

# IMPLEMENTACIÓN DE UN GENERADOR EÓLICO DE EJE VERTICAL SAVÓNICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE 120 V

AGallardo-Naula, Carlos<sup>1</sup>., Cardoso-Totoy, Diego<sup>2</sup>., Caiza-Quishpe, Luis<sup>3</sup>.,  
Otero-Potosi, Santiago<sup>4</sup>

cgallardo.istg@gmail.com<sup>1</sup>; diegomarcct@hotmail.com<sup>2</sup>; lcaiza@ist17dejulio.edu.ec<sup>3</sup>; sotero@ist17dejulio.edu.ec<sup>4</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-3724-8216><sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-6598-3648><sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-43437280><sup>3</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-1014-9872><sup>4</sup>

Instituto Superior Tecnológico "Guayaquil"<sup>1,2</sup>; Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio<sup>3,4</sup>  
Ecuador

**Recibido (08/06/19), Aceptado (18/07/19)**

**Resumen:** En el Ecuador, la mayor cantidad de producción de electricidad es proveniente de generación hidroeléctrica lo cual resulta contaminante debido a su proceso de producción, sin embargo, el país cuenta con varias oportunidades para lograr generación eléctrica. El proyecto de investigación se enfocó en la construcción e implementación de un generador eólico de eje vertical tipo savonius para el Instituto Tecnológico Superior Guayaquil de la ciudad de Ambato. En el apartado de materiales y métodos, se utilizó el software ANSYS FLUENT para realizar las pruebas de los componentes (acero, aluminio y fibra de vidrio) y su funcionamiento. Se concluye que, para que el aerogenerador mantenga estabilidad, debe contener una afluencia de viento mayor a 60km/h asegurando que este no sufrirá daño.

**Palabras Claves:** Generador Eólico, Energías Renovables, Energía Eléctrica

## IMPLEMENTATION OF A SAVONIC VERTICAL AXIS WIND GENERATOR FOR THE GENERATION OF 120 ELECTRIC POWER (V)

**Abstract:** In Ecuador, the largest amount of electricity production comes from hydroelectric generation which is contaminating due to its production process, however, the country has several opportunities to achieve electricity generation. The research project focused on the construction and implementation of a savonius type vertical axis wind generator for the Superior Technological Institute Guayaquil of the city of Ambato. In the materials and methods section, the ANSYS FLUENT software was used to perform the component tests (steel, aluminum and fiberglass) and its operation. It is concluded that, for the wind turbine to maintain stability, it must contain an influx of wind greater than 60km / h ensuring that it will not suffer damage.

**Keywords:** Wind Generator, Renewable Energy, Electric Power.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo tecnológico avanza rápidamente, debido a ello existen varias formas de generar energía eléctrica renovable de manera rápida y limpia en varias partes de nuestro entorno utilizando de mejor manera los recursos naturales.

En Ecuador, la mayor cantidad de producción de electricidad es proveniente de generación hidroeléctrica la cual resulta muy contaminante debido a su proceso de producción, sin embargo, el país cuenta con varias oportunidades para lograr generación eléctrica que aún no han sido aprovechadas totalmente; como lo son; la energía solar y eólica [1]. Pese a que hay varias empresas privadas que se dedican a fomentar estas energías nuevas y renovables dentro del país, el mayor problema se da debido a su costo y la falta de estudio de los entornos donde estas podrían ser utilizadas y aprovechadas.

En la provincia de Tungurahua, se cuenta con lugares geográficos donde el caudal de viento tiene mayor afluencia y los hace factibles para la generación de energía eólica pudiendo así llegar con energía eléctrica a lugares alejados de la provincia, zonas donde aún no se cuenta con el servicio eléctrico. Este generador de eje vertical savonius, que funciona con caudales de viento mínimos podría generar energía eléctrica limpia y propia para un departamento, vivienda o cualquier entorno que lo requiera.

El Instituto Tecnológico Superior Guayaquil carece de un generador eólico propio, lo cual resulta en una deficiencia muy grande para el aprendizaje en la asignatura de Energías Renovables. Además, hay ocasiones en las que la energía eléctrica de la red se ve interrumpida por fallas ocasionales, lo cual dificulta el transcurso normal de las actividades académicas. Para aprovechar el lugar estratégico en donde se encuentra ubicado el instituto, resulta factible la implementación de un aerogenerador tipo savonius de eje vertical que servirá para la alimentación de energía eléctrica en parte de las instalaciones del instituto.

Entre las causas que provocan la pérdida de la energía eléctrica es el apagado del sistema de iluminación y dejar sin carga a las computadoras de los docentes que se encuentran trabajando en el auditorio quitándoles tiempo que sería mejor aprovechado si tenemos una fuente propia generadora de energía.

Los efectos son el peligro que representa la pérdida brusca de energía eléctrica para los equipos de computación que son utilizados por los docentes pudiendo estos dañarse o cortocircuitarse al no tener la cantidad de energía adecuada en los tomacorrientes también los daños que se pueden presentar en las luminarias del auditorio [2].

Después de observar las causas de desconocimiento de los lugares donde se podría utilizar energías alternativas para la generación de energía eléctrica. Se determina que sin la implementación de un aerogenerador propio seguiríamos pagando dinero por energía eléctrica que podemos generar a través del flujo de viento por el lugar donde se encuentra ubicado el Instituto Tecnológico Superior y así cooperar para el cuidado del medio ambiente y demostrar que podemos obtener energía eléctrica en lugares estratégicos de la ciudad de Ambato.

El objetivo de la investigación se centra en implementar un generador eólico de eje vertical tipo savonius para el sistema de iluminación y tomacorrientes en el auditorio del Instituto Tecnológico Superior Guayaquil de la ciudad de Ambato.

El apartado I explicó los breves antecedentes generados por la problemática de estudio. El apartado II relató la terminología principal de los elementos utilizados en el desarrollo del producto. El apartado III explicó el modelo a desarrollarse y el programa simulador de desarrollo. El apartado IV presentó los resultados que se obtuvieron al simular el prototipo con tres elementos (acero, aluminio y fibra de vidrio) en diferentes escenarios. Para finalizar, el apartado V desarrolló las principales conclusiones a las cuales llegaron los autores.

## II. DESARROLLO

A continuación, se detalla los principales componentes y su funcionamiento en el generador.

### Aluminio compuesto

El Aluminio Compuesto es un material consistente en láminas de aluminio que recubren un centro de polietileno no tóxico. Este centro de polietileno es inyectado y termo fusionado entre las láminas de aluminio. A este producto reviste de pintura metálica obteniéndose un producto versátil con propiedades atractivas y ventajosas para su uso en recubrimiento de exteriores e interiores de una edificación [3].

### Acero

El acero es un metal que se deriva de la aleación entre el hierro y el carbono. Se caracteriza por su resistencia y porque puede ser trabajado en caliente, es decir solamente en estado líquido. Una vez que se endurece, su manejo es casi imposible. Los dos elementos que componen el acero (hierro y carbono) se encuentran en la naturaleza, por lo que resulta positivo al momento de producirlo a gran escala [2], [4]

### Fibra de vidrio

La fibra de vidrio se refiere a un grupo de productos hechos de hebras extremadamente finas de vidrio tejidas (entrelazadas) en varias configuraciones o formas diferentes para formar una tela o malla dando lugar a un material flexible, muy resistente al calor, ligero, resistente a muchos productos químicos, buen aislante eléctrico y barato. Recuerda que el vidrio es una mezcla de arena de cuarzo, sosa y cal [5].

Para hacer la fibra de vidrio, los fabricantes usan vidrio líquido salido de un horno de fusión de vidrio, o funden canicas de vidrio. El vidrio fundido, a continuación, se fuerza a pasar a través de orificios superfinos creándose filamentos (hilos) de vidrio muy fino, tan fino que son medidos en micras (normalmente de 4 micras). Una vez fríos los hilos, se pueden entrelazar para formar la tela de fibra de vidrio o malla. La fibra de vidrio

suele combinarse con resinas para mejorar el material final, dando lugar a un material compuesto extremadamente fuerte y duradero.

### Von Mises

La tensión de von Mises como su nombre lo indica es una tensión, tiene la propiedad de ser un número (un escalar) que se obtiene combinando el "lio" de todas las tensiones en el espacio (tensiones en las direcciones x,y,z) [2], [5]

Cuando se realiza simulaciones de componentes, se genera la interrogante: ¿Existirá rompimiento en el componente conforme a las simulaciones de carga? En respuesta de dicha pregunta, se debe realizar una comparación entre la tensión de von Mises con la tensión máxima admisible por el material, esta puede ser la correspondiente al límite elástico.

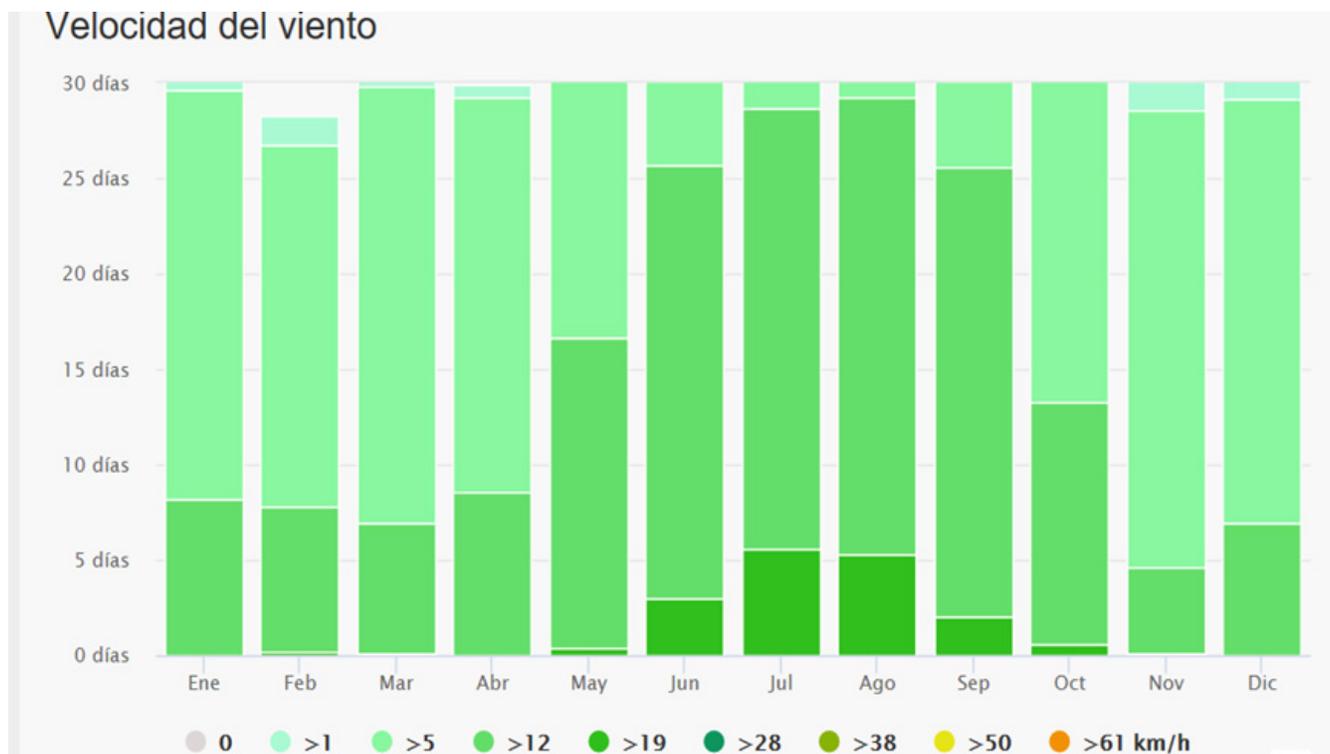
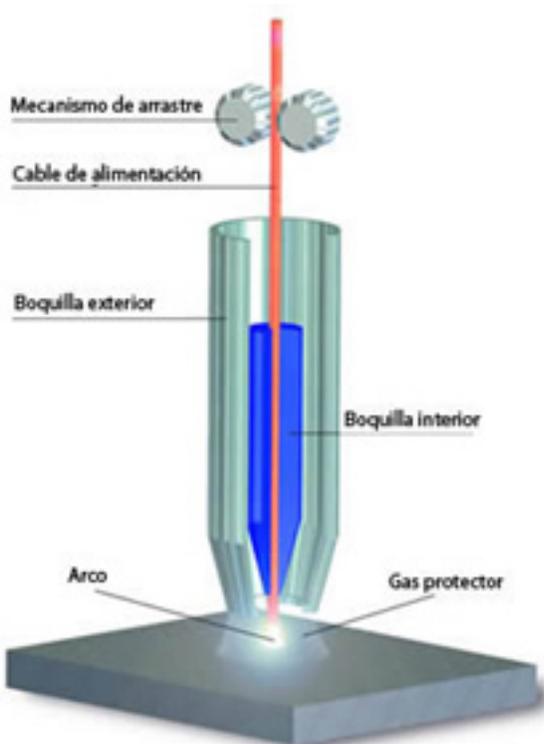


Figura 1. Velocidad del viento en la ciudad de Ambato

De acuerdo a la fig. 1. El diagrama de Ambato muestra los días por mes, durante los cuales el viento alcanza una cierta velocidad. Un ejemplo interesante es la me-

seta tibetana, donde el monzón crea vientos fuertes y regulares de diciembre a abril y vientos tranquilos de junio a octubre.

## Soldadura MIG



**Figura 2. Suelda MIG.**

Conocido también como GMAW (Soldadura de Arco Metálico con Gas) (ver fig.2) Fue desarrollado antiguamente para soldar metales de espesor mayor a  $\frac{1}{4}$  pulgadas., haciendo uso de un gas inerte para su protección de la atmósfera circundante. De ahí derivan las iniciales MIG (Metal Inert Gas) [6]. Este tipo de soldadura consiste en mantener un arco de electrodo consumible de hilo sólido y la pieza que se va a soldar. El arco y el baño de soldadura están protegidos mediante un gas inerte. El electrodo que usamos se alimenta continuamente por una pistola de soldadura. El uso de las soldaduras MIG, ha ido creciendo debido a su creciente demanda por las empresas, por la mínima cantidad de pérdidas materiales y su mayor productividad [7].

### Software Ansys Estudiantil

El software ANSYS FLUENT contiene las amplias capacidades de modelado físico necesarias para modelar flujo, turbulencia, transferencia de calor y reacciones para aplicaciones industriales que van desde flujo de aire sobre un ala de avión hasta combustión en un horno, desde columnas de burbujas hasta plataformas petroleras, desde flujo sanguíneo hasta semiconductor fabricación, y desde el diseño de salas limpias hasta plantas de tratamiento de aguas residuales [4], [5], [8]

## Batería de gel

Con el electrolito en forma de gel la evaporación de éste es menor, por lo que aumenta su durabilidad y permite un mayor número de ciclos de carga y descarga, más que otras baterías. También soportan descargas más profundas y resisten mejor frente a vibraciones, golpes o elevadas temperaturas [9].

Las baterías de GEL necesitan ser cargadas a baja tensión y el cargador debe estar debidamente ajustado para la carga. Por otro lado, la tasa de auto descarga es mínima, puede permanecer hasta 6 meses sin ser utilizada conservando el 80% de su carga. Durante la descarga presentan un voltaje más estable, ideal para su uso [10].

Estas baterías presentan otras ventajas como estar libres de mantenimiento, y ser mucho más limpias que las baterías convencionales, ya que se eliminan por completo los escapes de ácido. Las baterías de GEL pueden colocarse en cualquier posición, sin presentar escapes de líquido o gas, lo que las hace ideales para espacios reducidos.

Son muy útiles para instalaciones solares aisladas y muy recomendables para usos de una gran exigencia donde la batería se convierte en un elemento indispensable para el buen funcionamiento del dispositivo al que se quiere alimentar. Las baterías de GEL son más caras que las baterías de plomo ácido clásicas, pero son las que presentan una mayor durabilidad y garantía de funcionamiento.

## Alternador

El alternador de un vehículo es un dispositivo diseñado para proporcionar corriente eléctrica, la cual se destina a recargar y mantener la carga de la batería, así como a suministrar corriente a todos los sistemas eléctricos que lo requieran, como la iluminación, la climatización, etcétera. Antes del alternador existía la dinamo, sistema que paulatinamente fue siendo sustituido por el alternador a partir de los años 70 [11].

En la actualidad, los vehículos incorporan gran cantidad de componentes que requieren alimentación eléctrica y que, de no ser por los alternadores actuales, muchos de estos sistemas no podrían funcionar correctamente, al tener sollicitaciones eléctricas muy exigentes [12].

### Componentes del alternador

Polea, es la que recibe la fuerza mecánica procedente del motor térmico de combustión a través de una correa, normalmente poli V. Esta polea va unida al eje del alternador y se encarga de mover el rotor que hay en su interior y de mover también al ventilador que va situado en el interior en los alternadores de última generación.

Rotor (inductor), es la parte móvil del alternador, está formada por un electroimán que recibe corriente desde el regulador a través de unos anillos rozantes situados en el eje. Este electroimán produce un campo magnético, ante el cual, reaccionan las bobinas del estator (parte fija) produciendo la corriente eléctrica [10].

Regulador, es el encargado de mantener una tensión máxima de salida del alternador de 14,5 voltios y regular los amperios que necesita la batería.

Estátor (inducido), es la parte fija sobre la que se encuentra el bobinado trifásico. Éste puede estar constituido en estrella o en triángulo.

Puente rectificador de diodos, es el elemento encargado de rectificar la corriente de salida del alternador (ya que ésta es alterna) haciendo que se convierta en continua [11]

### Inversor de voltaje de 500w

Un inversor de voltaje es un dispositivo electrónico que convierte un determinado voltaje de entrada de Corriente Continua (CC en español, DC en inglés) en otro voltaje de salida de Corriente Alterna (CA en español, AC en inglés). Es decir, recibe corriente continua de un determinado voltaje y proporciona corriente alterna generalmente de un voltaje diferente al de entrada (aprende sobre la diferencia entre corriente continua y alterna) [12].

### Funcionamiento del alternador

El voltaje en la corriente continua es constante y la carga eléctrica fluye en una sola dirección. Por el contrario, en la corriente alterna la magnitud y dirección de flujo cambia de forma periódica con valles y picos que aparecen a intervalos regulares. El inversor de voltaje utiliza circuitos electrónicos para hacer que el flujo de la corriente continua cambie de dirección de forma periódica haciéndola similar a la corriente alterna. El inversor además emplea una serie de filtros para hacer que estos cambios de dirección sean suaves y regulares de forma que la energía eléctrica resultante puede ser usada en la mayoría de dispositivos eléctricos domésticos [13].

### Controlador de carga solar

Un regulador de carga solar se coloca entre el campo fotovoltaico y el campo de baterías y básicamente se encarga de controlar el flujo de energía que circula entre ambos equipos.

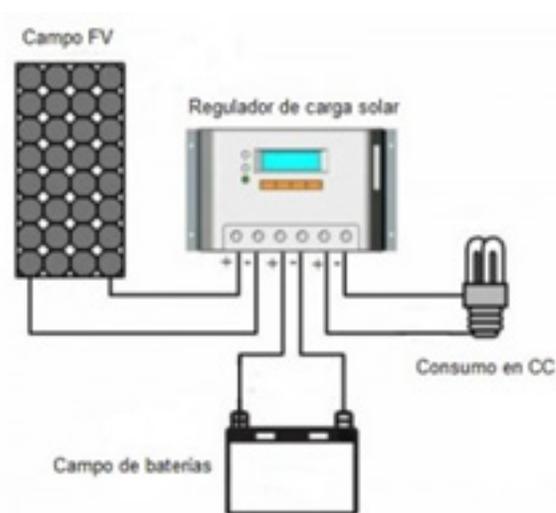


Figura 3. Controlador de carga

El control del flujo de energía se realiza mediante el control de los parámetros de Intensidad (I) y Voltaje (V) al que se inyecta en la batería. Este flujo de energía depende del estado de carga de las baterías y de la energía generada por el campo fotovoltaico. El regulador de carga solar controla constantemente el estado de carga de las baterías para hacer el llenado óptimo y así alargar su vida útil [14].

### Existen tres estados de carga posibles

Fase BULK: la batería está descargada y toda la corriente producida en el campo fotovoltaico es inyectada en las baterías, incrementándose la tensión en la batería a medida que ésta se va llenando [12], [15].

Fase ABSORCIÓN: cuando la tensión de la batería alcanza la tensión de absorción (en las baterías de plomo-ácido abiertas 14,4V y en las baterías AGM y en las baterías GEL 14,1V), el regulador de carga solar mantiene la tensión ligeramente por debajo de dicho valor y va reduciendo la corriente hasta que la batería está prácticamente llena [13].

Fase de FLOTACIÓN: en esta fase la tensión se reduce a la tensión de flotación (generalmente 13,5 V) y la corriente inyectada se reduce hasta que la batería se llena por completo. Toda la energía que se genere mayor a la energía que es posible inyectar en la batería se pierde por efecto Joule (calor) en el regulador [14].

Por tanto, el regulador de carga solar es un dispositivo que protege la batería contra sobrecargas, llenándola según le resulte más conveniente en cada momento. Generalmente, los reguladores solares necesitan programarse para indicarle el tipo de baterías, la capacidad de las mismas y las tensiones de funcionamiento.

### III.METODOLOGÍA

Para elaborar el presente proyecto se utilizó tubo rectangular de 10\*5 cm para la durabilidad de la estructura y estabilidad también se realizó pruebas en el programa Ansys quien nos mostró la durabilidad y estabilidad del mismo además consta de unas aspas fabricadas en fibra de vidrio de 2 mm para que sean más ligeras.

#### A.Diseño de la estructura en SolidWorks

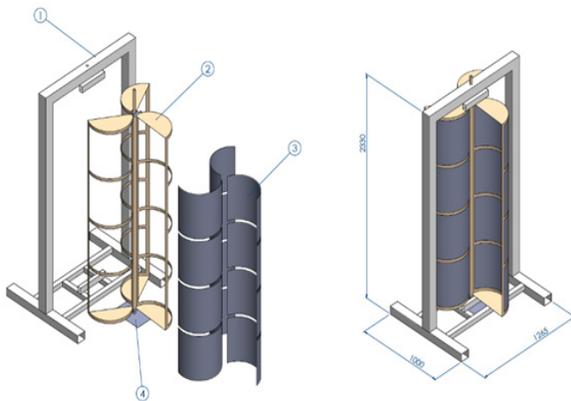
Para la elaboración del modelo tridimensional de la estructura se realizará principalmente en el programa computacional SOLIDWORKS.

Inicialmente se va a realizar la medición directa sobre cada uno de los elementos de la estructura con un calibrador pie de rey, tratando de obtener la mayor cantidad posible de mediciones como diámetros, espesores, alturas y profundidades. En el proceso se encontrarán diferentes problemas para medir los interiores de las carcasas y las curvaturas de los álabes de la turbina.

En vista de la complejidad de las geometrías de cada uno de los componentes del turbocompresor (carcasas y rodetes), se va a recurrir a diferentes técnicas de medición directas e indirectas para tratar de obtener fielmente las principales características geométricas de los componentes de las estructuras.

Para realizar el diseño de la estructura se toma un modelo establecido para los aerogeneradores que nos dé estabilidad al momento de montar la estructura.

#### B.Diseño de la estructura en SolidWorks



**Figura 4.** Se observa el diseño de la estructura diseñada de las hélices y la estructura metálica para el soporte de la misma

### IV.RESULTADOS

#### A.Análisis estructural

En el análisis estructural se realizó principalmente con el software Ansys para la obtención de las cargas Von Mises como resultado de la tensión que soportará el

generador eólico y el análisis de desplazamiento.

Para el análisis estructural se utiliza 2 cargas:

La gravedad ejercida en el generador se utiliza 9.8 m/s<sup>2</sup> y la fuerza aerodinámica ejercida en los paneles. La fuerza ejercida en los paneles se calcula de la siguiente manera:

$$F_x = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_x \quad (1)$$

Donde se presentan los siguientes valores:

Densidad del aire 1,225 kg/m<sup>3</sup>

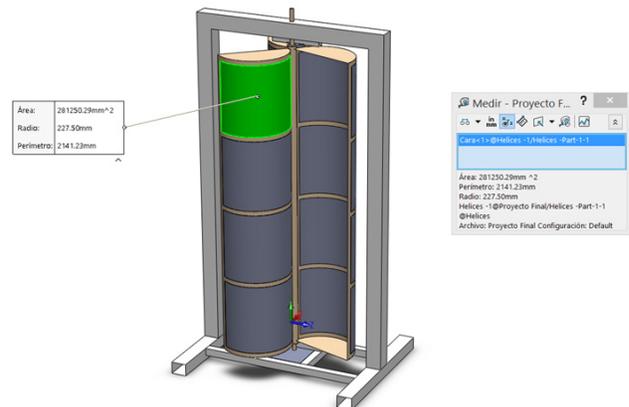
Coefficiente de resistencia 1

Velocidad del viento 60km/h = 16.66m/s

Área = 281250.29 mm<sup>2</sup> = 0.28125 m<sup>2</sup>

$$F_x = \frac{1}{2} \cdot 1.225 \frac{Kg}{m^3} \cdot \left(16.66 \frac{m}{s}\right)^2 \cdot 0.281 m^2 \cdot 1$$

$$F_x = 47.77 N$$



**Figura 5.** Se efectúa el análisis mediante el software SolidWorks en un área determinada.

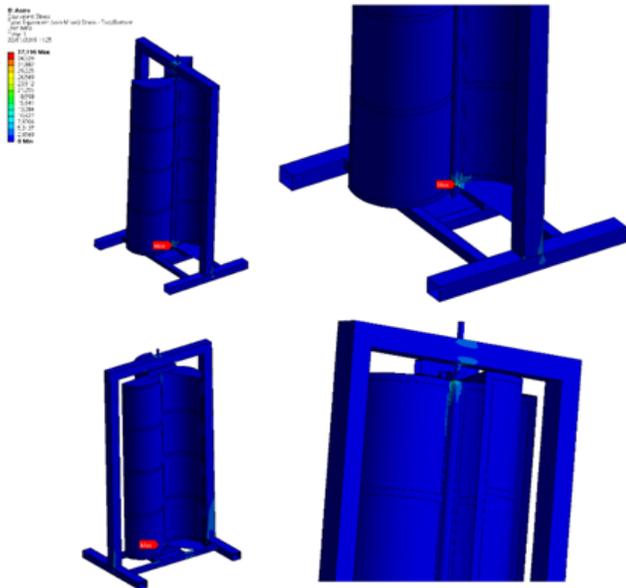
#### A.Análisis estructural con paneles de acero

Como se puede observar en la tabla 1. El análisis estructural de acero, a la velocidad de 60km/h máxima estimada en la ciudad de Ambato se establece en rojo el análisis de Von Mises 37 máx. Como resultado de la tensión que soportara la estructura en acero. Como se puede observar la figura 6 en constatación a la tabla 1. El análisis estructural con paneles de acero, a la velocidad de 60km/h máxima estimada en la ciudad de Ambato se establece en rojo análisis de desplazamiento 0.71máx. Como resultado de la tensión que soportara los paneles en acero. Al realizar la simulación con el software estudiantil ANSYS se logra tener los resulta

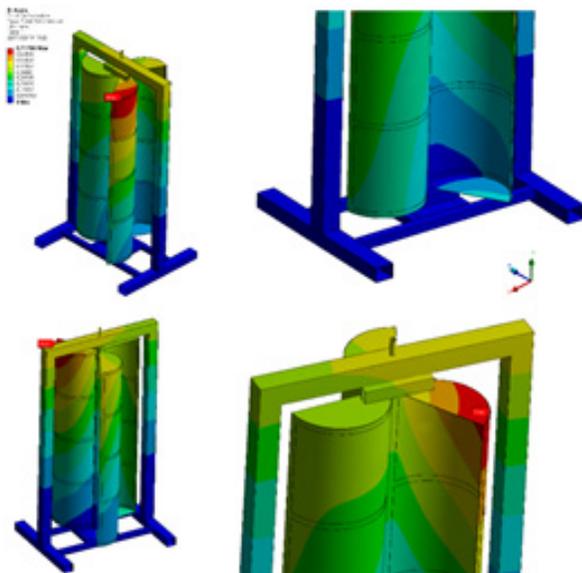
dos de una máxima resistencia de 0,71 MPa y una mínima de 0,00 MPa con una estructura de acero.

**Tabla I. Valores obtenidos en el software Ansys con una estructura de acero y hélices de acero.**

Análisis de desplazamiento.	Densidad del aire.	Coefficiente de resistencia.	Velocidad. Del viento.	Área.	Fuerza (N).	Von Mises.
0.71	1,225 kg/m3	1	60 Km/h	0.28125 m2	47.77N	37MAX
0.52	1,225 kg/m3	1	30km/h	0.28125 m2	11.94N	22MAX
0.35	1,225 kg/m3	1	25km/h	0.28125 m2	8.29N	15MAX
0.22	1,225 kg/m3	1	20km/h	0.28125 m2	5.20N	8MAX
0.13	1,225 kg/m3	1	15km/h	0.28125 m2	2.97N	5MAX



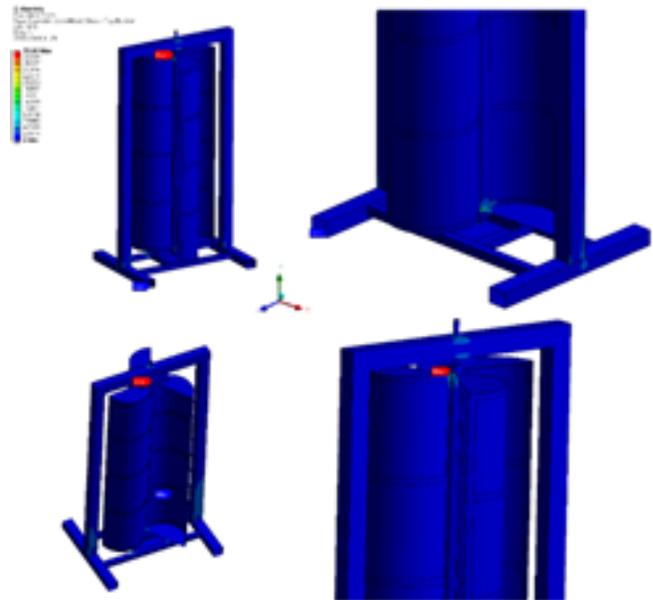
**Figura 6.** Al realizar el análisis de la estructura de acero se encuentra una máxima de 37, 196 MPa y una mínima resistencia de 0,00 MPa.



**Figura 8.** Análisis mediante una estructura de alu-

**minio.**

Como se puede observar la figura 8. El análisis estructural de acero, a la velocidad de 60km/h máxima estimada en la ciudad de Ambato se establece en rojo análisis de Von Mises 33máx. Como resultado de la tensión que soportara la estructura en acero.



**Figura 8.** Análisis mediante una estructura de aluminio.

Tabla II. Valores obtenidos en el software Ansys con una estructura de acero y hélices de aluminio.

Análisis de desplazamiento.	Densidad del aire.	Coefficiente de resistencia.	Velocidad. Del viento.	Área.	Fuerza (N).	Von Mises.
0.68	1,225 kg/m <sup>3</sup>	1	60 Km/h	0.28125 m <sup>2</sup>	47.77N	33MAX
0.55	1,225 kg/m <sup>3</sup>	1	30km/h	0.28125 m <sup>2</sup>	11.94N	25MAX
0.37	1,225 kg/m <sup>3</sup>	1	25km/h	0.28125 m <sup>2</sup>	8.29N	14MAX
0.22	1,225 kg/m <sup>3</sup>	1	20km/h	0.28125 m <sup>2</sup>	5.20N	7MAX
0.15	1,225 kg/m <sup>3</sup>	1	15km/h	0.28125 m <sup>2</sup>	2.97N	4MAX

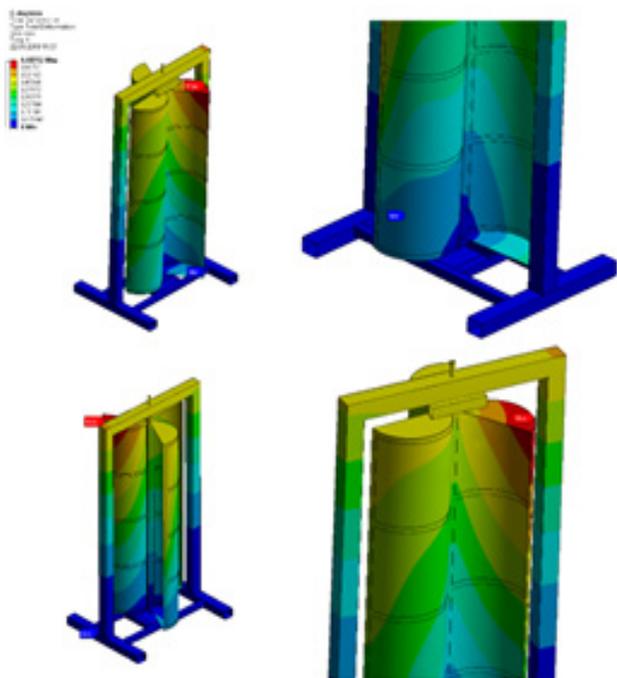


Figura 9. Estudio de la estructura en material de aluminio con un máximo de 0,68 MPa.

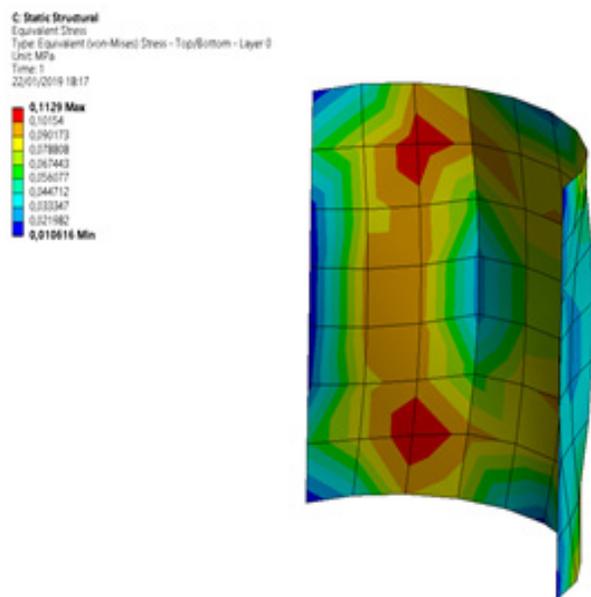


Figura 10. Análisis con una hélice de material de aluminio

Según la figura 10. Al determinar el análisis con una hélice de material de aluminio se encuentra un punto máximo de resistencia de 0,11 MPa y un mínimo de 0,01 Mpa

**A.Análisis estructural con paneles de fibra de vidrio**

Como se puede observar la figura 11. El análisis estructural con paneles de fibra de Vidrio, a la velocidad de 60km/h máxima estimada en la ciudad de Ambato se establece en rojo análisis de Von Mises 31 máx. Como resultado de la tensión que soportara la estructura en acero.

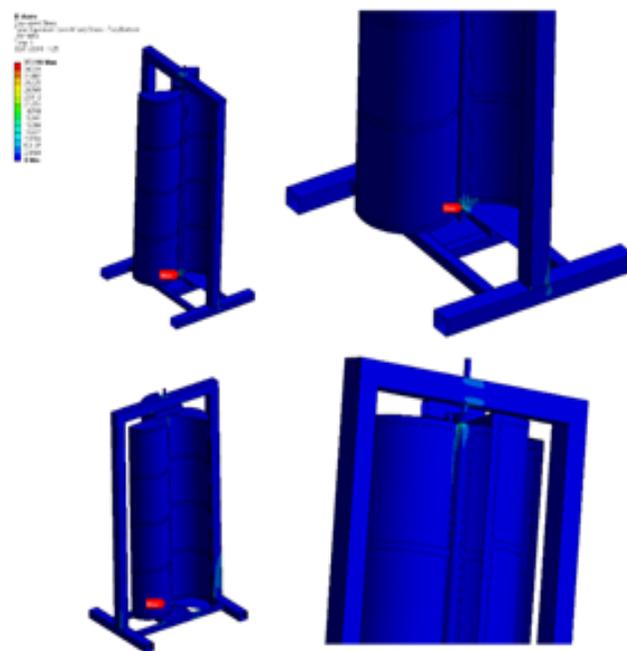


Figura 11. Análisis de resistencia del material de fibra de vidrio con un máximo de 37,196 MPa y un mínimo de 0,00 Mpa.

Al observar la figura 11. Se analizó un punto determinado de la estructura con material de fibra de vidrio con un máximo de 37,196 MPa y un mínimo de 0,00 Mpa.

**Tabla III. Valores obtenidos en el software Ansys con una estructura de acero y hélices en fibra de vidrio.**

Análisis de desplazamiento.	Densidad del aire.	Coefficiente de resistencia.	Velocidad. Del viento.	Área.	Fuerza (N).	Von Mises.
0.63	1,225 kg/m <sup>3</sup>	1	60 Km/h	0.28125 m <sup>2</sup>	47.77N	31MAX
0.52	1,225 kg/m <sup>3</sup>	1	30km/h	0.28125 m <sup>2</sup>	11.94N	23MAX
0.35	1,225 kg/m <sup>3</sup>	1	25km/h	0.28125 m <sup>2</sup>	8.29N	13MAX
0.20	1,225 kg/m <sup>3</sup>	1	20km/h	0.28125 m <sup>2</sup>	5.20N	6MAX
0.11	1,225 kg/m <sup>3</sup>	1	15km/h	0.28125 m <sup>2</sup>	2.97N	2MAX

Como se puede observar la tabla 3. El análisis estructural con paneles de acero, a la velocidad de 60km/h máxima estimada en la ciudad de Ambato se establece en rojo análisis de desplazamiento 0.63 máx. Como resultado de la tensión que soportara los paneles en fibra de vidrio.

## V.CONCLUSIONES

Para realizar las pruebas se establecen variaciones de velocidades, las que determinan una diferenciación del flujo de entrada de aire. Se establece las condiciones que determinan la ruta de prueba se determinara la geometría variable de los alabes en el aerogenerador que nos servirán para realizar esta investigación.

Se efectuaron cinco pruebas con los materiales que se podrían usar para la elaboración de las hélices en las cuales se realizó todo el ciclo de prueba que se estableció y se obtuvieron los datos que son necesarios para el análisis.

El comportamiento de un aerogenerador establece que necesitamos afluencias de vientos regulares para que el movimiento mecánico será transformado a energía eléctrica a través de un alternador manteniendo su carga con una batería que será la encargada de proporcionar energía eléctrica cuando las afluencias de viento sean mínimas y no genere movimiento de las aspas.

Se elaboró un generador eólico con una estructura acorde al funcionamiento que este requiere en el software SolidWorks para que nuestro aerogenerador tipo savonius mantenga una estabilidad con afluencia de viento mayor a 60km/h asegurando que este no sufría daño al someterse a este tipo de vientos irregulares en la ciudad de Ambato sector Pichahua.

Se realizaron pruebas de funcionamiento con el software Ansys para demostrar el análisis de desplazamiento de la estructura y alabes con 3 materiales diferentes como acero, aluminio y fibra de vidrio que fueron utilizados para la realización de este proyecto de titulación. El sistema está totalmente acondicionado para el uso de la energía eléctrica generada por el aerogenerador vertical.

## VI.RECONOCIMIENTO

Se agradece al Instituto Tecnológico “Guayaquil” por acceder al desarrollo e implementación del proyecto.

## VII.REFERENCIAS

- [1]C. Gebhardt, S. Preidikman, J. Massa, and G. Weber, “Simulaciones numéricas de la aerodinámica no estacionaria de generadores eólicos de eje horizontal y gran potencia Simulaciones numéricas de la aerodinámica no estacionaria de generadores eólicos de eje horizontal y gran potencia,” Prim. Congr. argentino Ing. Mecánica, vol. 2, no. November, p. 11, 2017.
- [2]C. Gebhardt, S. Preidikman, J. Massa, and G. Weber, “Comportamiento aerodinámico y aeroelástico de rotores de generadores eólicos de eje horizontal y de gran potencia,” Mecánica Comput., vol. 27, no. 1, pp. 519–539, 2017.
- [3]M. Frolova Ignateva, “Los paisajes de la energía eólica: Su percepción social y gestión en España,” Nimbus Rev. Climatol. Meteorol. y paisaje, ISSN 1139-7136, No 25-26, 2010, págs. 93-110, no. 25, pp. 93–110, 2010.
- [4]H. R. Di Prátula, E. Guillermo, A. P. Rossi, and R. Bocero, “Turbinas eólicas: optimización en el pre-diagnóstico de fallas en el generador,” Inf. Tecnol., vol. 23, no. 1, pp. 153–162, 2012.
- [5]J. Moreno, S. Mocarquer, and H. Rudnick, “Generación Eólica en Chile: Análisis del Entorno y Perspectivas de Desarrollo.” Chile, pp. 1–10, 2006.
- [6]Z. Chen, “Compensation schemes for a SCR converter in variable speed wind power systems,” IEEE Trans. Power Deliv., vol. 19, no. 2, pp. 813–821, 2004.
- [7]B. Rabelo and W. Hofmann, “Control of an optimized power flow in wind power plants with doubly-fed induction generators.” Alemania, pp. 1563–1568, 2004.
- [8]M. Mikati, M. Santos, and C. Armenta, “Modelado y Simulación de un Sistema Conjunto de Energía Solar y Eólica para Analizar su Dependencia de la Red Eléctrica,” RIAI - Rev. Iberoam. Autom. e Inform. Ind., vol. 9, no. 3, pp. 267–281, 2012.
- [9]J. Moragues and A. Rapallini, “Energía eólica,” Inst. Argentino la Energía Gen. Mosconi, vol. 21, no. 2, p. 22, 2003.

- [10]F. M. Hughes, O. Anaya-Lara, N. Jenkins, and G. Strbac, "Control of DFIG-based wind generation for power network support," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 20, no. 4, pp. 1958–1966, 2005.
- [11]J. Dai, D. Xu, and B. Wu, "A novel control scheme for current-source-converter-based PMSG wind energy conversion systems," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 24, no. 4, pp. 963–972, 2009.
- [12]M.Lopez, J. Vannier, D. Sadarnac, and S. D. E. Conversión, "Sistemas de conversión de energía eólica control y diseño," *Asoc. Chilienne Contrôle Autom.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–14, 2018.
- [13]G.Poddar, A. Joseph, and A. K. Unnikrishnan, "Sensorless variable-speed controller for existing fixed-speed wind power generator with unity-power-factor operation," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 50, no. 5, pp. 1007–1015, 2003.
- [14]A.-S. Fuentefría, A.-M. García, and M.-C. Fernández, "Wind Penetration with different wind turbine technologies in a weak grid," *Ing. Energética*, vol. XXXI-II, no. 2, pp. 144–156, 2012.
- [15]A. Yazdani and R. Iravani, "A neutral-point clamped converter system for direct-drive variable-speed wind power unit," *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 21, no. 2, pp. 596–607, 2006.