

**RESUMEN TRABAJO DE GRADO**

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): BRAYAN DAVID APELLIDOS: PRIMICIERO OMAÑANOMBRE(S): PEDRO ISAAC APELLIDOS: SALCEDO GARCÍAFACULTAD: INGENIERÍASPLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): MEIMER APELLIDOS: PEÑARANDA CARRILLO

NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL TIPO SAVONIUS HELICOIDAL

RESUMEN

Este trabajo desarrollo el diseño y construcción de un aerogenerador de eje vertical, tipo Savonius helicoidal, para desarrollar una mayor eficiencia del aerogenerador en la conversión de la energía eólica en energía mecánica rotacional. Para hacerlo, se desarrolló por medio del método de volúmenes finitos, diferentes configuraciones del aerogenerador variando el ángulo de torsión y coeficiente de traslape, hasta encontrar la más óptima; luego de ello se implementó un nuevo perfil aerodinámico al aerogenerador, el cual arrojo un coeficiente de potencia destacado en la curva de rendimiento de Betz.

PALABRAS CLAVE: Aerogenerador, Savonius, Eje vertical, Helicoidal, Metodo de volumenes finitos, Coeficiente potencia, Coeficiente de torque.

CARACTERISTICAS:

PÁGINAS: 215 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD ROOM:

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL
TIPO SAVONIUS HELICOIDAL

BRAYAN DAVID PRIMICIERO OMAÑA
PEDRO ISAAC SALCEDO GARCÍA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIO DE INGENIERÍA MECÁNICA
SAN JOSE DE CÚCUTA

2018

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL
TIPO SAVONIUS HELICOIDAL

Presentado por:

BRAYAN DAVID PRIMICIERO OMAÑA

PEDRO ISAAC SALCEDO GARCÍA

*Proyecto de grado presentado como requisito para optar por el título de
Ingeniero Mecánico*

Director

MEIMER PEÑARANDA CARRILLO

MSc en Ingeniera Mecánica

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIO DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSE DE CÚCUTA

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 19 DE NOVIEMBRE DEL 2018

HORA: 04:00 p.m.

LUGAR: AUDITORIO DISEÑO MECANICO

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

Título de la Tesis: "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN AEROGENERADOR DE EJE VERTICAL TIPO SAVONIUS HELICOIDAL"

Jurados:

Ing. JESÚS BETHSAID PEDROZA ROJAS
Ing. ORLANDO GUTIERREZ LOPEZ
LIC. ANA MILENA GÓMEZ

Director: Ing. MEIMER PEÑARANDA CARRILLO

Nombre del estudiante	Código	Calificación	
		Letra	Número
DAVID PRIMICIERO	1120909	Cuatro, seis	4,6
PEDRO SALCEDO	1121597	Cuatro, seis	4,6

MERITORIA


Ing. JESÚS BETHSAID PEDROZA ROJAS


Ing. ORLANDO GUTIERREZ LOPEZ


LIC. ANA MILENA GÓMEZ


Vo.Bo GONZALO DE LA CRUZ ROMERO G.
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Mecánica

Agradecimientos

A Dios primeramente por otorgarme inteligencia y sabiduría para llevar a cabo este proyecto, por darme la oportunidad de poder estudiar y lograr sacar esta carrera adelante, A mis padres que lucharon día a día para darme mis estudios, a Angelica que es más que mi compañera, amiga, esposa, es mi ayuda y apoyo incondicional, a mi familia que me acompaña en este camino, a todos los profesores que dejaron grandes enseñanzas y gratos recuerdos en mi al igual que mis compañeros. ¡Gracias!

David Primiciero

A Dios gracias, por darme la sabiduría, entendimiento, y paciencia, para culminar esta etapa profesional. A mis padres Israel Salcedo y Yadira García por su comprensión, apoyo, y confianza en mis capacidades, por impulsarme cada día a superarme profesionalmente. A mi padrino Yimer Hernández por ayudarnos con la construcción del prototipo. A mis profesores, por aportarme sus conocimientos, y guiarme. Todo ello fue vital para cumplir hoy este logro importante para mí vida profesional y personal.

Pedro Salcedo

Nomenclatura

Símbolo	Definición
H	Altura del rotor
H_o	Altura conocida
H_i	Altura a la que se quiere estimar el viento
H_m	Altura en metros
A	Área de barrido del rotor
P_c	Carga equivalente
W_t	Carga tangencial
W_r	Carga radial
Q	Carga puntual del viento sobre el eje
R	Constante universal de los gases
Y_m	Concentración de la masa
K_t	Concentrador de esfuerzos
\sqrt{a}	Constante de Neuber
C_m	Coefficiente de torque
S	Coefficiente de traslape
μ	Coefficiente de fricción
ρ	Densidad del aire
ρ_0	Densidad del aire de referencia
δ	Deformación de diseño
D	Diámetro del rotor
d_m	Diámetro medio
D₂	Diámetro de la rueda motriz

D3	Diámetro del a rueda conducida
q	Difusión del flujo de calor
C	Distancia entre centros
HB	Dureza Brinell
Ne	Eficiencia eléctrica
Nm	Eficiencia mecánica
K	Energía cinética de turbulencia
Sy	Esfuerzo de Fluencia
Sut	Esfuerzo ultimo de tensión
α	Exponente del Hellman's
Ka	Factor de acabado
Kb	Factor de forma
Kc	Factor de carga
Ke	Factor de confiabilidad
Kd	Factor de temperatura
Ke	Factor de confiabilidad
Ko	Factor de diseño
K1	Factor de esfuerzo de carga o de Buckingham
K3	Factor de conversión a Newton
n	Factor de seguridad
m	Flujo másico
Fa	Fuerza Axial
Fr	Fuerza Radial
I	Inercia de un corte transversal del eje

Cp	Límite de Betz/Coeficiente de potencia
S_i	Masa distribuida de la fuerza externa
E	Módulo de elasticidad del material
P	Potencia absorbida por el rotor
Po	Potencia teórica
Hd	Presión atmosférica
B	Presión atmosférica
Qh	Razón de calor por unidad de volumen
r	Radio del rotor
MG	Relación de velocidades
q	Sensibilidad a la muesca
T	Torque
Sc	Valor límite de fatiga superficial
ω	Velocidad angular
V	Velocidad del viento
Vh	Velocidad del viento a determinada altura
Vx	Velocidad el viento a una altura conocida
TSR	Velocidad especifica de giro
V1	Velocidad a la entrada del rotor
V2	Velocidad a la salida del rotor
n2	Velocidad rotacional de la rueda motriz
n3	Velocidad rotacional de la rueda conducida
ϑ1	Viscosidad nominal
T	Temperatura absoluta

Contenido

	pág.
Introducción	20
1. Problema	22
1.1 Título	22
1.2 Planteamiento del Problema	22
1.3 Formulación del Problema	24
1.4 Justificación	24
1.5 Objetivos	24
1.5.1 Objetivo general	24
1.5.2 Objetivos específicos	25
1.6 Alcances y Limitaciones	25
1.6.1 Alcances	25
1.6.2 Limitaciones	26
2. Marco Referencial	27
2.1 Antecedentes	27
2.2 Marco Conceptual	28
2.3 Marco Teórico	29
2.4 Marco Contextual	76
3. Diseño Metodológico	78
3.1 Tipo de Investigación	78
3.2 Técnicas para la Recolección de Datos	78
3.3 Análisis y Procesamiento de la Información	79

3.4 Metodología	79
4. Resultados	81
4.1 Diseño Aerodinámico de la Turbina Savonius Helicoidal	81
4.1.1 Savonius helicoidal	81
4.2 Angulo de Torsión de las Palas o Paso Helicoidal	83
4.2.1 Coeficiente de traslape	84
4.2.2 Estudio computacional de los parámetros	85
4.2.3 Resultados y discusión de los parámetros del ángulo de torsión y traslape	88
4.3 Coeficientes de Potencia (Limite de Betz) y Torque	90
4.4 Diseño de los Alabes	93
4.4.1 Pruebas computacionales del perfil Naca	95
4.4.2 Resultados y discusión	97
5. Diseño de los Elementos del Aerogenerador	100
5.1 Sistema de Transmisión	105
5.2 Diseño del Eje	109
5.2.1 Deformación del eje	124
5.2.2 Selección de los rodamientos	126
5.2.3 Soporte de los rodamientos	133
5.2.4 Análisis del eje por método de elementos finitos	135
5.3 Sistema Eléctrico	137
5.4 Estructura de la Base	139
5.4.1 Resistencia	142
5.4.2 Rigidez	142

5.4.3 Estabilidad	143
5.4.4 Mantenimiento	145
6. Construcción del Aerogenerador	151
6.1 Eje	151
6.2 Alabes	153
6.3 Construcción de la Estructura	154
6.4 Ensamble de los Rodamientos	157
6.5 Ensamblaje del Sistema de Transmisión	158
6.6 Acoplamiento del Generador	160
6.7 Ensamblajes Finales	160
6.8 Costo Final del Aerogenerador	163
7. Impacto Social	164
7.1 Recurso Eólico en el Departamento	164
7.2 Aporte Social	166
7.3 Prueba Piloto del Prototipo	169
7.4 Producción del aerogenerador	171
7.5 Evaluación Financiera	172
8. Conclusiones	175
9. Recomendaciones	178
Referencias Bibliográficas	180
Anexos	190