



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

Booklets



RENIECYT

Registro Nacional de Instituciones
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

CONACYT

LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Metodología de diseño del perfil aerodinámico de Hub para turbinas de viento de eje horizontal de baja capacidad

Authors: Alan Jiménez-Ramírez, Víctor López-Garza, Daniel Molinero-Hernández, Christian Erick Casillas-Farfán

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2016-01
BCIERMIMI Classification(2016): 191016-0101

Pages: 29
Mail: nepesh@hotmail.com
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
Peru	Spain	Cuba	Haití
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			



Resumen

- El hub, localizado en el rotor de las turbinas de viento, es el encargado de sujetar los álabes y conectarlos con el eje principal del generador eléctrico, también de desviar el flujo de aire; que impacta en el rotor, hacia la raíz de los álabes (sección encargada de hacer que las turbinas giren con bajas velocidades de viento).



Resumen

- En el presente trabajo se analizan diferentes geometrías para el hub de una turbina de viento de baja capacidad de eje horizontal, para determinar cómo afecta en la eficiencia aerodinámica; geometrías tales como un hub en forma de cono, semicírculo, entre otras, y en comparación con una turbina con hub plano.



Resumen

- Esto se realizó mediante simulaciones en CFD (dinámica de fluidos por computadora) y posteriormente se obtuvieron las curvas de presión de cada geometría y se dio una propuesta de hub con determinadas características deseadas. Finalmente se proponen unas funciones matemáticas para el modelado geométrico del hub.



Objetivo general

- Diseñar y optimizar el perfil aerodinámico del hub de una turbina de viento de baja capacidad.



Justificación

- Existe la necesidad de lograr un aumento en la eficiencia de las turbinas de viento para hacer aún más rentable su uso. Por lo anterior, es necesario proponer una familia de perfiles aerodinámicos para el hub de turbinas de baja capacidad.

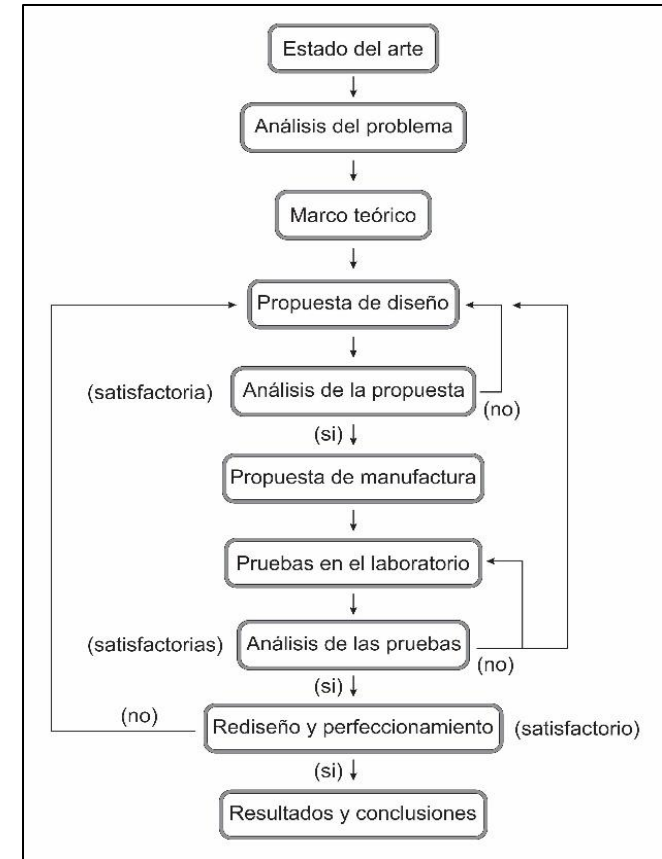


Hipótesis

- Es posible diseñar y optimizar el perfil aerodinámico del hub de una turbina de viento de baja capacidad, así como proponer una familia de perfiles aerodinámicos de hub para turbinas de baja capacidad.



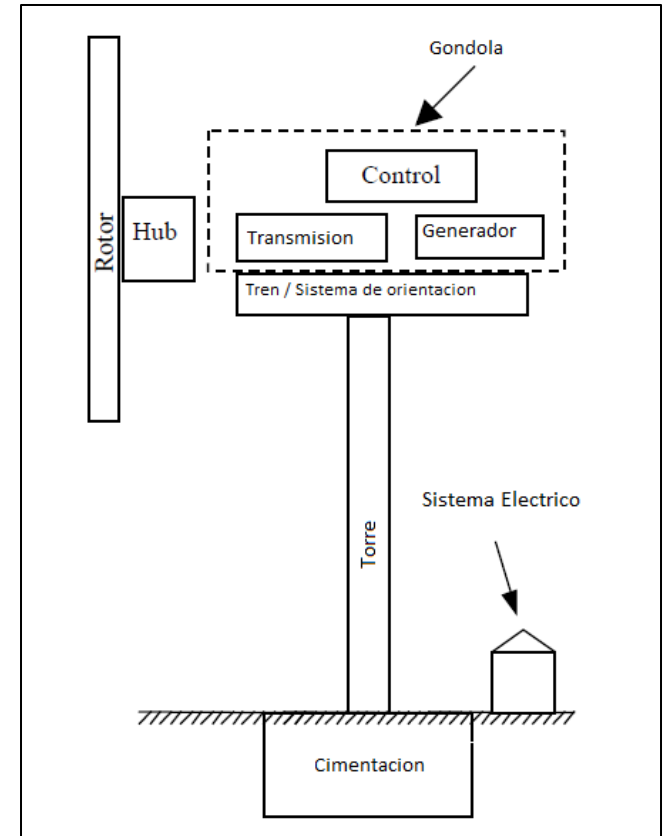
Metodología



PROBLEMÁTICA

El HUB, localizado en el rotor de las turbinas de viento, es el encargado de sujetar los álabes y conectarlos con el eje principal del generador eléctrico, también de desviar el flujo de aire; que impacta en el rotor, hacia la raíz de los álabes.

Mediante el uso del software ANSYS Fluent se realizaron pruebas de simulación en algunos perfiles aerodinámicos para determinar la idoneidad de los mismos, y por tanta la viabilidad de su manufactura.



PROBLEMÁTICA

- Parámetros de las simulaciones

Área de barrido de la turbina: 1.6m diámetro.

Área del túnel de viento: 60cm*60cm (virtual y físico).

- Mismo régimen
(turbulento)

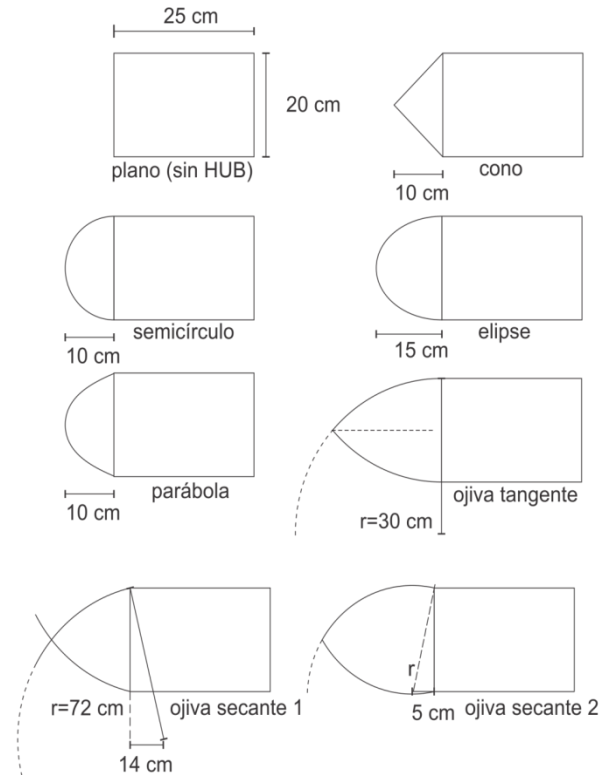
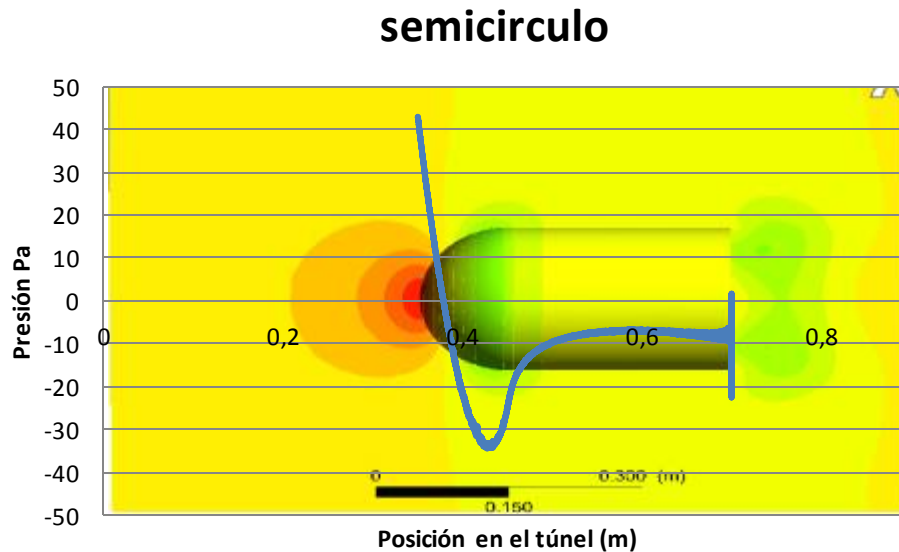
Las demás condiciones para la simulación son: **Densidad del aire:** 1.0151 kg/m³, **Temperatura:** 25°C, **Viscosidad dinámica:** 1.83E-05, **Viscosidad cinemática:** 1.57e-05, **Modelo de turbulencia** k-ε estándar.

Velocidad de viento (m/s)	Reynolds	Velocidad túnel (m/s)	rpm
0	0.00E+00	0	0
2.5	2.22E+05	6.666666667	716.1972439
3	2.67E+05	8	859.4366927
4	3.56E+05	10.666666667	1145.91559
5	4.45E+05	13.333333333	1432.394488
6	5.34E+05	16	1718.873385
7	6.23E+05	18.666666667	2005.352283
8	7.12E+05	21.333333333	2291.831181
9	8.01E+05	24	2578.310078
10	8.90E+05	26.666666667	2864.788976
11	9.79E+05	29.333333333	3151.267873
12	1.07E+06	32	3437.746771
14	1.25E+06	37.333333333	4010.704566
15	1.33E+06	40	4297.183463

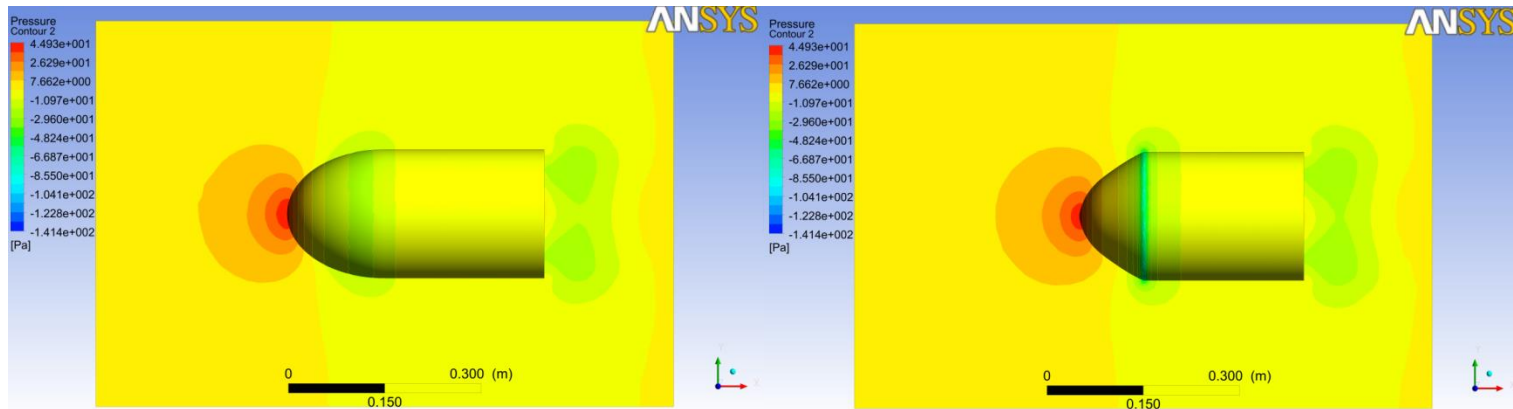
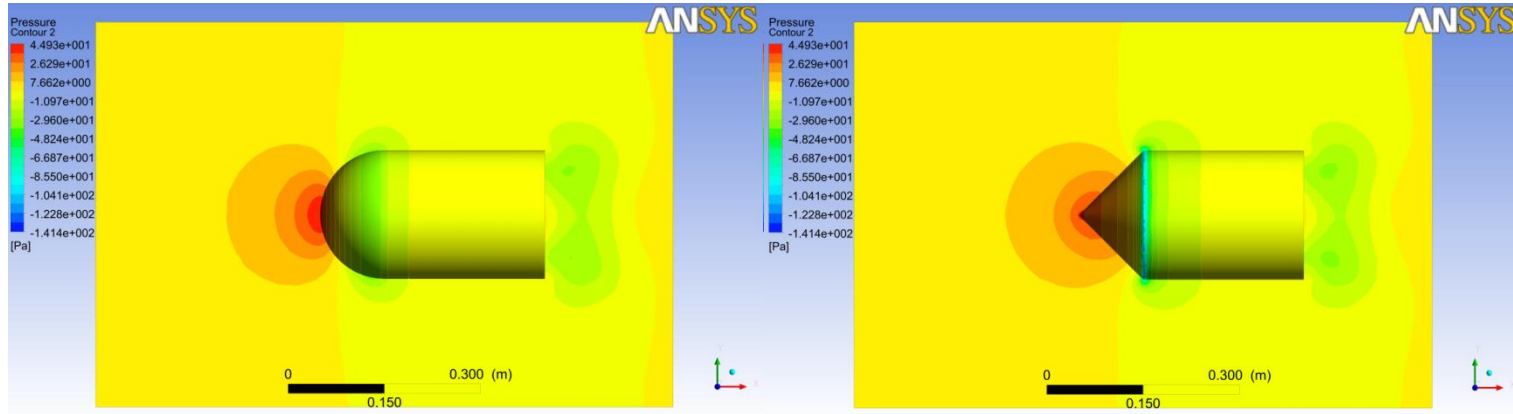
METODOLOGÍA

- Método de diseño

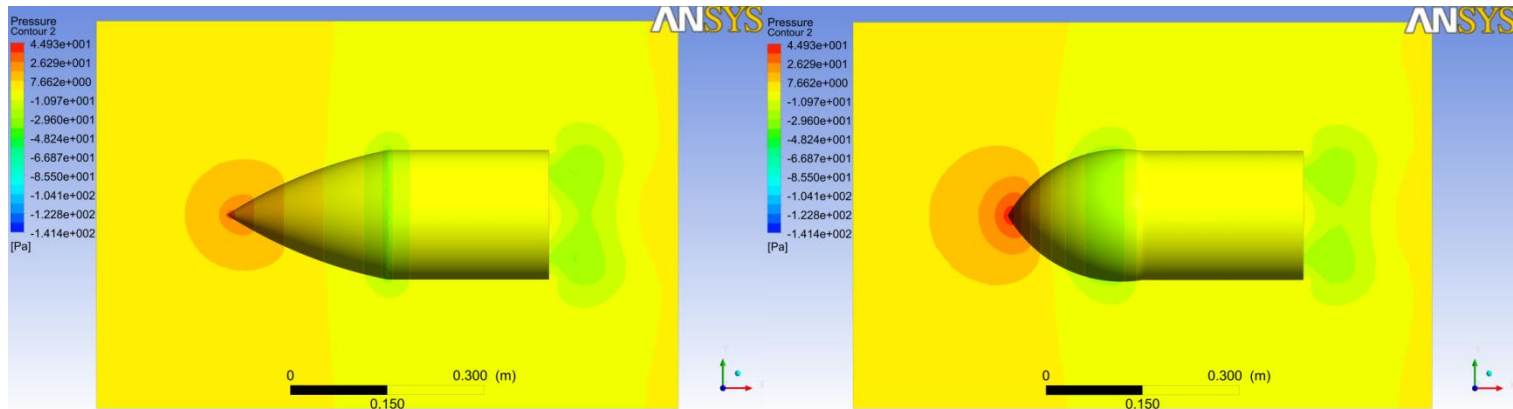
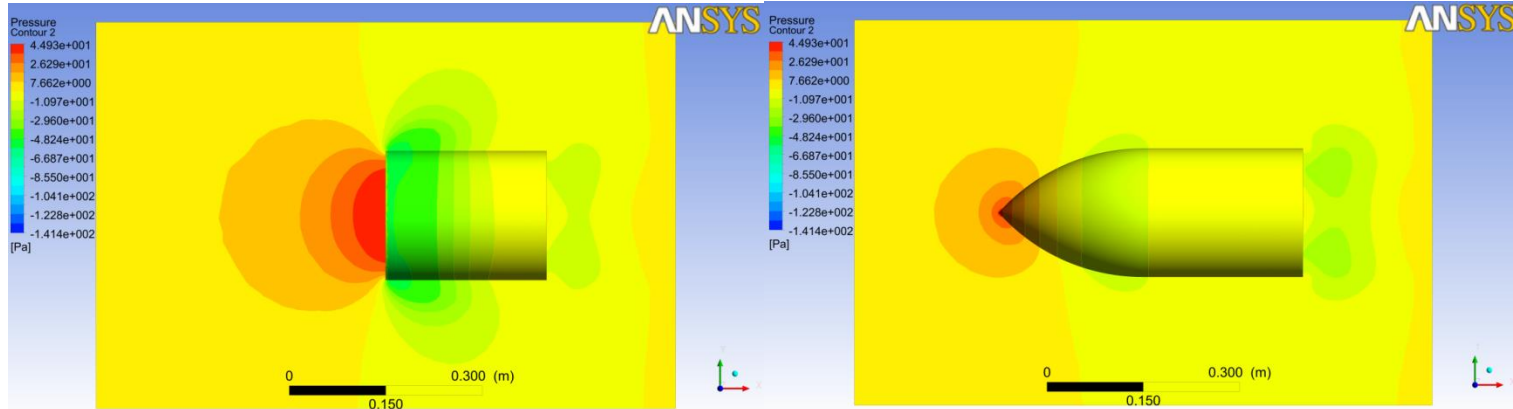
Contorno de presiones.



METODOLOGÍA



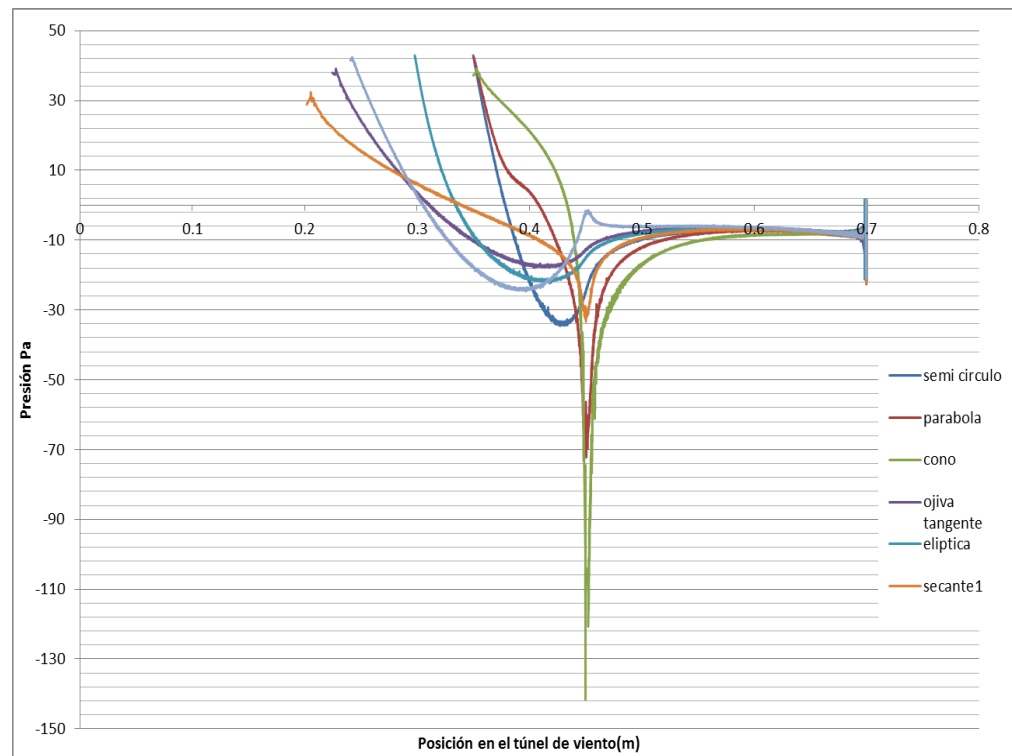
METODOLOGÍA



METODOLOGÍA

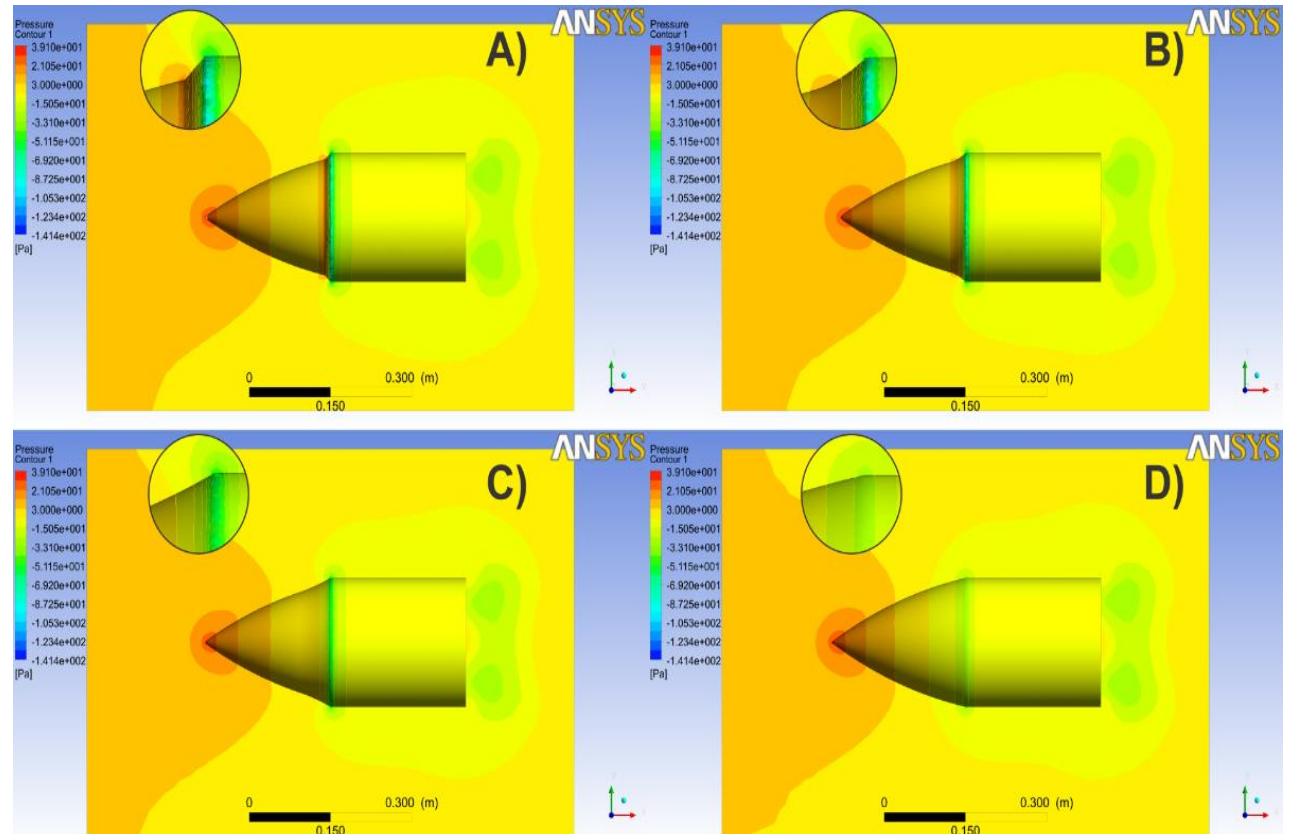
- Selección de las características para el diseño

Contorno de presiones Cono y Secante1.



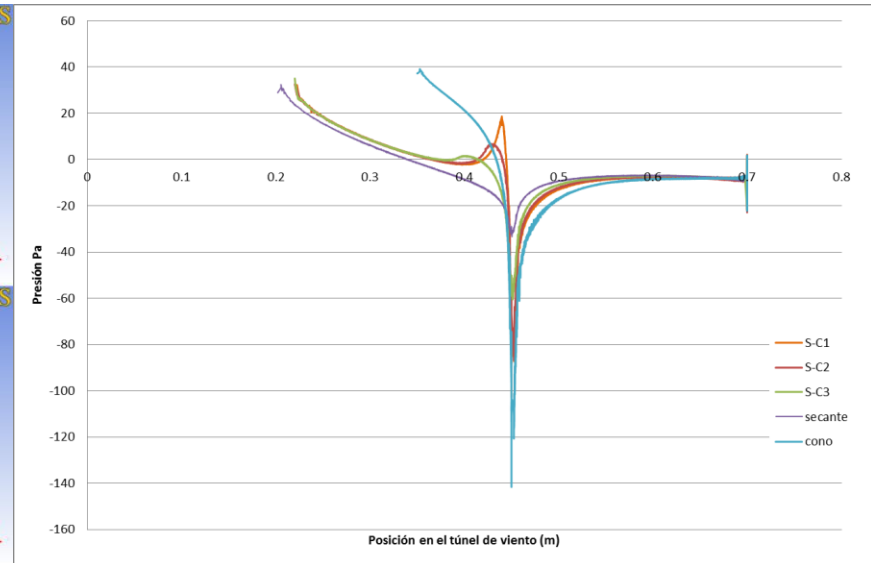
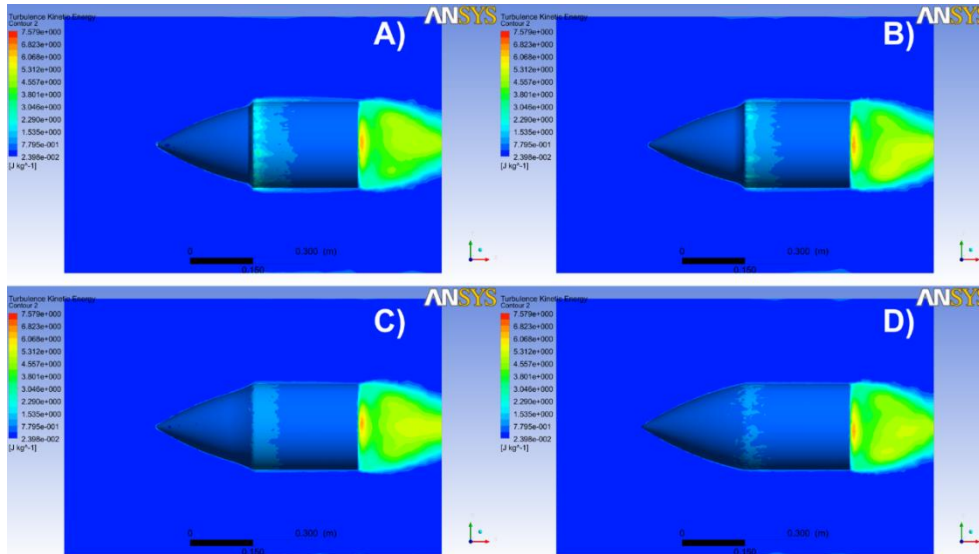
- Optimización.

- A) *Primer propuesta llamada S-C1,*
- B) *Primera Optimización llamada S-C2,*
- C) *Segunda Optimización llamada S-C3,*
- D) *Ojiva secante1.*



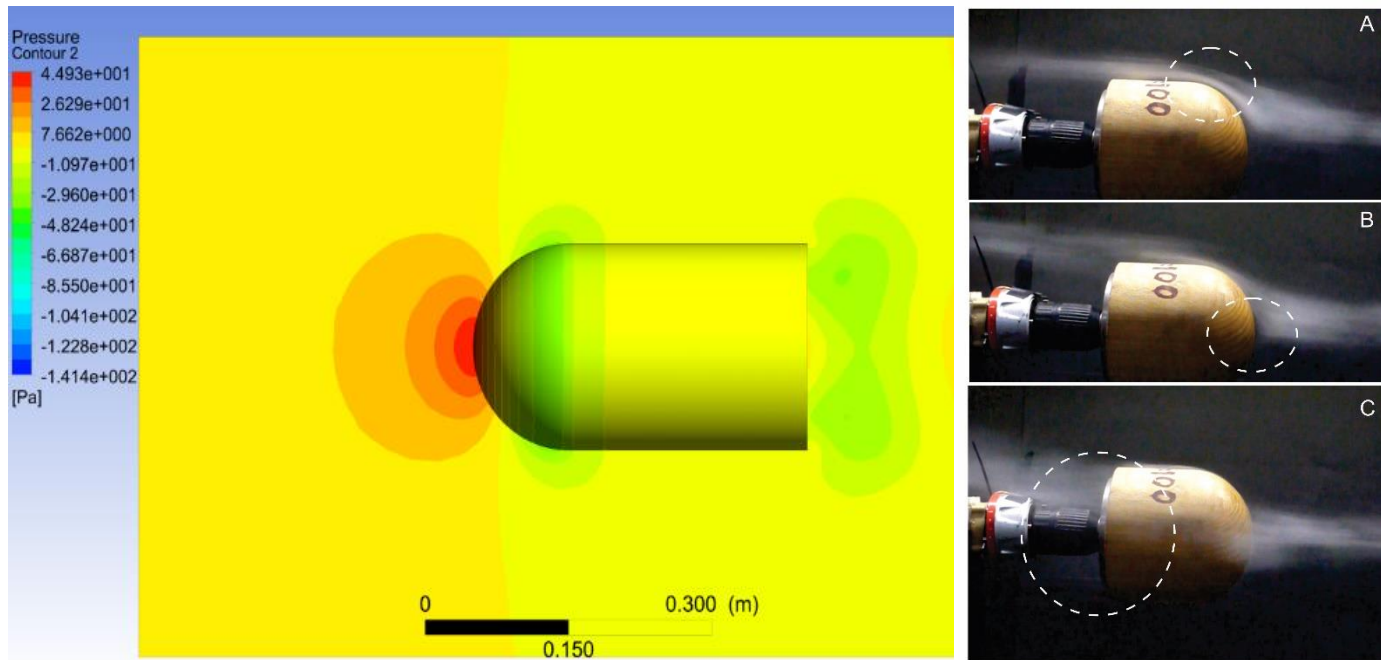
METODOLOGÍA

- Optimización.



VALIDACIÓN SIMULACIÓN

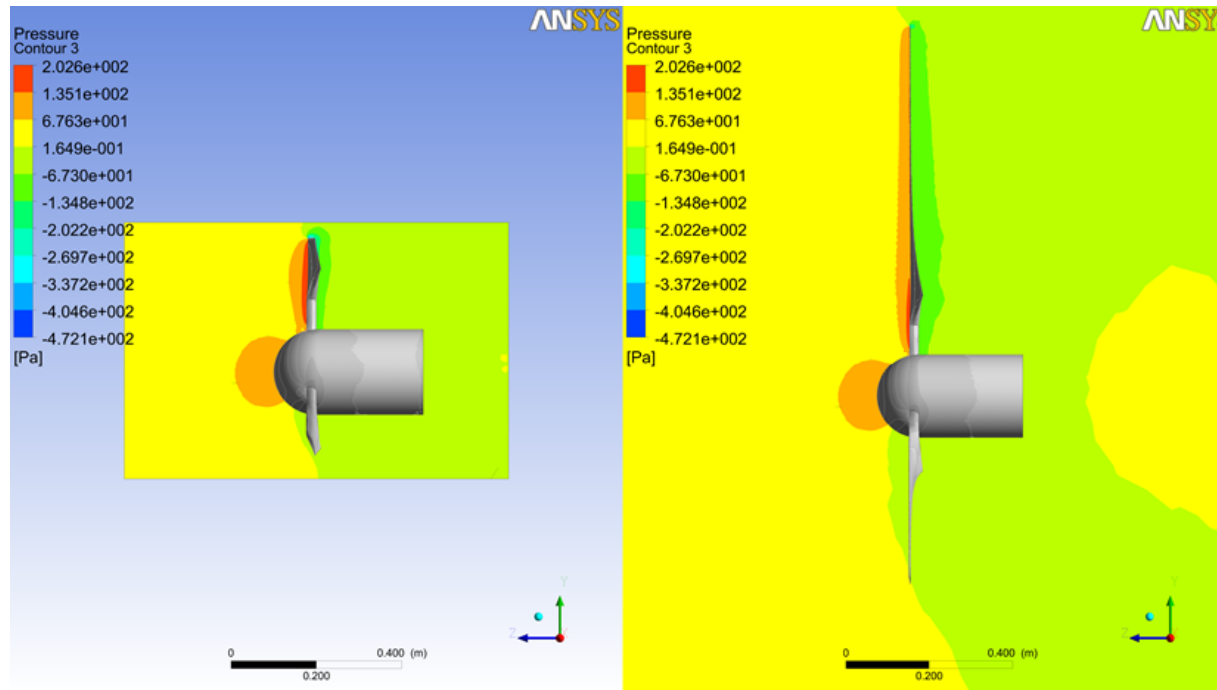
- Estudio del contorno de presiones
Comparación con la experimentación (túnel).
Zonas de interés.



A) Zona de aumento del flujo y flujo sobre el perfil, B) Punto de estancamiento, Flujo desde el punto de estancamiento sobre el perfil, C) Vórtices, zona de recirculación y desprendimiento del fluido.

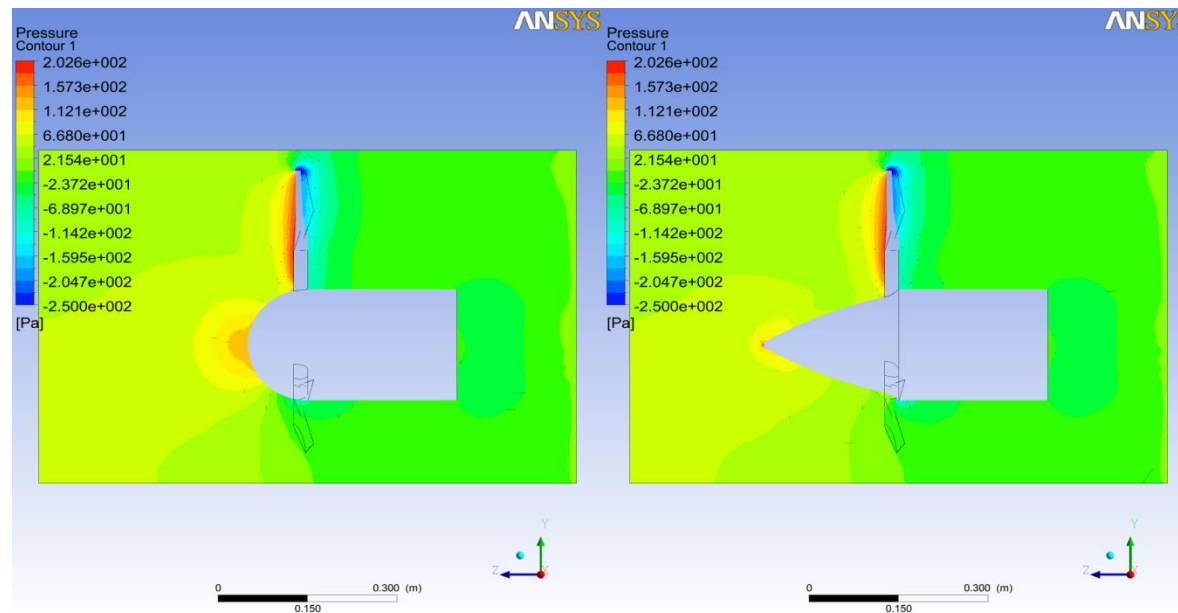
VALIDACIÓN SIMULACIÓN

- Reducción del modelo de la turbina de viento.
Álabes seccionados para una reducción en el tiempo de simulación.



■ Simulación turbina con HUB S-C2

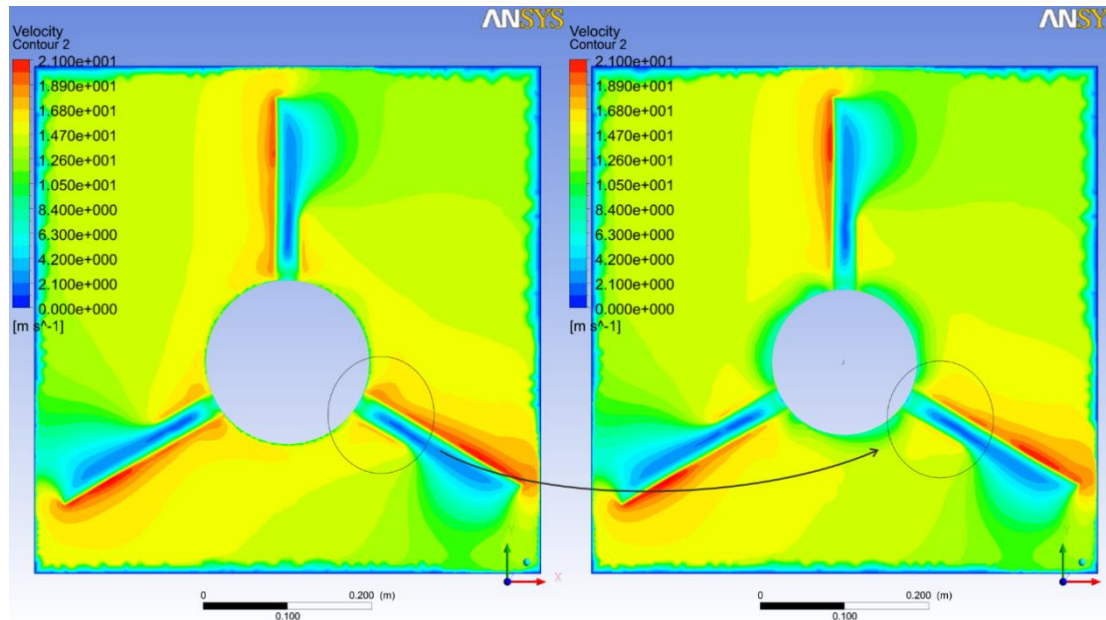
Se realizó una comparación entre la propuesta de HUB S-C2 contra uno semicircular con la intención de ver las mejoras que puede tener el cambio de geometría.



Contorno de presiones para una turbina con HUB semicircular y con el HUB denominado S-C2; a la izquierda HUB semicircular, a la derecha HUB S-C2.

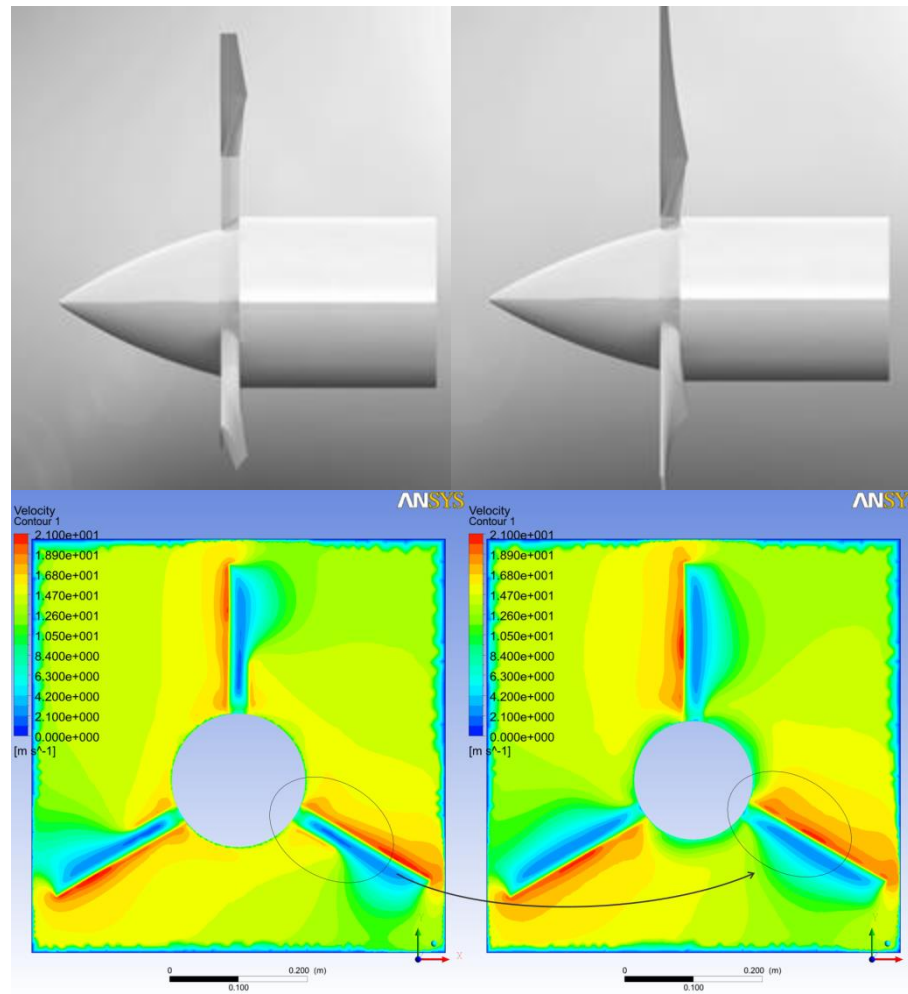
- Simulación turbina con HUB S-C2

Contorno de velocidades para una turbina con HUB semicircular y con el HUB denominado S-C2; a la izquierda HUB semicircular, a la derecha HUB S-C2.



METODOLOGÍA

- Desplazamiento álabes



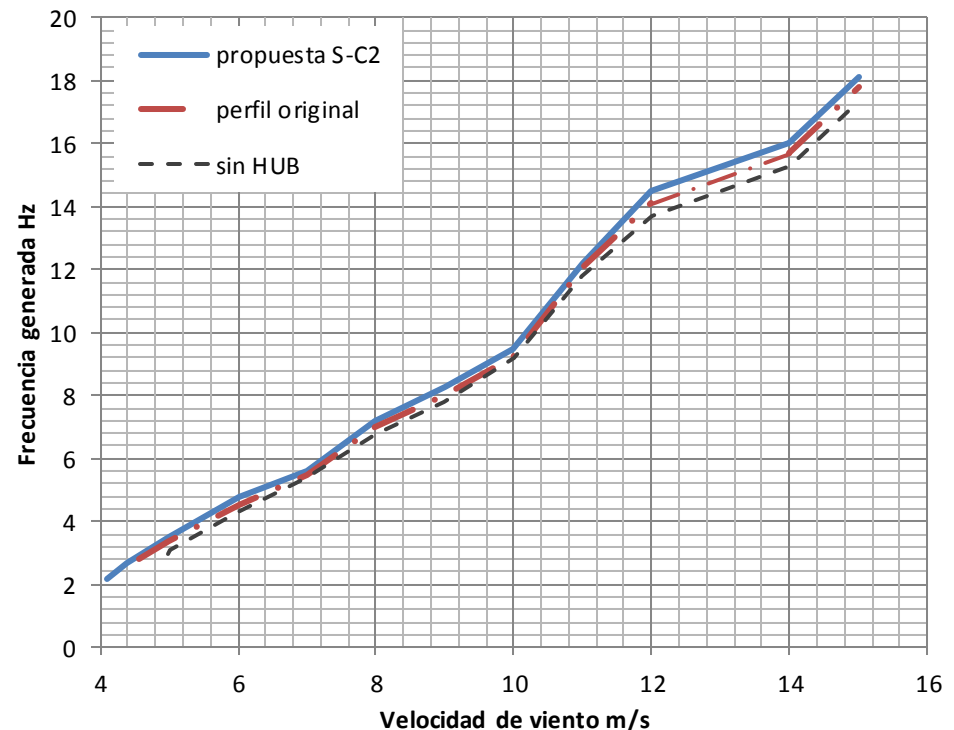
- Resultados experimentación



RESULTADOS

■ Resultados experimentación

Velocidad de viento (m/s)	Frecuencia generada (Hz)		
	Propuesta S-C2	Original	Sin HUB
4.105	2.2	***	***
4.377	2.7	***	***
4.576	No se midió	2.8	***
4.989	No se midió	No se midió	3
5	3.5	3.4	3.1
6	4.8	4.5	4.3
7	5.6	5.5	5.4
8	7.2	7	6.8
9	8.3	8	7.8
10	9.5	9.2	9.2
11	12.2	12.1	11.8
12	14.5	14.1	13.7
14	16	15.7	15.3
15	18.1	17.8	17.3



RESULTADOS

Modelado geométrico del perfil S-C2

Para el modelado geométrico de considera la ecuación:

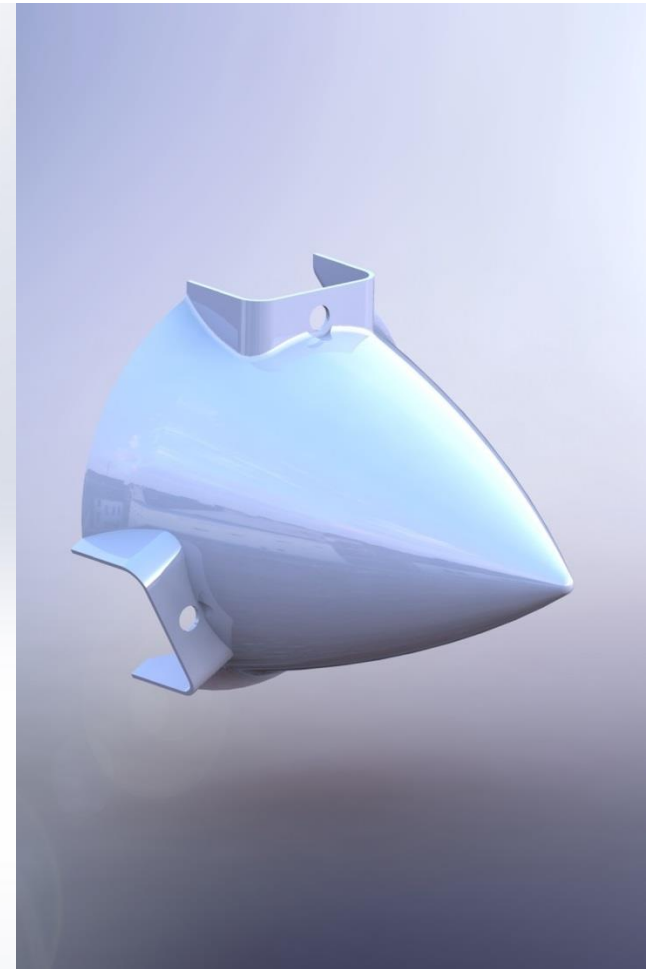
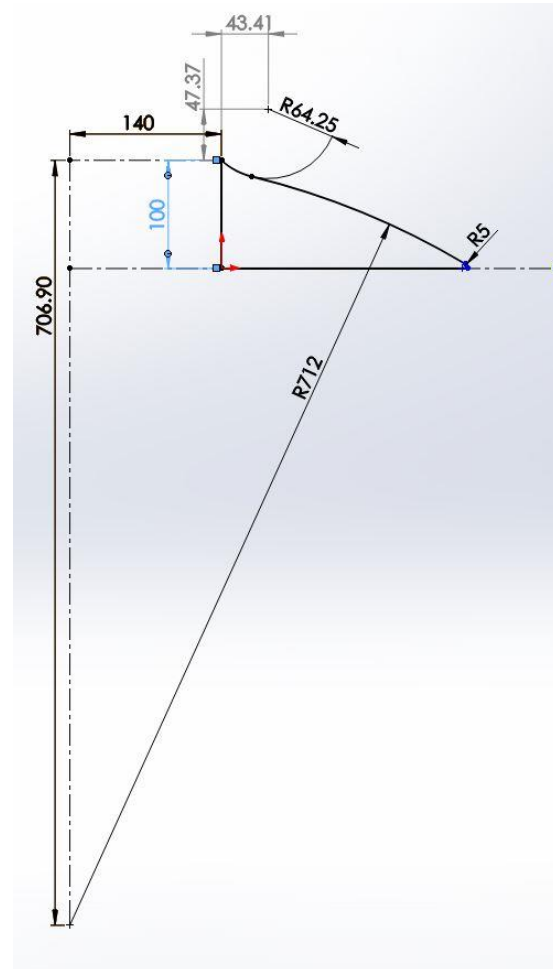
$$x^2 + y^2 + 280x + 1214y - 118895 = 0$$

Con centro en $(-140, -607)$ y radio = 712 mm.

Y para la curva tangente (a la curva anterior) la ecuación:

$$x^2 + y^2 - 86.8x - 494.8y + 63025.9 = 0$$

Con centro en $(43.4, 247)$ y radio = 64.3 mm.



CONCLUSIONES

- Se cumplieron con los objetivos tanto general como específicos.
- No debería de dejarse sin analizar el HUB de forma aerodinámica y seleccionar una geometría al azar, ya que en las máquinas siempre se busca el máximo rendimiento, y para lograrlo se deben involucrar todas sus partes en el diseño.
- Se observó un incremento en la velocidad del giro de la turbina eólica para la misma velocidad de viento, el cual se ve reflejado en la frecuencia de salida del generador eléctrico de la turbina eólica

CONCLUSIONES

- Tener una geometría más aerodinámica tiene una influencia significativa en la distribución de presiones sobre los álabes, ya que se desvía de mejor forma el flujo del viento de la parte central hacia las palas.
- Aun cuando las aportaciones son relativamente pequeñas, estas existen y si se busca la máxima eficiencia deben de tomarse en cuenta.

TRABAJOS FUTUROS

- Seguir experimentando con las curvas de presión de los perfiles para aumentar la lista de propuestas de HUB.
- Considerar un análisis del HUB incluyendo la góndola e integrando los álabes en el diseño, como una sola unidad.
- Proponer un HUB variante en el tiempo, que adapte su geometría a las velocidades de viento.

TRABAJOS FUTUROS

- Realizar mediciones del Par producido por diferentes geometrías de HUB a diferentes velocidades, para determinar el aporte real de cada geometría.
- Considerar el efecto que tiene el HUB a la hora de diseñar álabes con la teoría BEM y proponer una corrección al factor de inducción axial.

REFERENCIAS

- Flores Galindo, Diego Rodrigo. Diseño de perfiles aerodinámicos. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Ticoman. Tesis. Mexico D.F., 2006.
- Blocken, “50 years of Computational Wind Engineering: Past, present and future,” *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 129, pp. 69–102, 2014.
- Gordillo Arias de Saavedra, José Manuel. Introducción a la Aerodinámica Potencial. Ed. Paraninfo 2012.
- D. LEGOURIÉRÉS, Energía eólica, Teoría, concepción y cálculo práctico de las instalaciones; Masson, S.A., 198.
- Agüera-Pérez, J. C. Palomares-Salas, J. J. González de la Rosa, J. G. Ramiro-Leo, and A. Moreno-Muñoz, “Basic meteorological stations as wind data source: A mesoscalar test,” *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 107–108, pp. 48–56, 2012.
- Manwell, J.F., McGowan J.G. and Rogers A.L., Wind Energy Explained; Theory, Design and Application; *University of Massachusetts, Amherst, USA*; JOHN WILEY & SONS, LTD
- Escudero López, J.M., Manual de energía eólica; 2ª edición corregida
- Renewables 2013: Global Status Report,” 2014
- T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, and E. Bossanyi, *Wind Energy Handbook*. John Wiley and Sons, 2001.
- J. Johansen, H. A. Madsen, N. N. Sørensen and C. Bak, Numerical Investigation of a Wind Turbine Rotor with an aerodynamically redesigned hub-region. Wind Energy Dept. Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, 2007
- F. Wang, L. Bai, J. Fletcher, J. Whiteford, D. Cullen (2008), Development of small domestic wind turbine with scoop and prediction of its annual power output, *Renewable Energy*, Volume 33, Issue 7, July, Pages 1637-1651, ISSN 0960-1481.
- GOMEZ-RIVERA, William; APERADOR-CHAPARRO, William and DELGADO-TOBON, Emilio (2011). Rotor Development for a Small Wind Turbine (200 watts) through Local Technology Implementation. *Ing. Univ.*, vol.15, n.2, pp. 303-318 . ISSN 0123-2126.
- P.R. Ebert , D.H. Wood (2001); The near wake of a model horizontal-axis wind Turbine Part 3: properties of the tip and hub vortices; *Renewable Energy* 22 (2001) 461–472.
- Z. Simic, J. G. Havelka, and M. Bozicevic Vrhovcak, “Small wind turbines - A unique segment of the wind power market,” *Renew. Energy*, vol. 50, pp. 1027–1036, 2013.
- R. Ramponi and B. Blocken, “CFD simulation of cross-ventilation for a generic isolated building: Impact of computational parameters,” *Build. Environ.*, vol. 53, pp. 34–48, 2012.
- B. Blocken and C. Gualtieri, “Ten iterative steps for model development and evaluation applied to Computational Fluid Dynamics for Environmental Fluid Mechanics,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 33, pp. 1–22, 2012.
- N. J. Mulvany, L. Chen, J. Y. Tu, and B. Anderson, “Steady-State Evaluation of 'Two-Equation' RANS (Reynolds-averaged Navier-Stokes) Turbulence Models for High-Reynolds Number Hydrodynamic Flow Simulations.”
- Gaona Hernandez , Fredy. Diseño y construcción de un generador eléctrico para un aerogenerador de baja potencia. UMSNH. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Tesis. Morelia, Mich. 2010.
- Gomez Urieta, Erick Yuvaniel. Diseño y manufactura del HUB y álabes de una turbina de viento. UMSNH. Facultad de Ingeniería Mecánica, Tesis. Morelia, Mich. 2011.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)