

Generación de corriente alterna por medio de una turbina eólica



Colaboración

Luis Manuel Valverde Cedillo; Claudio López García; Armando Reyes Cedillo, Tecnológico de Estudios Superiores de Chalco; Lucila Herrera Reyes, Centro Universitario UAEM Valle de Chalco

RESUMEN: La energía eléctrica suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), sufre de desconexiones debido a fallas por sobrecargas, cortocircuito o vandalismo; dejando al usuario sin este servicio por minutos o incluso por algunas horas. Mediante el desarrollo de este trabajo se diseña y se analiza, mediante un software el desempeño de tres generadores eólicos de posición vertical para la estimación de parámetros iniciales; los cuales debido a su diseño tipo Savonius multiaspas lo hace ideal para zonas con vientos muy lentos con velocidades por debajo de los 10 m/s. Para atender las necesidades de generación y ahorro de energía se propone la implementación de un parque de tres generadores verticales que tendrán la capacidad de suministrar energía eléctrica a hogares, oficinas o luminarias en parques públicos. Finalmente, es una oportunidad para lograr uno de los desafíos planteados en la agenda 2030 de desarrollo sostenible y con ello garantizar uno de los principales objetivos que es el acceso universal a servicios energéticos.

PALABRAS CLAVE: Energía Renovable, Eólico, Generación eléctrica, Savonius, Viento.

ABSTRACT: The electric power supplied by the Federal Electricity Commission suffers from disconnections due to failures due to overloads, short circuits or vandalism; leaving the user without this service for minutes or even for a few hours. Through the development of this work, the performance of three vertical position wind generators for the estimation of initial parameters is designed and analyzed through software. which due to its Savonius multiasp type design makes it ideal for areas with very slow winds with speeds below 10 m/s. To meet the needs of generation and energy savings, the implementation of a park of three vertical generators is proposed, which will have the capacity to supply electricity to homes, offices or luminaries in public parks. Finally, it is an opportunity to achieve one of the challenges set out in the 2030 sustainable development agenda and thereby guarantee one of the main objectives of universal access to energy services.

KEYWORDS: Electricity generation, Eolian, Renewable energy, Savonius, Wind.

INTRODUCCIÓN

El proyecto está enfocado a la producción de energía eléctrica, a través del aprovechamiento de energía eólica, mostrando una eficiencia en ahorro y una reducción de la dependencia energética de la empresa suministradora, así como evitar la producción de gases contaminantes, líquidos efluentes, residuos sólidos y la utilización de un caudal hidráulico para generar energía eléctrica de manera convencional. Siendo las corrientes de aire el elemento a utilizar por la accesibilidad de viento en la zona y el diseño vertical favorable (ver imagen1), ya que este tiene la capacidad de funcionar bien a bajas alturas. [1]

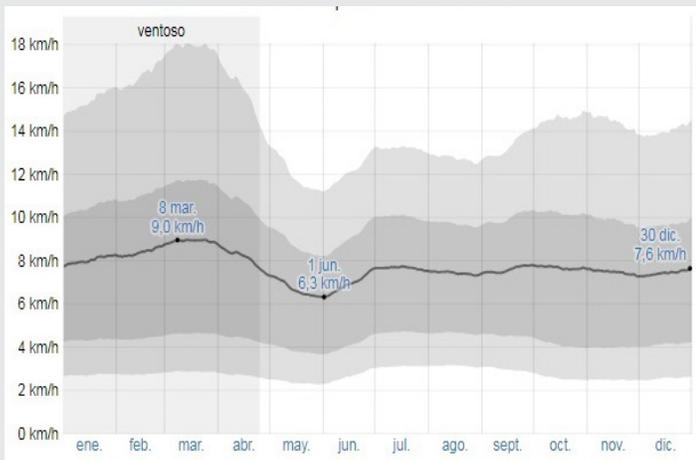


Imagen 1. Promedio de velocidad media del viento en la zona de Chalco durante el transcurso del año. Fuente: Wheaterspark, 2016.[1]

Utilizando el principio de sustentación, la ley de Betz [2] y el principio de inducción electromagnética se procede al análisis en CAD (ver imagen 2) y se continúa con la construcción de un aerogenerador compacto y eficiente.

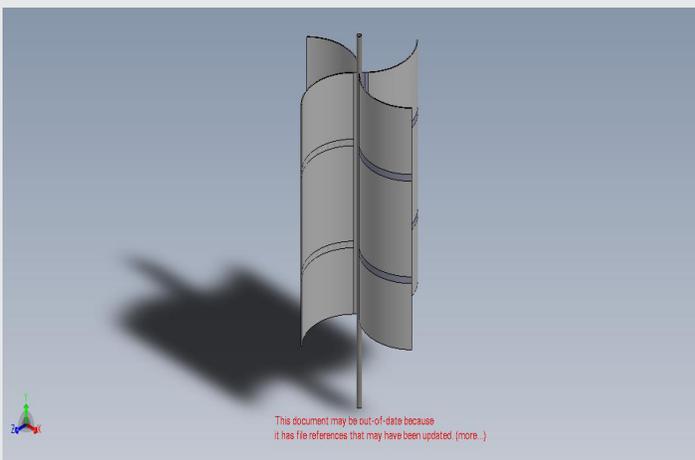


Imagen 2. Diseño de las alabes del aerogenerador propuesto. Fuente: propia.

Para tener una correcta utilización de los vientos generales y la ubicación de máquinas se deben tener en cuenta el axioma (Bjerknes), el cual indica el movimiento o sentido del giro: "cuando el gradiente de presión y el gradiente de temperatura tienen distinta dirección, se produce una circulación de aire desde el gradiente de presión al gradiente de temperatura". [2] Mientras los vientos sinópticos permiten esquematizar su movimiento por un vector orientado en el sentido hacia el cual sopla y cuyo origen está situado en el lugar de observación. Los vientos regionales están regidos por desplazamientos de tipo sinóptico de la masa de aire, la cual es más fina y precisa que la circulación general de Hadley y cuyas características son deter-

minadas en función de situaciones meteorológicas dadas y muy precisas; como la configuración isobárica y la posición de los frentes.

Tanto los vientos generales como los sinópticos están ligados a la circulación atmosférica y mantienen las mismas características sobre grandes extensiones de terreno. [3]

La dirección del viento a nivel del suelo está influenciada por la situación topográfica del lugar considerado, la frecuencia de las direcciones no es siempre una característica general en consonancia con la situación isobárica media como lo es la posición respectiva media de anticlones y depresiones a lo largo del año, los vientos particulares y locales son la prueba de esto.

La teoría de la aerodinámica se desarrolló durante las primeras décadas del siglo XX, permitiendo comprender la naturaleza y el comportamiento de las fuerzas que actúan alrededor de las palas de las turbinas. En Rusia, Joukowski, Drzewiechy y Sabinin, en Alemania, Prandtl y Betz, en Francia, Constantin y Enfield fueron algunos de los científicos que desarrollaron la teoría de la aerodinámica para usos aeronáuticos y establecieron los criterios básicos que debían cumplir las nuevas generaciones de turbinas eólicas.

En 1927, Betz demostró que el rendimiento de las turbinas aumentaba con la velocidad de rotación y que en ningún sistema eólico se podía superar el 60% de la energía contenida en el viento. La teoría también demostró que cuanto mayor era la velocidad de rotación, menor importancia tenía el número de palas, por lo que puede construirse una turbina con una sola pala sin que disminuya significativamente su rendimiento aerodinámico. [4]

MATERIAL Y METODOS

Se desarrolló la memoria de cálculo, diseño y construcción de un prototipo de generador vertical. Con base en las estadísticas de viento en la zona oriente del estado de México, principalmente en la localidad de Chalco, se procedió a calcular el área de los alabes, el generador (motor), la potencia requerida, la potencia eléctrica obtenida a través del generador asíncrono. En un principio se realizó la construcción de los alabes utilizando lana de vidrio, catalizador y resina; obteniendo una superficie porosa y que presentaba más resistencia al paso del viento. La solución para este percance fue utilizar placas de fibra de vidrio comerciales, debido a que estas placas son de superficie lisa e ideales para el prototipo.

QFD

El despliegue de funciones de calidad (QFD) es utilizado a nivel mundial como una metodología que traduce la voz del cliente en parámetros de diseño para que estos puedan desplegarse, en forma horizontal, den-

tro de los departamentos de planeación, ingeniería, manufactura, ensamble y servicio(Gonzalez,2001).

Esta metodología fue utilizada en el presente proyecto dado que ayudó a identificar que es importante y con ello proveer un sistema basado en la lógica y así reemplazar la toma de decisiones basadas en emociones(Hunt,2003).

La casa de la calidad para el presente proyecto consta de las ocho áreas base del QFD, las enumeradas del uno al cuatro conforman los parámetros básicos y las siguientes cuatro originan sus matrices de relación, (ver imagen 3).

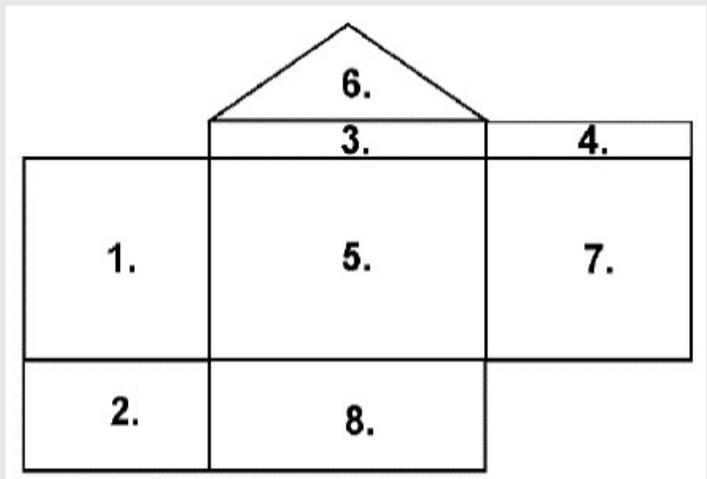


Imagen 3. Esquema general de la casa de calidad QFD del aerogenerador propuesto. Fuente: propia.

- Las áreas y las matrices enumeradas en la imagen 3 son:

 1. Área de requerimiento del usuario.
 2. Área de evaluación técnica.
 3. Área de características de calidad.
 4. Área de factor de evaluación.
 5. Matriz de correlación.
 6. Matriz de sensibilidad.
 7. Matriz de evaluación.
 8. Matriz de puntuación.

En la imagen 4 se muestran las cuatro áreas principales y las cuatro matrices, aplicadas al aerogenerador que se desarrolló en el presente trabajo, esta metodología fue aplicada con la finalidad de tener un producto desarrollado en forma preventiva y que tenga un número muy pequeño de correcciones.

Al desarrollar las especificaciones de ingeniería se establecieron parámetros medibles en función de las características de un aerogenerador eólico, por lo tanto, se investigó con el objeto de obtener los valores o características de cada uno de los competidores que cumplieran con cada una de las especificaciones de ingeniería previamente establecidas. Los objetivos

de ingeniería satisfechos son los valores que debería presentar el nuevo equipo que se quiere diseñar, mientras que los insatisfechos son valores que no debe presentar el nuevo equipo.

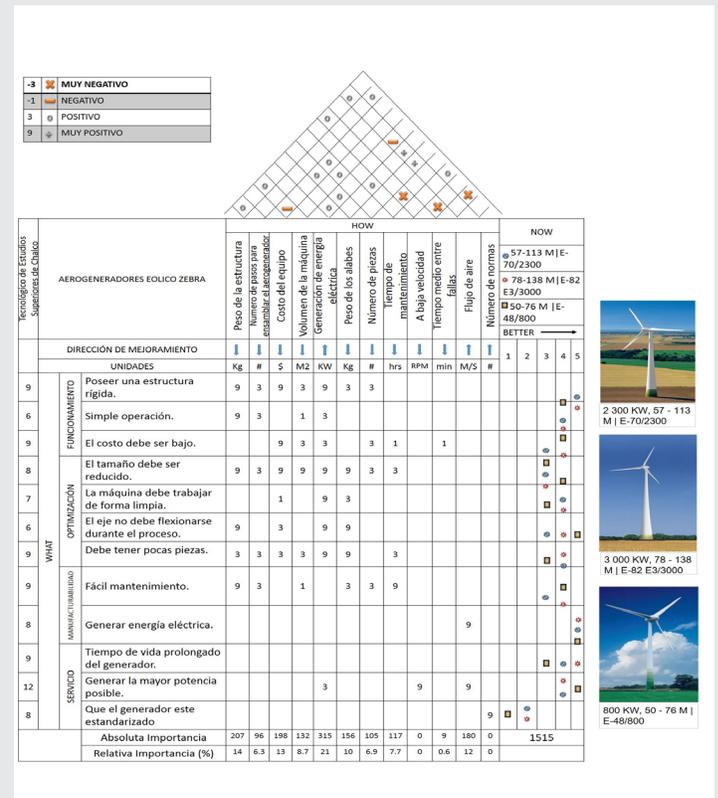


Imagen 4. Casa de calidad QFD del aerogenerador propuesto. Fuente: propia.

A partir de la imagen 4 podemos tener una certeza de los intervalos entre los valores máximos (satisfecho) y los mínimos (insatisfecho) es la información que será de utilidad en las etapas siguientes. Los criterios para la dirección de mejoramiento mostrados en la figura 4 “para hacer más fácil el adjuntar requisitos” puede ser medido por (1) el número de pasos necesarios para adjuntarlo, (2) el tiempo para adjuntarlo, (3) el número de piezas y (4) el número de herramientas estándar usado.

Un punto importante aquí es que se debe hacer todo lo posible para encontrar tantas formas como sea posible para medir los requisitos de los clientes. Una posible solución es dividir el requisito en partes independientes más finas o rehacer el paso de identificación de necesidades del cliente con atención específica a ese requisito, sobre todo en el diseño de detalle y con ello lograr proponer un equipo competitivo.

RESULTADOS

La velocidad promedio en Chalco es de 6.3 km/h equivalente a 1.75 m/s [1], la cual es la velocidad tangencial de nuestra turbina. Y se propone un radio de alabes de 0.50 m. Teniendo estas variables, procedemos a

calcular el valor de la velocidad angular utilizando la ecuación 1. [3]

$$v = \omega \cdot r \quad \text{Ec(1)}$$

Donde; v es la velocidad promedio, r es el radio de un alabe y ω es la velocidad angular.

$$\omega = \frac{(1.75)(60)}{0.50} = 210 \text{ rpm}$$

Mecánicamente con una banda de relación 6 a 1, la velocidad angular será elevada a 1260 rpm.

Para el cálculo de la potencia, debido a que se trabaja con un fluido, se debe calcular el caudal del viento, esto se realiza utilizando la ecuación 2. [3]

$$Q = A * v \quad \text{Ec(2)}$$

Donde; Q es el caudal, A es el área de uno de los alabes y v es la velocidad promedio.

$$Q = \left(1.75 \frac{m}{s}\right) (0.5 \text{ m}^2)$$

$$Q = 0.875 \frac{m^3}{s}$$

$$P = Q\rho gh \quad (3)$$

Donde; P es potencia, Q es el caudal, ρ es la densidad del aire, g es la constante gravitacional y h es la altura ideal.

$$P = \left(0.875 \frac{m^3}{s}\right) \left(1.28 \frac{kg}{m^3}\right) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) (10 \text{ m}) \quad \text{Ec.(3)}$$

$$P = 109.872 \text{ W}$$

Pero de acuerdo a la eficiencia de Betz, un aerogenerador tiene una eficiencia del 40%. [2]

$$P = (109.872 \text{ W})(0.40) = 43.95 \text{ W} \quad \text{Ec.(4)}$$

Por lo cual nuestra potencia es de 43.95 W, pero multiplicando esta potencia por los cuatro alabes que tiene nuestra turbina y por un lapso de tiempo de 12 horas, obtenemos.

$$P = (43.95 \text{ W})(4)(12 \text{ hrs}) \quad \text{Ec.(5)}$$

$$P = 2636.93 \text{ W} = 2.636 \text{ kW}$$

La potencia producida total en la turbina será: 2.636 kW

CONCLUSIÓN

Al elaborar un primer prototipo, se observó que la superficie debe de tener la menor rugosidad posible, es por ello que se emplearon nuevos alabes. La rugosidad dependerá del material, en función de un menor

coeficiente de rugosidad el arrastre generado por el alabe será menor. Con base en el material utilizado se tiene un coeficiente de rugosidad de 0.1 mm.

Otra observación que se hizo fue que para mayor eficiencia de viento, el aerogenerador podría colocarse en zonas próximas a carreteras de gran afluencia vehicular, por lo que como segunda etapa se pretende desarrollar nuevos prototipos en estas zonas para optimizar la generación de energía eléctrica.

Durante la realización de este trabajo, se determinó que un generador asíncrono de corriente directa con una conexión de auto excitado con imanes permanentes tiene mayor eficiencia para la generación de corriente eléctrica.

En una segunda etapa se planea integrar: paneles solares y un banco de baterías; esto debido al aumento de corriente eléctrica que se generara. Así como también cambiar la estructura base.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Ventures C.L, *Wheaterspark*. Acceso en Marzo 2018 [En línea] Available at: <https://es.wheaterspark.com/y/6691/Clima-promedio-en-Chalco-México-durante-todo-el-año>

[2] López, M.V. *Ingeniería de la Energía Eólica*. (2013). 1a. Edición. México: Alfaomega.

[3] Orozco M.E. (2014). *Comparación de herramientas de diseño para alabes de aerogeneradores eólicos de baja velocidad de viento*. Pachuca, Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

[4] Cueva B. L.V. (2015). *Diseño y construcción de un generador eólico de eje vertical tipo Savonius para producir 20 W*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

[5] Ullman D.G. (2010). *The mechanical design process*. 4th Edition. NY,US: McGraw-Hill

[6] Gonzalez, M. E. (2001). *QFD La función despliegue de la calidad; una guía práctica para escuchar la voz del cliente*. Mc Graw-Hill, México.

[7] Hunt, R. A. y Xavier, F. B. (2003). "The leading edge in strategic QFD", *International Journal of Quality and reliability Management*, Vol. 1 West Yorkshire, England.

[8] Talayero, N.A.P. & Telmo, M.E. (2011). *Energía Eólica*. Segunda ed. España: Prensas Universitarias de Zaragoza.

[9] Rivkin, D. et.al. (2013). *Wind Turbine Technology and Desing*. United States of America: Jones & Barllet Learning.