



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL ÁREA  
MECÁNICA  
DE LAS  
INGENIERÍAS

FoDAMI

## CONSTRUCCION Y PRUEBAS DE UN SISTEMA EOLICO BIOINSPIRADO PARA EL BOMBEO DE AGUA EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA- CASO USME

**Cortes P. Danitza<sup>\*1</sup>, Sierra V. Fabio<sup>2</sup> y Gaitán A. Jorge<sup>3</sup>**

<sup>\*1</sup> Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Colombia  
Carrera 45 No 26-85 – Bogotá D. C. – Colombia  
correo-e: damcortespe@unal.edu.co

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Colombia  
Carrera 45 No 26-85 – Bogotá D. C. – Colombia

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura  
Carrera 8H N° 172-20 edificio Fray Rogelio Bacon- Bogotá D.C. – Colombia  
Correo-e: Jorge.aeronautica@gmail.com

### RESUMEN

En este proyecto se realizó la construcción de un Sistema Eólico Bioinspirado a escala, que será utilizado en el bombeo de agua para zonas rurales, como es el caso de la zona de Usme perteneciente a una de las 20 localidades de Bogotá D.C (Colombia). Siendo esta un área rural de escasos recursos económicos y el servicio de la red eléctrica es parcial. A diferencia de esto, cuenta con un recurso eólico suficiente para la instalación de estos sistemas eólicos usados en el bombeo. En el marco del proyecto se realizó la construcción a escala de un prototipo inspirado en una planta Verbenacea (*Petrea Volubilis*), en la que sus alabes están contruidos en material compuesto (Fibra de Carbono y Fibra de Vidrio) de alta resistencia.

Este diseño puede generar energía eléctrica suficiente para el bombeo de agua teniendo en cuenta el potencial eólico disponible en esta zona. Adicionalmente se realizó la evaluación del recurso eólico y la rugosidad del terreno determinando la potencia nominal del viento, adecuada para el funcionamiento del rotor a escala en las condiciones que presenta el terreno.

El prototipo presenta grandes ventajas para el aprovechamiento del viento, puesto que es una excelente alternativa para las zonas rurales no interconectadas. Adicionalmente la implementación de este sistema presenta bajos costos y aprovechando el recurso natural para el suministro de energía eléctrica; siendo esta una solución energética en Colombia.

La construcción y pruebas del sistema se realizaron con el apoyo del Grupo de investigación "Mecanismos de Desarrollo Limpio y Gestión energética" de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá y Universidad San Buenaventura mediante el convenio de la Red Internacional para la Promoción de la Investigación y Docencia en Energización Rural para el Desarrollo Agroindustrial Sostenible – PRIDERAS.

**Palabras Claves:** Energías renovables, energía eólica, rotor bioinspirado, potencia eléctrica, zonas rurales.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

## 1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías innovadoras como son en este caso los rotores eólicos para sistemas de bombeo, en la que su diseño se encuentra basado en el modelo natural de la inflorescencia de una planta de la familia de las verbenáceas, que consta de 5 palas, imitando la forma de los pétalos de la flor que presenta una autorotación al desprenderse de la planta para esparcir su semilla; dicho diseño por sus características geométricas y aerodinámicas brinda mayores rendimientos que los diseños actuales, transformando la energía cinética disponible en la corriente de aire, en energía mecánica, generando así una mayor eficiencia global al acoplarse a un sistema de aerobombéo [1], hasta el momento existen 3 tipos de sistemas eólicos para bombeo de agua.

Con este nuevo diseño de rotor eólico implementado en aerobombas se abre la puerta a una cuarta clasificación ya que presenta como ventajas un rotor con un rendimiento superior, liviano, cuya construcción es de bajo costo y que puede ser acoplado a los equipos de transmisión y bomba existentes para su posterior uso en las zonas en la que la energía eléctrica es escasa y de difícil acceso.

### 1.1. Energía Eólica

El viento es el aire en movimiento la cual es una forma indirecta de la energía solar, originado por el calentamiento desigual de la superficie terrestre, este junto a la rotación de la tierra crean unos patrones globales de circulación del aire en la atmósfera, como la Circulación planetaria, que se genera debido a la incidencia de los rayos solares sobre la Tierra, la rotación de ésta varía según la zona y la época del año y por ultimo circulación a pequeña escala que es determinada por la orografía del terreno, como las montañas y la presencia del mar, las cuales se encuentran contenidas 3 componentes principales como: Velocidad y dirección, Características del terreno y La densidad del aire.

#### 1.1.1 Estimación de la conversión de la energía eólica a eléctrica

Para la estimación de la conversión de la energía eólica a eléctrica se utilizara la metodología de la combinación de la información del recurso eólico con el comportamiento típico de un equipo mecánico de conversión de energía eólica, es decir que con los resultados de los modelos matemáticos aplicados y con los comportamientos típicos de los equipos eólicos se obtendrán unas características suficientes para decidir qué tipo de sistemas de conversión de energía eólica serán los indicados para obtener el mejor desempeño del rotor bioinspirado. [2]

#### 1.1.2 Rotor bioinspirado y sus características



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

El rotor bioinspirado está basado en el diseño natural de una inflorescencia de la planta conocida comúnmente como Chorrillo (*Petrea Volubilis*, Figura 1), esta presenta cinco pétalos curvados unidos al eje floral que contiene la semilla. Este modelo tiene la particularidad de empezar a rotar sobre su eje cuando se desprende de la rama que la soporta, su diseño natural es el de una semilla voladora y está diseñado para que la semilla tenga una tasa de descenso pequeña y se mantenga en la corriente de aire por el mayor tiempo posible, este fenómeno es conocido como vuelo de auto-rotación. [3]



Figura 1. Inflorescencia de la *Petrea Volubilis*

Existe una relación estrecha entre los estados de la autorotación del rotor y el de los molinos de viento, ya que el estado del molino tiene que ver con una configuración en las palas del rotor que tiende a producir el máximo momento par, a pesar de la fuerza de empuje generada. En el estado de autorotación, la configuración de las palas del rotor permiten una máxima resistencia axial al viento con un momento par de salida igual a cero. Los ángulos de paso positivos moderados son adecuados para la autorotación y los ángulos negativos son los mejores para el estado del molino de viento. Basado en el concepto anterior, es posible adaptar el diseño natural que se tiene, para que se comporte como un rotor en estado de molino, lo que significa pasar de tener un productor de empuje a un productor de momento par, mediante el establecimiento de un parámetro aerodinámico como lo es el ángulo de paso en el rango de valores adecuados.

## 2. PROPUESTA DE MECANISMO

La propuesta que se adoptó, para la variación del mecanismo de las palas en el disco acoplado a al rotor se muestra en la (figura 2).

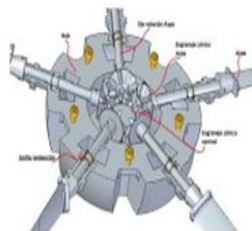


Figura 2. Propuesta de montaje de sistema de variación de paso del mecanismo de palas.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

Este sistema de variación de paso, funciona con la rotación de un engranaje cónico central, que va ensamblado a los 5 ejes por medio de 5 engranajes cónicos. La retención de los ejes que soportan las aspas de la turbina se logra por medio de anillos seeger, estos se encuentran conectados a los rodamientos, de esta manera se logra que, el paso sea siempre el mismo. Una vez evaluado el mecanismo se procedió a elaborar las piezas en máquinas de control numérico (CNC), así como la fabricación de la pieza HUB o de soporte de las Aspas de la turbina.

La pieza se elaboró en dos partes como se muestra en la (figura 3), ésta pieza se elabora de esta manera debido a que el agujero de cada una de los ejes del hub, aloja un rodamiento interno para evitar que exista pandeo por parte del eje de cada aspa y para asegurarlo en un posible movimiento axial.

### 3. PROCESO DE FABRICACION DE LAS PALAS

Para el proceso de fabricación de cada una de las palas, se realizó en material compuesto con las siguientes características: Fibra de Carbono, Fibra de Vidrio, Vitelmat y Resina -Catalizador

#### 3.1 Realización del molde para las palas del rotor Bioinspirado

Es realizo el molde a partir de una matriz en material de icopor de densidad 30, con las siguientes dimensiones: 1,5X0,6X0,3 metros. De esta matriz se debe extraer un molde en fibra de vidrio no estructural; para la elaboración de la matriz, se realizó el código en un software de CAM basado en el diseño por el software de CAD. El proceso que se puede ver en la (figura 3) a continuación en la que se observa el proceso de corte del icopor.



Figura 3. Fabricación del molde

La pieza obtenida en la máquina de control numérico, posee ciertas imperfecciones debido al material usado para su fabricación y por las herramientas usadas para obtener la forma de la matriz. Una vez obtenida la matriz se procede a la obtención del molde. Con el objetivo de preparar la superficie para dar acabado superficial con la resina como se muestra en la (figura 4). En el cual la resina epóxica es el agente primario de sellado, el proceso de gelado se realiza entre 30 y 40 minutos, y el curado o seco al tacto es de 24 horas.



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL ÁREA  
MECÁNICA  
DE LAS  
INGENIERÍAS

FoDAMI

Ya seca la primera capa de resina epóxica se pulen las imperfecciones de grumos y se aplica una segunda capa de resina dejándola secar 24 horas, para aislar el icopor ya que la resina poliéster (resina de la fabricación del molde) ataca químicamente al icopor derritiéndolo. Y una vez curada la resina se aplica una capa de rubing para sacar brillo, ya que el brillo que se le aplique al molde será transmitido a la pieza.



Figura 4. Acabado Superficial del molde

De esta manera se tiene la matriz terminada y lista para realizar el molde, en este caso es necesario aislar la matriz de los elementos constitutivos del molde (resina de poliéster, fibra de vidrio y gealcoat). La cera desmoldante se debe aplicar doce capas de esta y por cada capa de cera hay que sacarle brillo con una estopa, esto con el fin de facilitar el desmolde.

Se debe empapelar o enmascarar las partes en las que no se aplicó la resina epóxica y aplicarle una capa de alcohol polivinílico y dejar secar bien para que no se adhiera el molde a la matriz, seguidamente se cataliza y se aplican dos capas de gealcoat con una pistola de resina dejándola secar entre capa y capa 40 minutos, preparando la resina poliéster con mek peróxido que se aplica con brocha sobre el molde con gealcoat.

Con el molde ya listo se procede a fijar la primera capa de fibra de vidrio que en este caso sería Velo de superficie para que no formen tantas burbujas de aire, se emplea una capa de resina catalizada. Posteriormente se acomoda una segunda capa (delgada) de fibra de vidrio (Hilo roving) para que en las curvas que tiene el molde no se creen burbujas de aire y se vuelve a remojar con la resina catalizada. Se deja secar (o gelar) por unos 25 minutos para instalar las válvulas de desmolde y seguir laminando, con una capa más de resina humedeciendo suavemente el molde y aplicando otra lamina de Hilo roving remojado con resina; luego se emplea una capa de tela Mat humedecida con resina fijando la capa de hilo roving con resina, para así aplicar una capa de tela Mat con resina y se deja gelar por 25 minutos más con el fin de que el molde no se deforme, ya que al agregar demasiadas capas de fibra con resina se produce una reacción exotérmica (es decir se produce calor de adentro hacia afuera) debido a la reacción entre el meck peróxido (catalizador) y la sal de cobalto (acelerante).



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL ÁREA  
MECÁNICA  
DE LAS  
INGENIERÍAS

FoDAMI

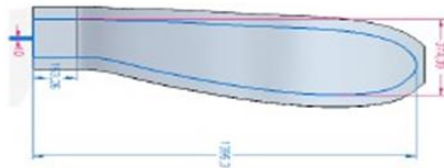
Por ultimo se cataliza otra porción de resina y se aplica nuevamente otra capa de fibra de Hilo roving con resina, reforzando el molde con una última capa de fibra woven roving. Volviéndola a humedecer con resina y se termina la preparación del molde con una lámina de fibra Tela Mat y se deja curar por 12 horas para poder desmoldar y cortar las rebabas con la pulidora, obteniendo el molde uniforme para la elaboración de cada aspa del rotor como se muestra en la (figura 5).



Figura 5. Obtención del molde listo para la elaboración de cada aspa.

## 3.2 Elaboración de las Palas

Para la realización de cada una de las palas de la turbina eólica, se llevó a cabo un estudio sobre cuantas capas de fibras y material de núcleo se necesitan, luego el área total de la pala como se muestra en la (figura 6) para así saber qué cantidad de fibra y material de núcleo se iba a emplear para cada pala, conteniendo 15 capas de material compuesto, fibra de vidrio, fibra de carbono y Vitelmat.



Datos de una pala	
Área	0.42 m <sup>2</sup>
Altura	1.3953 m
Ancho	0.37434 m

Figura 6. Diseño y Medidas de cada pala

El primer paso para la construcción de las palas es cortar el material con las medidas anteriormente mostradas. Luego se encera el molde para que al momento de desmoldar el proceso sea fácil y no se vaya a quebrar la pala, así aplicar alcohol polivinílico a la pala y usar una pistola de calor para secar rápidamente a la temperatura adecuada. (Hay que tener en cuenta una distancia prudente al molde para que el calor no vaya a dañarlo). El siguiente paso después de que el alcohol se ha secado es comenzar con cada capa pesando el material, para hacer la proporción de resina- catalizador.

En el momento de hacer la mezcla resina – catalizador se debe tener precaución con las proporciones de la mezcla debido a que de no ser así la pieza se puede perder por completo. Previamente se ha cortado un plástico doble donde se pondrá cada capa de material y donde



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

también se le aplicará la mezcla resina - catalizador correspondiente; al haber terminado con todas las capas se procede a poner una tela absorbente (brioni y güata) de resina para mejor acabado y al embolsar el molde para conectarlo al compresor, para su posterior secado (curado).

La presión de vacío a la que se debe mantener es de 20 Hg-in, con el objetivo de eliminar cualquier burbuja o aire incrustado dentro de la pieza, además garantiza que la pieza sea compacta disminuyendo el peso de la misma absorbiendo la resina excedente.

La cantidad porcentual de peso de la resina y la fibra en relación al peso total de la parte curada debe ser de la mitad, a esto se le conoce como fracción volumétrica o fracción de peso. Y se mide como la relación del peso de la resina en relación al peso de compuesto total; si la fracción volumétrica se puede lograr igual a 0,5 significa que la resistencia de la pieza será soportada por fibra y la resina. Por ultimo después de 48 horas de secado y conectado al compresor se desmolda la pieza como se muestra en la siguiente (figura 7), proceso que se realiza para cada una de las 5 palas del rotor.



Figura 7. Fabricación y desmolde de cada pala.

### 3.3 Construcción del soporte de las palas

El diseño del sistema de paso de la turbina eólica consiste en un mecanismo que transforma un movimiento lineal, en uno rotacional. Este mecanismo consta de 6 elementos principales, los cuales son: la base, la sección de apoyo de la pala, la estrella central, tres brazos de unión móviles; además de elementos de fijación y de unión que tendrá el sistema, como se muestra en la (figura 8)

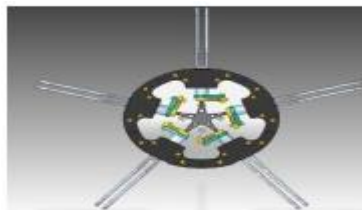


Figura 8. Diseño de paso de la turbina eólica



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

### 3.3.1 Sección de apoyo de la pala

La sección de apoyo de la pala es la estructura que va a soportar las aspas. Está compuesta por 5 piezas unidas por medio de tornillos Bristol de 5x50 a la base, una al lado de la otra, formando en conjunto un aro. La primera pieza es un aro hueco, que posee un agujero para el brazo que soporta las aspas de 26 mm de diámetro con un ensanche de 32 mm de diámetro como se muestra en las (figura 9) para así lograr colocar los rodamientos entre cada agujero.

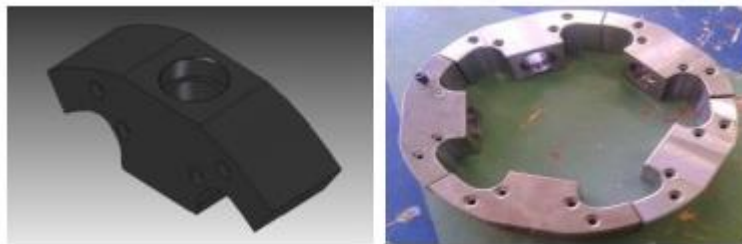


Figura 9. Sección de apoyo de la pala

### 3.3.2 La base

La base es la parte de la estructura a la que se le proporcionara el movimiento rotacional de la turbina, por medio de una brida que le trasmite el movimiento. Unida a las secciones de apoyo por tornillos Bristol de 8x20, formando un conjunto el aro principal del mecanismo y las secciones como se muestra (figura 10).



Figura 10. Base de la turbina y acabado de la pieza completa

Este aro es de 250 mm de diámetro. En la parte frontal tiene 20 agujeros de 5mm de diámetro en el que van cada uno de los tornillos para unir las secciones de apoyo de las palas, 4 agujeros de 8mm de diámetro en el que van los tornillos de unión a la brida y un agujero de 26,5mm de diámetro por el que pasara el eje de la estrella central.

Al terminar las 5 aspas, el soporte, la base y las secciones se inicia el ensamble de las aspas a la base obteniendo un resultado final, como se muestra en la (figura 11), antes de realizar el montaje completo con el generador para dar inicios a las pruebas del mismo



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI



Figura 11. Ensamble de las 5 aspas bioinspiradas

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Evaluación del potencial eólico

En la fase inicial se evaluó el potencial eólico en la zona de Usme, mediante datos experimentales de velocidad y dirección del viento, con una estación meteorológica que fue instalada en la localidad, en cercanías al Parque Entre Nubes. La estación Meteorológica inalámbrica Modelo 6163 Wirelees soil Leaf Wetnees and Temperature, permite la toma datos experimentales en tiempo real, tales como: la velocidad y dirección del viento, radiación solar, temperatura, presión y humedad relativa. [4]

Para realizar las mediciones, se ubicó la estación a 10 metros sobre el suelo y a 3086 msnm (la altura correspondiente al cerro de Juan Rey en de la localidad, la estación registra datos cada 10 minutos, los cuales son almacenados y posteriormente analizados. Según los datos registrados durante el periodo de marzo-abril de 2013 según la (figura 12), en la que se observa la velocidad de viento en m/s con relación al número de datos registrados, siendo un total de datos de 9366 obtenidos cada 10 minutos, la velocidad promedio del viento fue de 4,53 m/s (donde se alcanzan las mayores velocidades, altas en 10 m/s y bajas en 0.5 m/s) a una temperatura promedio 11,88°C.

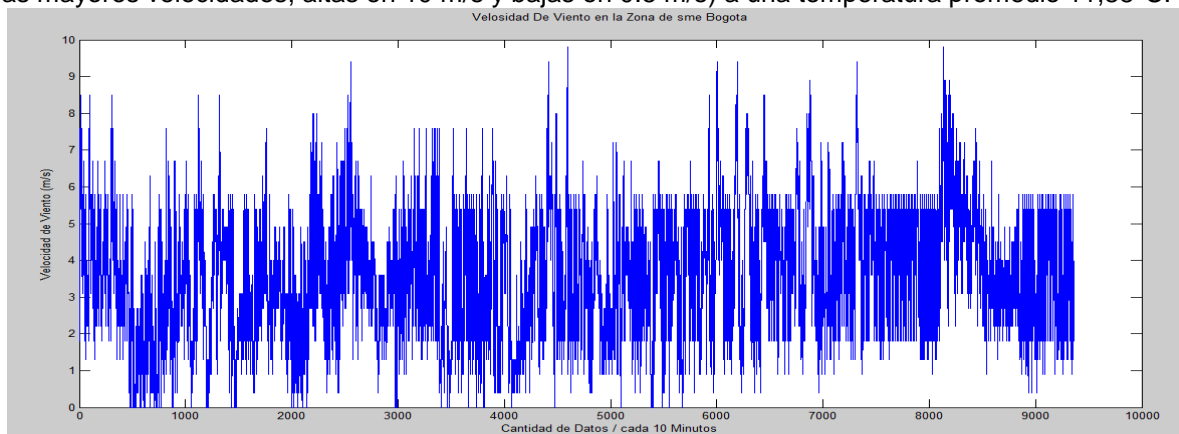


Figura 12. Grafica de la velocidad del viento Vs el número de datos registrados



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL ÁREA  
MECÁNICA  
DE LAS  
INGENIERÍAS

FoDAMI

En el análisis de los datos obtenidos, se realizó el histograma de velocidades para todos los datos observando una tendencia hacia la izquierda como se muestra en las (figura 13 y figura 14) respectivamente, las cuales son las velocidades que más frecuencia tienen durante los meses de Marzo y Abril del Año 2013. Para realizar el procesamiento matemático se dividieron los meses, observando las tendencias de cada mes y así tener en cuenta a qué velocidad el rotor inicia su rotación. Asumiendo que la velocidad mínima de arranque es de 3 m/s iniciando su movimiento rotacional para así encender la turbina y dar paso a la generación de energía eléctrica a partir del viento.

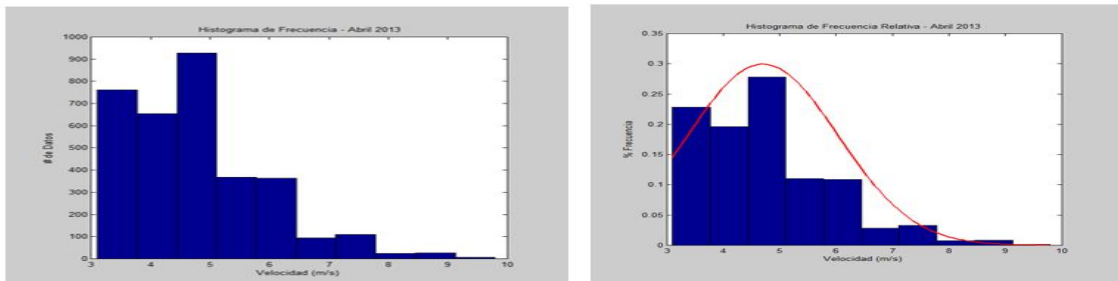


Figura 13. Histograma de velocidades para el mes de Marzo

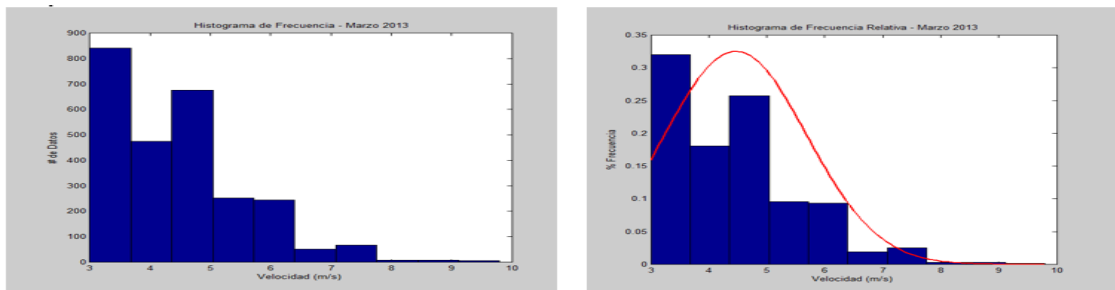


Figura 14. Histograma de velocidades para el mes de Abril

Teniendo en cuenta las gráficas se observa que las velocidades predominantes se encuentran entre 4 y 5 m/s durante periodos más largos, originando de esta manera que el arranque del sistema bioinspirado para su posterior inicio de generación de energía eléctrica y lograr encender la bomba y dar un uso eficiente.

## 4.2 Escalamiento y diámetro del rotor

Para el escalamiento del rotor, es necesario conocer las condiciones de la zona y obtener la densidad del aire. Conociendo la potencia requerida, el coeficiente de potencia, la densidad y la velocidad promedio del aire, se obtendrá el diámetro del rotor. Si la potencia requerida es de 20 kW, se obtiene un diámetro del rotor a escala de la siguiente manera como se muestra en la ecuación (1):



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

$$P=0.5 C_p \delta AV^3 \quad (1)$$

Dónde: P = Potencia obtenida, [kW].  $C_p$  = Coeficiente de máxima potencia, en el rango de 0,25 a 0,45 adimensional (siempre es inferior a 0,59).  $\rho$  = Densidad del aire, [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]. A = Área de barrido del rotor determinado con la siguiente ecuación (2).

$$A = \pi D^2 / 4 \quad (2)$$

Donde D es el diámetro del rotor y  $\pi$  equivale a (3.1416). Con estos datos se obtienen el rotor a escala con los valores de referencia como se muestra en la siguiente (tabla 1), indicando la capacidad del mismo.

Tabla 1. Datos de referencia del rotor

P	20 KW
$C_p$	0.4
$\delta$	0.899 $\text{Kg}/\text{m}^3$
V	4.53 m/s
D	1.96 m

Es de vital importancia resaltar que la energía cinética del viento depende en una relación directamente proporcional de la densidad del aire, es decir, de su masa por unidad de volumen. Esta densidad aumenta ligeramente con el aumento de humedad y es inversamente proporcional al aumento de la temperatura como se muestra en la (tabla 2) en la que se refieren a los valores para la ciudad de Bogotá. [4] y [5]

Tabla 2. Valores para determinar la densidad del aire

	BOGOTA
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	11.88
Humedad relativa (%)	72
Volumen específico ( $\text{m}^3/\text{Kg}$ )	1.11
Densidad ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )	0.899
Diámetro del rotor (m)	1.97



# IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

FoDAMI

Debido a este cambio en la densidad, si se tiene la misma velocidad de viento y se requiere generar la misma potencia, el tamaño del rotor varia de diámetro a 1,76 m. Es por esto que la implementación de este tipo de rotores, proporciona y un avance tecnológico e innovador en la industria pues el costo para suministrar energía eléctrica es nulo, aprovechando uno de los recursos naturales, como el viento en su gran magnitud, siendo una solución energética para las viviendas en Colombia. [5]

## 5. CONCLUSIONES

Observando las velocidades del viento en la zona, se puede concluir que posee el potencial necesario para implementar un sistema eólico de micro generación, debido a que la rugosidad del terreno presenta obstáculos bajos y no interfieren en el desplazamiento del viento, permite una potencia nominal adecuada para el funcionamiento del rotor. La velocidad máxima registrada para el viento en la zona de Usme fue de 6 m/s y la mínima de arranque es de 3 m/s en el horario de 9:00 am a 4:00 pm. Asumiendo que las velocidades de viento registradas y la potencia requerida, permiten establecer el tamaño del rotor, para las condiciones de la zona será de 1,97 m y así dar un buen uso de las energías renovables en diferentes metodologías para la absorción de la energía del viento, y utilización de la energía eléctrica en diferentes procesos.

## 6. REFERENCIAS

- [1] P. e. d. J. Smulders, «Wind Water Pumping: Status, Prospects and Barriers.,» Renewable Energy, Elsevier Science,, vol. Jan. s.l., pp. 587-594., 1994.
- [2] (Upme), «En guía para la utilización de la energía eólica para generación de energía eléctrica, UPME, n° Bogota d.c, colombia., pp. (págs. 5-7)., (2003).
- [3] E. i. series., «Energía eólica en América Latina: Vientos competitivos en crecimiento.,» Junio 2011. [En línea]. Available: En línea [www.BNAmericas.com](http://www.BNAmericas.com) .
- [4] E. R. ., «Energía Eólica, secretaria de energía de la República de Argentina.,» Argentina, 2008

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Ingeniero Fabio Emiro Sierra Vargas director del Grupo de investigación “Mecanismos de Desarrollo Limpio y Gestión energética” de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, quien con su colaboración y conocimientos dieron su tiempo y dedicación junto con los investigadores y colaboradores de la Universidad San Buenaventura mediante el convenio de la Red Internacional para la Promoción de la Investigación y Docencia en Energización Rural para el Desarrollo Agroindustrial Sostenible – PRIDERAS.