



# IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ÁRBOL ARTIFICIAL EÓLICO GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DE NARIÑO

Janier Lisandro Cuaran Cuaran, Brayan Alexander Rojas Tarapuez  
Corporación Universitaria Autónoma De Nariño, San Juan de Pasto-Colombia

Jlcc1800@gmail.com  
brayanbart40@gmail.com

*Resumen- En el documento presentado tiene como objetivo fundamental dar a conocer una síntesis la investigación realizada sobre la obtención de energía eléctrica a partir de la fuente renovable proveniente del viento, en la ciudad San Juan de Pasto capital de Nariño, a continuación, se detallan diferentes puntos de como la obtención del diseño de la turbina en el software SolidWorks y también se hizo simulaciones en el programa, datos de medición fueron tomados con el instrumento electrónico llamado anemómetro, los criterios de evaluación pruebas realizadas y resultados del prototipo.*

Abstract- The main objective of the presented document is to present a synthesis of the research carried out on obtaining electrical energy from the renewable source from the wind, in the city of San Juan de Pasto, capital of Nariño. Below, different points are detailed of how to obtain the design of the turbine in the SolidWorks software and simulations were also made in the program, measurement data were taken with the electronic instrument called an anemometer, the evaluation criteria, tests carried out and results of the prototype.

## I. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la investigación es desarrollar una alternativa para generar energía eléctrica, por medio de la implementación de un prototipo de árbol artificial eólico, en base al análisis de métodos ya existentes de generadores eólicos de eje vertical, que influyen y determinan los parámetros de mecanismos requeridos al diseño, para la transformación de energía eléctrica, mejorando los procesos rudimentarios y artesanales que utiliza el departamento de Nariño.

Siguiendo las líneas de investigación que plantea la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño de apoyar el desarrollo tecnológico, es de vital importancia incentivar y de buscar necesidades en las zonas no interconectadas (ZNI), debido al difícil acceso a sus regiones y la falta de industrialización, lo que ha causado que no progresen, por no tener energía eléctrica las 24 horas del día, [1] esto hace que se bloquen las oportunidades, debido a la ineficiencia de conocimientos tecnológicos, que es una alternativa innovadora que ayudara a futuro, evitando conflictos internos que se viven actualmente.

## II. METODOLOGÍA

En la investigación de proyecto de grado se desarrolla a partir del método inductivo deductivo el cual permite sustraer información general de diversos proyectos que se asemejan o que tienen en relación el mismo principio y con una misma finalidad que es producir energía eléctrica. Cabe resaltar que el método en mención se apoya de la filosofía de la ingeniería concurrente quien conduce a realizar un análisis comparativo, en donde se definen las variables de la competencia, las cuales se tendrán en cuenta para conceptualizar el diseño y materiales del prototipo. Para concretar un diseño acorde a las especificaciones requeridas se emplea softwares de diseño 2D, 3D e impresión 3D como SolidWorks y CURA respectivamente, y para reducir el margen de error en la construcción se realiza previas simulaciones con apoyo del software ANSYS fluid y ANSYS estructural. Seguidamente se procede a la respectiva construcción del prototipo validando el funcionamiento y análisis de los resultados. Finalmente, el prototipo será respaldado por un manual práctico para su funcionamiento, mantenimiento y reciclaje después de su vida útil.

Lo anteriormente mencionado respecto al método deductivo permite sacar conclusiones propias para darles una aplicación específica e innovadora en donde como finalidad es crear dicho prototipo.

Para el desarrollo de esta investigación se plasmaron unos objetivos que permitieron satisfacer la necesidad encontrada en la región y cumplir con el propósito de dar inicio a una idea innovadora, para la generación de energía eléctrica, en el departamento de Nariño aprovechando la fuente eólica.

## III. OBJETIVOS

Desarrollar un prototipo de árbol artificial eólico generador de energía eléctrica en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño.

### *Objetivos específicos*

- ❖ Analizar requerimientos funcionales y no funcionales respectivos a la generación de energía eólica de ejes verticales a partir de la información existente.
- ❖ Diseñar un prototipo de árbol artificial eólico con turbinas tipo Savonius de eje vertical.

- ❖ Construir el prototipo de árbol artificial de acuerdo a parámetros establecidos.
- ❖ Realizar pruebas de funcionamiento y elaborar manuales prácticos de operación.

#### IV DETERMINACIÓN DEL TIPO DE TURBINA

Uno de los principales objetivos es la determinación de la turbina donde se elige un tipo de turbina tipo Savonius, la cual presenta características ideales para la región. Los alabes de la turbina presenta una forma semicircular de diámetro como se muestra en la siguiente figura, ya que es necesario que los alabes sean simétricos en el proceso de diseño, por medio de semicírculos se simplifica su diseño y es posible su construcción. El espacio entre los alabes, puede mejorar el coeficiente de potencia en la turbina, hasta cierto punto se realizaron estudios es seis tipos de turbinas Savonius de diferentes posicionamientos en los alabes. [2]

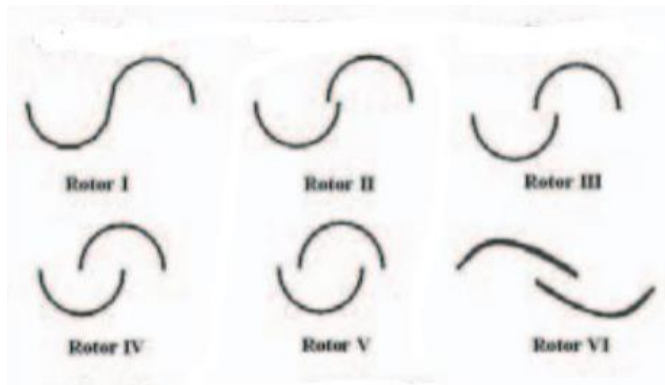


Figura 1. Modelos de alabes Savonius

Para los diferentes tipos de posicionamiento se realiza estudios para determinar en cuál de los seis casos presenta menor fuerza de oposición a la fuerza del viento, y presenta un mayor coeficiente de potencia.

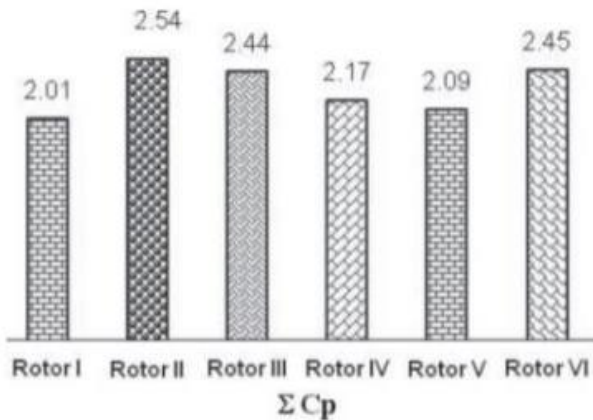


Figura 2. Tabla eficiencia de alabes Savonius

Como se evidencia en los datos anteriores se puede apreciar cuando un espacio entre los alabes se obtiene un coeficiente de potencia

crece. Entre el rotor 1 y el rotor 2 se ve una gran diferencia del coeficiente de potencia donde este cuenta con un mayor Cp. Después el tipo 3,4,5 van decreciendo. Esto quiere decir que el mejor caso para el diseño de la turbina esta entre el rotor 2 y el rotor 3. [3]

#### V. PROCESO PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eólica, se trata de transformar la energía que produce el movimiento de los alabes de un aerogenerador, impulsadas por el viento en energía eléctrica.

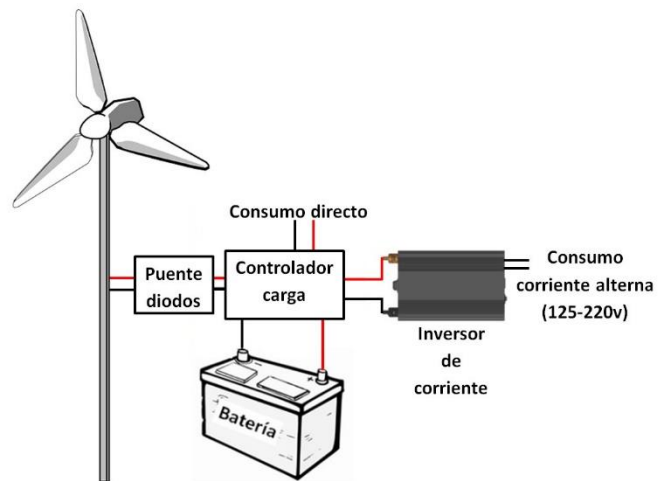
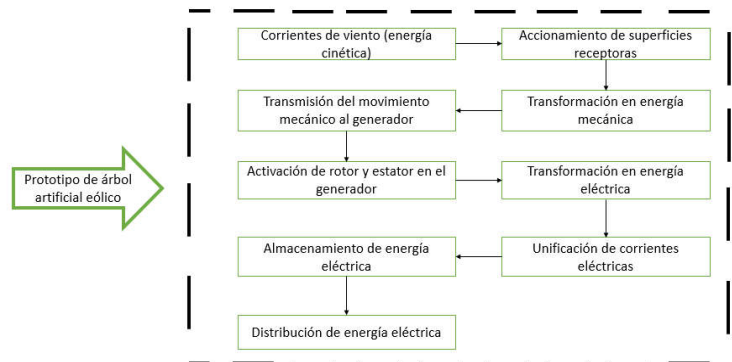


Figura 3. Esquema de transformación de energía eléctrica

En la anterior imagen muestra el proceso que se debe realizar para la obtención de energía eléctrica, el cual primero el viento hace girar al los alabes junto con el eje del generador y este transforma la energía mecánica en energía eléctrica, se conecta un circuito denominado puente de diodos con la finalidad de convertir la corriente alterna en corriente continua, el controlador de carga tiene la funcionalidad de que una vez este cargada este impide el paso de carga, ayudando a que la batería tenga más vida útil y por último se conecta un inversor de corriente este dispositivo electrónico cambia el voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje de salida en corriente alterna, es decir los 12v o 24v de corriente continua son convertidos a 110v o 220v de corriente alterna para el consumo en una vivienda. [4]

Identificación de las Funciones de la Máquina a Partir del Diagrama de Proceso



## VI. DATOS DE VELOCIDAD DE VIENTO EN LA CIUDAD SAN JUAN DE PASTO.

A continuación, se muestra datos de la velocidad de viento, los cuales son de gran ayuda en la investigación.

Promedios diarios de vientos en m/s			
Julio	Agosto	septiembre	Octubre
Día 20: 4.1	Día 12: 4.3	Día 16: 3.4	Día 21: 3.5
Día 21: 2.1	Día 15: 5.4	Día 17: 3.8	Día 22: 3.7
Día 22: 2.5	Día 16: 5.6	Día 19: 4.5	Día 23: 3.2
Día 23: 4.7	Día 17: 4.3	Día 20: 4.2	Día 24: 4.0
Día 24: 2.2	Día 18: 6.4	Día 21: 3.6	Día 25: 3.4

Tabla 1. Velocidad de viento promedio 2019

## VII. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Esta investigación está centrada primordialmente en la obtención de energía eléctrica a partir de la velocidad del viento, en la capital del departamento de Nariño en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño. Donde se evaluará el comportamiento del prototipo para luego poder adaptarlo en otras regiones del departamento específicamente en zonas no interconectadas de este departamento. Donde la población más vulnerable no cuenta con energía las 24 horas del día.

Según el Instituto de Planificación y Promoción de soluciones energéticas para la zona no interconectada (Ipse), la zona pacífica de Nariño es la zona del país con mas amparo en el servicio de energía eléctrica. Ipse menciona que Nariño cuenta con 600 poblaciones no cuentan con una red eléctrica, (aún se iluminan con velas). Seguido de otros departamentos como el Choco, Cauca y Valle del Cauca. [5]

Para ejecutar el presente proyecto a cabalidad se requiere de unas variables de las cuales las que se resaltan y que son las de mayor importancia a tener en cuenta se mencionan a continuación:

### Dependientes.

- Materiales para la construcción del prototipo.
- Tipo de generador.
- Temperatura.
- Densidad del aire.
- Velocidad del viento.

### Independientes.

- Condiciones climatológicas.
- Fluido eléctrico.

En el siguiente cuadro se muestran las necesidades interpretadas de los usuarios, siendo uno el enunciado realizado por ellos y otra la manera que estos son interpretados.

pregunta enunciada	enunciado del cliente	necesidad interpretada
aspectos funcionales	el prototipo debe funcionar con energía del viento	único arranque del prototipo con energía cinética del viento
	el prototipo tiene que ser de fácil instalación	crear manual práctico para instalación del prototipo
	que permita su fácil uso	crear manual práctico-didáctico para su puesta en marcha del prototipo
aspectos técnicos	Estructura seccionada, que permita su fácil transporte	cada uno de sus componentes debe fraccionarse en partes portables para su movilidad
	Los componentes del prototipo tengan larga vida útil	mínimo desgaste de los componentes
	producción de energía eléctrica con velocidades de viento bajas	las mini turbinas se pondrán en marcha con corrientes de viento desde los 1.5 m/s
aspectos ambientales	que la transformación de energías no genere gases contaminantes	el proceso de transformación de energías no produzca gases de efecto invernadero
	que el funcionamiento del prototipo no afecte directamente e indirectamente a los ciudadanos	el funcionamiento del prototipo no altera las actividades realizadas por los ciudadanos

## VIII. PROCESOS EXPERIMENTALES

De acuerdo a las características del generador dice que la potencia nominal es de 0.5 w con 300 rpm y ya que los cálculos arrojados en esta investigación para las revoluciones de las superficies receptoras dan como resultado 10.8 rpm, entonces obtenemos.

$$\frac{300 \text{ RPM}}{3} = 100 \text{ RPM}$$

También se hace la división del voltaje de la misma manera.

$$\frac{0.5 \text{ w}}{3} = 0.1667 \text{ w}$$

Como se menciona a lo largo del documento, las superficies receptoras se accionan con corrientes de viento desde 3 m/s, porque al realizar las pruebas en una turbina se comprueba la potencia nominal teórica.



Figura 5. Pruebas de voltios con multímetro

En la siguiente imagen, a la turbina se le realizaron pruebas de funcionamiento a la turbina en la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, por lo cual su funcionalidad fue satisfactoria se realizaron pruebas con el anemómetro donde la turbina gira a una velocidad de viento de 2 m/s.



Figura 6. Prueba velocidad de viento con anemómetro

También se realizan pruebas a la turbina en el lugar específico donde se ubicará el prototipo, el sitio de adaptación es libre de barreras que impidan u obstaculicen al viento, y llegue directamente a las turbinas.



## IX. RESULTADOS DEL PROTOTIPO

Los resultados arrojados por el prototipo fueron favorables, se recolecto datos de voltaje.

Tabla 2. Datos recolectados

Datos de Voltios cada 5 min	
Marzo 2020	
Dia 1	Dia 2
14,2	18,2
11,2	19,2
10,1	15,3
21,2	23,2
9,8	7,2
17,4	12,1
7,9	17,1
28,5	3,2
20,6	15,9
16,2	22,3
13,3	6,8
1,5	11
4,3	9,3
0,9	11,3
8,3	13,5
6,6	5,2
12,7	1,9
14,2	21,3
8,2	18,3
13,2	14,4

14,3	17,7
10,1	12,6
11,7	12,7
7	22,6
12,3	29,7
9,4	20,2
1,9	10,2
34,2	19,6
6,2	20,5
19,2	8,2
13,2	2,8
15	6,3
12	8,9
<b>Promedio: 12,3333333</b>	<b>Promedio: 13,8787879</b>



Figura 8. Datos de voltios con multímetro

## X. CONCLUSIONES

- El prototipo no afecta y no altera el medio ambiente y ecosistemas respectivamente.
- La implementación de este prototipo y el desarrollo del proyecto de titulación, brinda en las a las ZNI y ZI nariñenses, una alternativa de emprendimiento innovador.
- El uso de este prototipo minimiza costos de producción y brinda oportunidades de acceso al servicio a las ZNI y en las ZI reduce la intermitencia o indicador SAIDI.

- Este prototipo puede ser aplicado en zonas en donde el promedio de velocidad del viento sea de 3.5 m/s.

## XI. RECOMENDACIONES

- A futuro se puede implementar el uso de imanes bajo cada turbina para las zonas en donde la velocidad del viento no es constante.
- En próximas construcciones se puede reforzar la base de las turbinas para que las superficies receptoras no se rompan en zonas donde el viento tiene mayores velocidades.
- Se podría usar tubos de PVC reciclados para construir la estructura del prototipo y reducir costos.
- Para la fabricación de las turbinas es preferible se haga por inyección para reducir costos.

## XII. REFERENCIAS

- [1] Superservicios, «ZONAS NO INTERCONECTADAS-ZNI Diagnóstico de la presentación del servicio de energía eléctrica 2017,» 2017.
- [2] Kumar, «CREACIÓN DE UNA APLICACIÓN PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE TURBINAS SAVONIUS, PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL TERRITORIO COLOMBIANO,» pp. 40-42, 2015.
- [3] Kumar, «CREACIÓN DE UNA APLICACIÓN PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE TURBINAS SAVONIUS, PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL,» n° 42, 2015.
- [4] COELECTRIX, «INVERSOR DE CORRIENTE,» 02 04 2018.
- [5] El Tiempo, «Nariño primer lugar en poblados sin energía eléctrica,» 25 Febrero 2019.



PROHIBIDA SU COPIA