to establish the production of energy based on the data supplied by the station.

Conclusion: With the analysis of the data provided, it was determined that the implementation of a wind station in the aforesaid area is not feasible given the fact that wind speeds are not within the recommended range, which must be higher than 5 m / s.

Keywords: Methodology, viability, wind energy, electric power.

Introducción

El uso de las energías renovables para la generación de energía eléctrica ha tenido gran aceptación en el mundo, debido a que ellas permiten una disminución en el uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad, lo que representa una disminución en las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente producto de su combustión. Además, por ser energías obtenidas de la naturaleza pueden ser implementadas en cualquier lugar donde su aplicación sea favorable. En los lugares que, por su condición geográfica o económica, no se cuenta con este recurso, ello crea la posibilidad de acceder al servicio de energía eléctrica.

La energía eólica es la segunda fuente de energía renovable más usada en el mundo, solo superada por la hidroeléctrica [1]; pero es la más usada en la generación de energía eléctrica a baja escala para satisfacer las necesidades de comunidades que no cuentan con el suministro eléctrico. En este sentido, es importante conocer la forma de generar energía eléctrica a partir del aprovechamiento del viento que circula por una determinada zona.

Método

Recolección de datos del viento

Para lograr una estimación confiable del comportamiento del recurso eólico en un sector, es necesario contar como mínimo con un total de 8760 datos acerca de la velocidad promedio del viento en dicho lugar. Este valor se obtiene a partir de mediciones tomadas cada 10 minutos y promediando dichos valores para cada hora del día durante todo el año [2]. Cabe resaltar que en la actualidad los anemómetros promedian la velocidad del viento en cada hora sin tener en cuenta la cantidad de mediciones obtenidas en la misma, y que esto no genera ningún inconveniente.

Luego de contar con la serie de datos se determinan las características presentadas por el viento durante el año y se establecen los siguientes parámetros:

- Velocidad promedio anual
- Dirección del viento
- Variaciones estacionales
- Variaciones diarias
- Ráfagas
- Variación histórica

Cada una de estas características aporta información fundamental para determinar la viabilidad de la generación de electricidad a partir del viento y, si es el caso, la necesidad de implementar otra forma de producción de energía alternativa o un sistema de almacenamiento de la misma.

Función densidad de probabilidad de Weibull

Luego de lo anterior, si se obtiene un resultado positivo es posible determinar la producción de energía anual que se puede obtener a partir del comportamiento del viento en el lugar y las características del aerogenerador a implementar; para ello, se calcula la probabilidad en la que se podría presentar una velocidad determinada por medio de la función de probabilidad de Weibull.

Mediante la mencionada función de probabilidad de Weibull, se plantea la probabilidad de repetición o de aparición de un valor de velocidad para los siguientes años con base en los valores de velocidad obtenidos en el año en análisis.

$$p(v) = \left(\frac{k}{c}\right) * \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$$

Perfil de velocidad del viento

Debido a que la altura en que se ubican los anemómetros con los cuales se realizan las mediciones de la velocidad del viento, no coincide con la altura a la cual debe situarse la turbina eólica, se hace necesario establecer la relación que, a su vez, permita relacionar el valor de una velocidad obtenida a una determinada altura con un su valor a una altura superior [3 - 4]. Esto debe hacerse porque en general las estaciones meteorológicas encargadas de recolectar los datos del viento están a una altura de 10 metros, y para dicha altura los obstáculos circundantes influyen de gran manera sobre el aire que circula, lo que representa una disminución en la cantidad de energía que se puede aprovechar

Para esta situación se utiliza la ecuación logarítmica de perfil de velocidad del viento, mediante la cual, al conocer las alturas correspondientes a la ubicación del anemómetro, la turbina eólica y el valor de la velocidad, se estima el valor de velocidad del viento a la altura en la que se desea situar el aerogenerador, teniendo en cuenta las características topográficas del lugar.

En la anterior ecuación, el término z_0 se denomina longitud de rugosidad y representa las condiciones del lugar de aplicación.

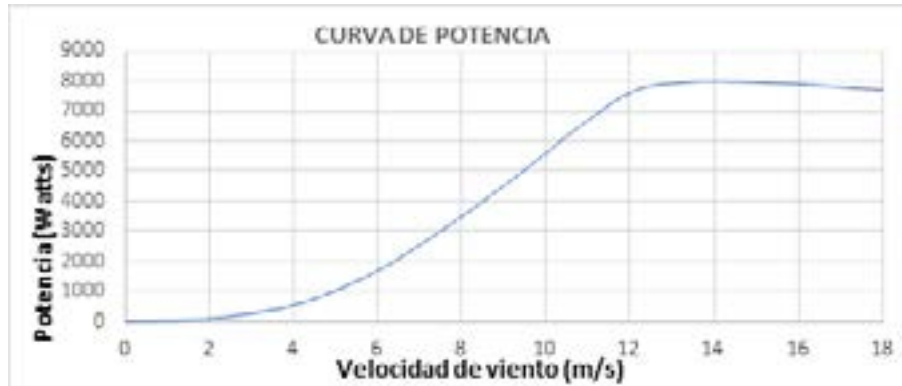
Tabla 1. Longitud de rugosidad del terreno

Longitud de Rugosidad	Características del Terreno
0.002	Superficies de agua
0.0024	Terrenos abiertos con superficies lisas
0.03	Terrenos agrícolas sin cercas
0.05	Terrenos agrícolas con casas y arbustos de hasta 8 m de altura separados a 1250m
0.1	Terrenos agrícolas con casas y arbustos de hasta 8 m de altura separados a 500m
0.2	Terrenos agrícolas con casas y arbustos de hasta 8 m de altura separados a 250m
0.4	Pueblos pequeños, terrenos agrícolas con muchos arbustos
0.8	Grandes ciudades con altos edificios
1.6	Grandes ciudades con grandes edificaciones y rascacielos

Características del aerogenerador

Para establecer la energía a generar, se debe seleccionar el equipo que realizará la conversión de energía, analizar la curva de potencia del mismo con el objetivo de conocer las velocidades de operación del dispositivo, y relacionarlo con la distribución de probabilidad de Weibull. Con base en esto se realiza la estimación de la energía que se podría generar [5].

Figura 1. Curva de potencia de aerogenerador



Ahora bien, la estimación de la energía a producir se calcula mediante el modelo estático de producción de energía, que consiste en multiplicar la probabilidad de cada velocidad por la cantidad de energía producida por el equipo eólico para la misma [6].

Factor de capacidad

El factor de capacidad relaciona la energía producida por el equipo eólico durante el periodo de análisis, con la energía que produciría operando bajo las condiciones nominales.

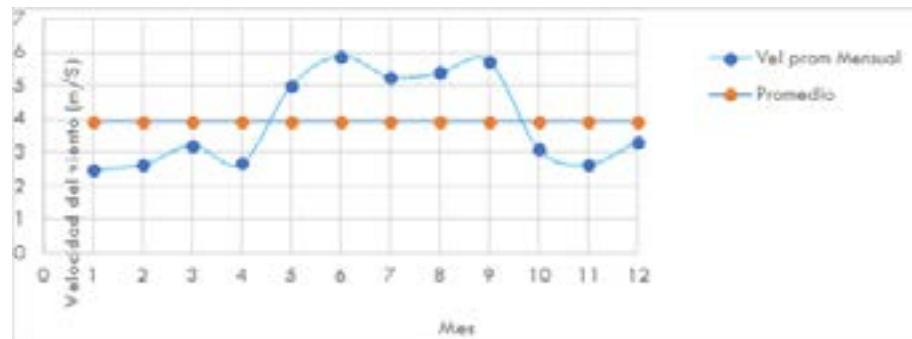
$$F.C = \frac{\text{Energía total Producida}}{\text{Potencia Nominal} * n^{\text{o}} \text{ de horas en evaluación}}$$

Este factor ayuda a evaluar el uso del aerogenerador seleccionado y determinar si es el adecuado para generar energía con el recurso eólico presente en el lugar seleccionado o establecer un valor mínimo de 0.2 [3].

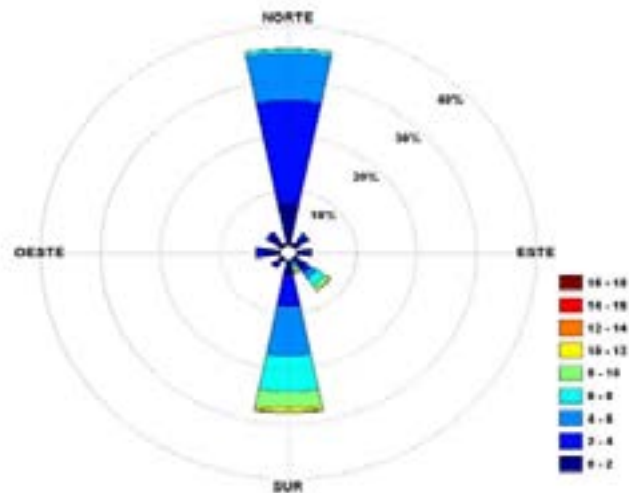
Resultados y discusión

Análisis de datos

Se evaluaron las características del recurso eólico durante cada año y se realizaron los gráficos correspondientes.

Figura 2. Velocidad promedio anual.

La velocidad promedio anual es el primer indicio sobre la viabilidad del proyecto.

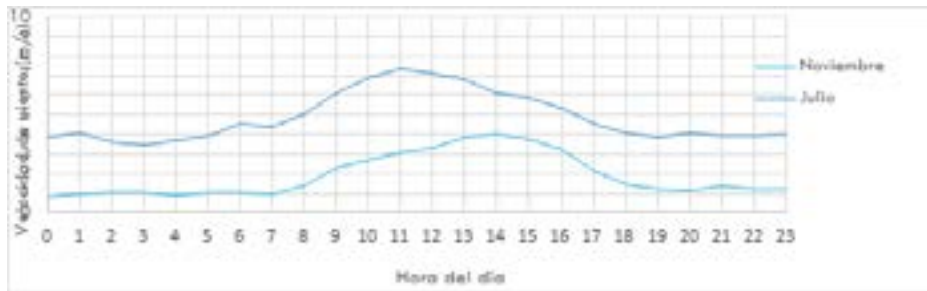
Figura 3. Dirección del viento años 2010-2014

La rosa de los vientos proporciona información sobre la incidencia del viento en el lugar y sobre la disposición del equipo eólico.

Figura 4. Variaciones estacionales

Por otra parte, la evaluación diaria de cada mes permite determinar los meses en los que se presentaría mayor y menor producción de energía.

Figura 5. Variaciones diarias

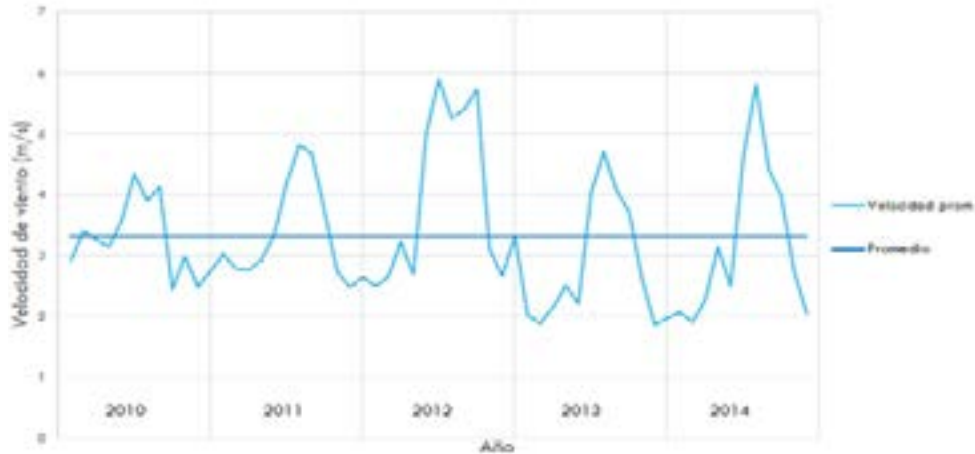


En tanto que el análisis horario a lo largo del día ayuda a determinar las horas en las que se podría producir mayor y menos energía. Además, indica si es necesario usar elementos de almacenamiento de energía para compensar las horas de menor producción [2].

Figura 6. Ráfagas



El conocimiento de los vientos extremos o ráfagas que se presentan a lo largo del periodo en análisis sirve para implementar el uso de elementos de seguridad que protejan el equipo eólico

Figura 7. Variación histórica

Mediante el conocimiento de la variación de la incidencia del viento durante un periodo largo, se compara el comportamiento con el tiempo de análisis y se decide si las condiciones son favorables para la generación de energía eléctrica.

Producción de energía anual

Mediante la probabilidad de Weibull se obtiene la frecuencia de cada intervalo de velocidad para el número total de horas (8760) y esta se multiplica por la cantidad de energía que produce el aerogenerador para cada uno de ellos [6], teniendo en cuenta que se inicia con la velocidad de arranque del equipo, que es la velocidad en la cual el equipo eólico comienza a producir energía. La Tabla 2 presenta la estimación de energía producida con el aerogenerador seleccionado, con base en los datos del recurso eólico de los años en análisis (2014).

Tabla 2. Producción anual de energía

Intervalo (m / s)	Frecuencia (Horas)	Potencia instantánea (W)	Energía produci- da WHr
0-1	1475	0	0
1-2	1487	0	0
2-3	1138	0	0
3-4	810	381	308610
4-5	956	766	732296
5-6	827	1340	1108180
6-7	676	2100	1419600
7-8	497	3010	1495970
8-9	437	4000	1748000
9-10	212	5050	1070600
10-11	173	6170	1067410
11-12	54	7200	388800
12-13	16	7840	125440
13-14	3	7980	23940
Total	8760		9488846

En un paso posterior, se calcula el factor de capacidad a partir de la producción anual de energía y las características técnicas del aerogenerador. Dicho factor es determinante en el ámbito económico del proyecto, ya que permite comparar aerogeneradores y determinar cuál se podría aprovechar en mayor medida según las condiciones de operación para las cuales fue diseñado [7].

$$F.C = \frac{9488846 \text{ Whr}}{7,510^3 \text{ W} * 8760 \text{ hrs}} = 0.144$$

Conclusiones

Se ha planteado una metodología para determinar la viabilidad de generación de energía eléctrica aprovechando la energía cinética del viento por medio de un aerogenerador, tomando en cuenta los datos del recurso eólico en la zona de aplicación y las características de operación de la turbina eólica seleccionada.

Con el análisis de los datos proporcionados por la estación meteorológica, se estableció que no es viable la implementación de una estación eólica en dicha zona, pues las velocidades del viento no están en el rango recomendado para este tipo de aplicación, que debe ser superior a 5 m/s [2-3].

Al calcular el factor de capacidad, se obtuvo, en efecto, un resultado inferior a 0.2 lo cual es lógico, ya que se ha determinado que el lugar seleccionado no cuenta con el potencial eólico suficiente para generar energía eléctrica. Pero si esto no fuera así y se presentara la misma situación con el F.C. se tendría que buscar un equipo de menor potencia y evaluar la producción de energía con el nuevo equipo [7 - 9].

Referencias Bibliográficas

1. E. Rodríguez, Las fuentes de energía renovables más utilizadas del mundo. [online] Fieras de la Ingeniería. Disponible en: <https://www.fierasdelaingenieria.com/las-fuentes-de-energia-renovables-mas-utilizadas-del-mundo> [Acceso 21 Jan. 2018].
2. A. Pinilla Sepúlveda, Manual de aplicación de la energía eólica. Santafé de Bogotá: Uniandes, 1997.
3. J. F. Manwell and J. G. McGowan & A. L. Rogers. Wind energy explained theory, design and application. 2^a ed. John Wiley & Sons Ltd, 2009.
4. Ahmad Hemami. Wind turbine technology. 1^a ed. Cengage Learning, 2012
5. Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins & Ervin Bossanyi. Wind energy handbook. 1^a ed. John Wiley & Sons Ltd, 2001
6. Vaughn Nelson. Wind energy Renewable, Energy and the Environment. 1^a ed. Taylor & Francis Group, LLC, 2009
7. A. Schaffarczyk, Understanding wind power technology. Chichester, West Sussex: Wiley, 2014.
8. M. Jimeno, Y. De la Hoz and J. Wilches, "Wireless ECG and PCG Portable Telemedicine Kit for Rural Areas of Colombia", Investigación e Innovación en Ingenierías, vol. 2, no. 2, 2014. DOI: 10.17081/invinno.2.2.2044
9. F.A. Villa, J.D. Velasquez, y P. Sanchez, "Control del sobreajuste en redes neuronales tipo cascada correlación aplicado a la predicción de precios de contratos de electricidad", Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 14 (26), 2015.