



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: Análisis Preliminar de Distintos Tipos de Punta en Alabes de Turbinas Eólicas de Eje Horizontal de Baja Capacidad HAWT

Authors: Daniel MOLINERO†, Víctor LOPEZ, Christian CASILLAS y Gildardo SOLORIO

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2017-02
BCIERMIMI Classification (2017): 270917-0201

Pages: 23
Mail: *molherd@gmail.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			



Índice

1. Introducción.
2. Metodología de Diseño y Simulación
3. Resultados
4. Conclusiones



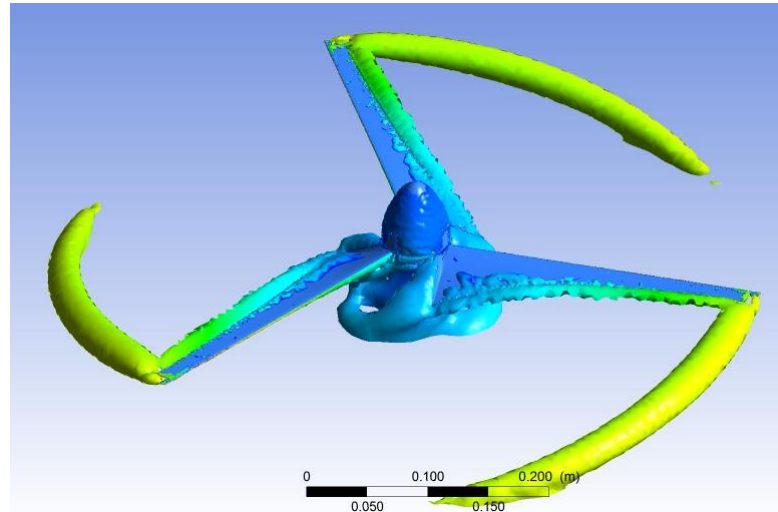
**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

2017



Introducción

- Eficiencia. Turbulencia generada en una turbina corriente arriba, una turbina en funcionamiento en esta estela producirá menos energía y sufrirá mayor carga estructural (Burton, Sharpe, Jenkins, & Bossanyi, 2001).
- Vórtice en la punta reduce sustentación e induce arrastre. Modificación a la geometría para reducir pérdidas.

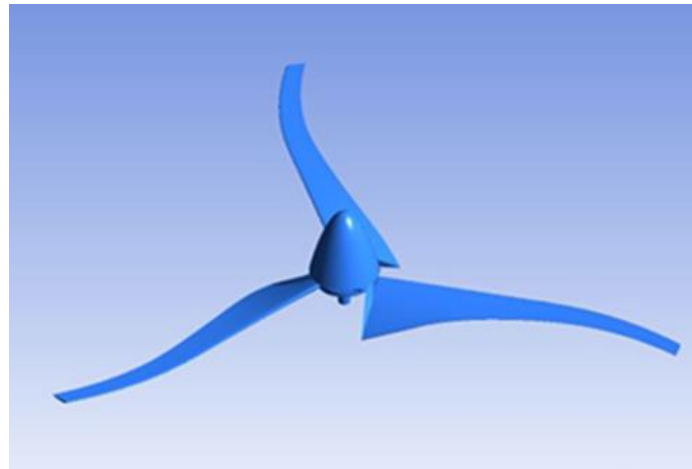


Vórtices generados en la punta de los álabes.



Introducción

- (Chattot, 2009). Sweep, dihedral o winglet. El desempeño aerodinámico aumento.
- (Larwood, Dam, & Schow, 2014). Sweep. Las cargas y la deflexión disminuye.



Rotor con alabes curvados (10% de Sweep).

- (Gertz, Johnson, & Swytink-Binnema, 2014). Winglet. Incremento en potencia generada entre 5% y 8%.
- (Ali, Chowdhury, Loganathan, & Alam, 2015) Winglet. Incrementa la relación sustentación-arrastre hasta un 26%.

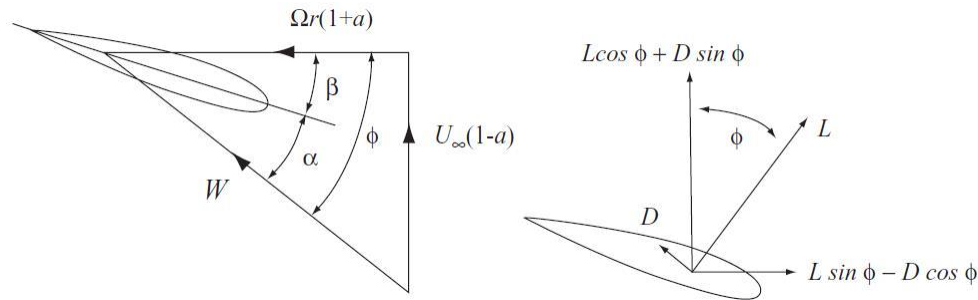




Metodología de Diseño y Simulación

- Teoría BEM (Blade Element Momentum) desarrollada por (Glauert H. , 1953a) (Glauert H. , 1953b).

- $$W = \sqrt{U_{\infty}^2 (1 - a)^2 + \Omega^2 r^2 (1 - a')^2}$$



Triangulo de velocidades en una sección del elemento álabo, donde D es el arrastre y L la sustentación.

- Donde a y a' son los factores de inducción de flujo axial y radial respectivamente



Metodología de Diseño y Simulación

- Ecuaciones de cambio de momento axial y angular (Burton, Sharpe, Jenkins, & Bossanyi, 2001)

- $$\frac{W^2}{U_\infty^2} N \frac{c}{R} (C_l \cos \phi + C_d \sin \phi) = 8\pi(a(1 - a) + (a'\lambda\mu)^2)\mu$$

- $$\frac{W^2}{U_\infty^2} N \frac{c}{R} (C_l \sin \phi - C_d \cos \phi) = 8\pi\lambda\mu^2 a'(1 - a)$$

- Donde:

- $$\lambda = \frac{\Omega R}{U_\infty}$$

- $$\mu = \frac{r}{R}$$



• Obtener los factores óptimos de inducción axial a y radial a' requiere un proceso iterativo.

$$a = \frac{1}{3}; a' = \frac{a(1-a)}{\lambda^2 \mu^2}$$

• Donde $a=1/3$ es el valor óptimo para alcanzar el máximo coeficiente de potencia ($C_p = 0.59$) conocido como límite de (Betz, 1919).

• Para el cálculo de la cuerda se tiene que:

$$\frac{Nc}{2\pi R} = \frac{4\lambda\mu^2 a'}{\frac{W}{U_\infty} C_l}$$

Metodología de Diseño y Simulación

- Obtener los factores óptimos de inducción axial a y radial a' requiere un proceso iterativo.

- $a = \frac{1}{3}; a' = \frac{a(1-a)}{\lambda^2 \mu^2}$

- Donde $a=1/3$ es el valor óptimo para alcanzar el máximo coeficiente de potencia ($C_p = 0.59$) conocido como límite de (Betz, 1919).

- Para el cálculo de la cuerda se tiene que:

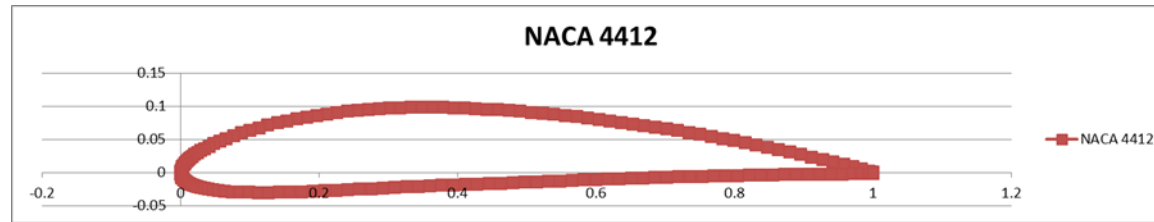
- $\frac{Nc}{2\pi R} = \frac{4\lambda\mu^2 a'}{\frac{W}{U_\infty} C_l}$





Metodología de Diseño y Simulación

- Perfil NACA 4412 con un ángulo de ataque variable.
- XFOil (Drela, 1989) para seleccionar el ángulo de ataque óptimo.
- MatLab obtiene la geometría de la turbina.



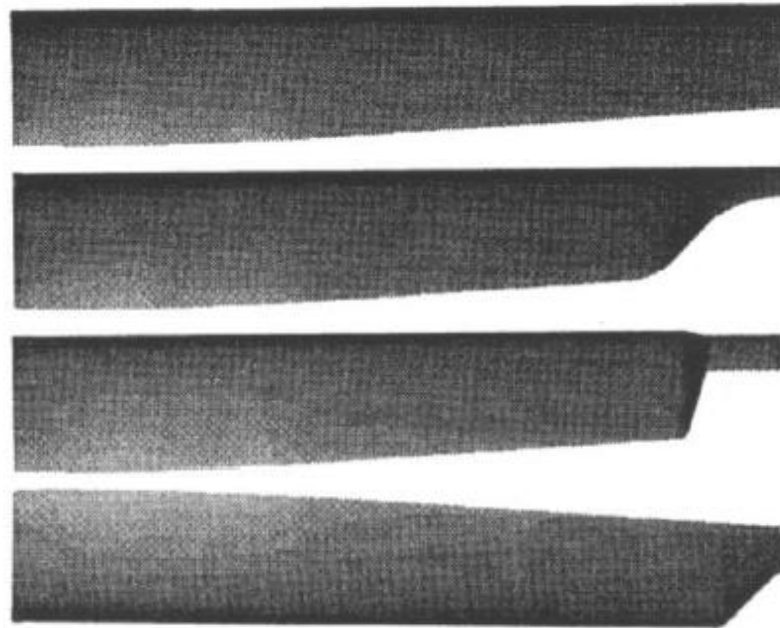
Perfil NACA 4414.

- Ecuaciones para generar álabes curvos en distintas direcciones y puntas basadas en la industria aeronáutica (Hu, 2003).
- (Brocklehurst & Barakos, 2013). Modificar la geometría de punta mejora el rendimiento de los rotores de helicópteros.



Metodología de Diseño y Simulación

- Se analizaron 6 tipos de punta: ogee, sub-wing, taper, berp, flat y flatex.

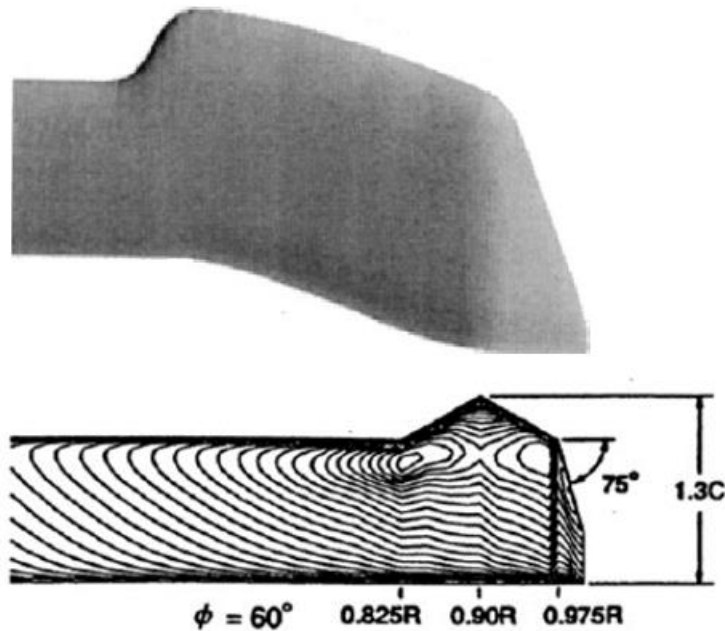


Geometrías de tipos de punta. De arriba hacia abajo: flat, ogee, sub-wing y taper.



Metodología de Diseño y Simulación

- La punta tipo berp tomó como base el modelo de (Aoyama, Kawachi, & Saito, 1995).

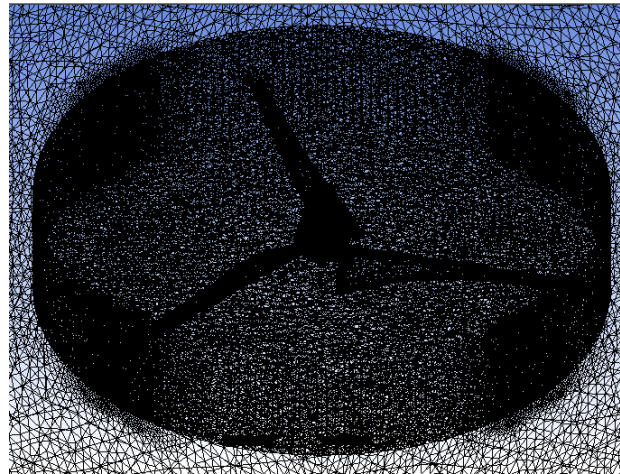


Geometría de tipo de punta berp en la parte superior y modelo de (Aoyama, Kawachi, & Saito, 1995) en la parte inferior.



Metodología de Diseño y Simulación

- Mallado. El dominio se dividió en dos marcos de referencia.



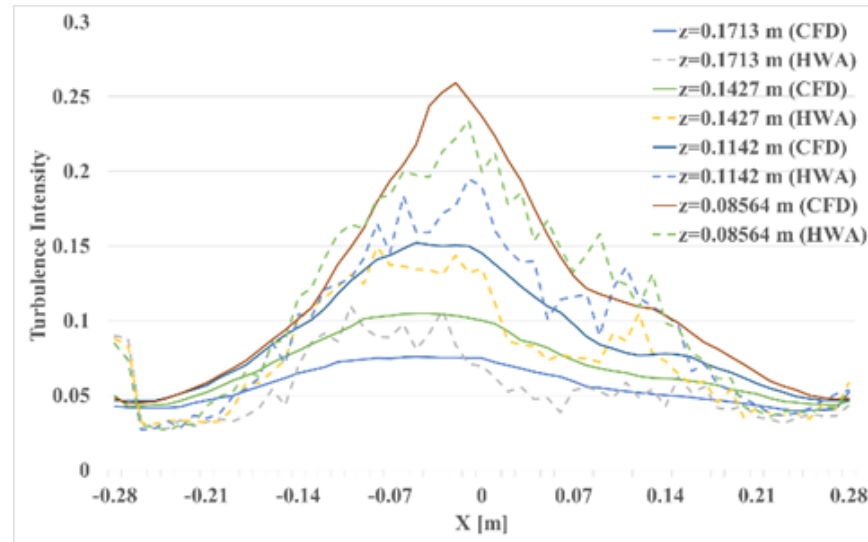
Mallado del dominio computacional.

- Simulación. Se empleó el modelo de turbulencia k- ω SST, ya que este modelo genera mejores aproximaciones al fenómeno real (Rocha, Rocha, Carneiro, Silva, & Bueno, 2014) y (Lanzafame, Mauro, & Messina, 2013).



Metodología de Diseño y Simulación

- Validación del modelo CFD. En un estudio anterior se realizaron pruebas en túnel de viento (Molinero, López, & Cervantes, 2016).

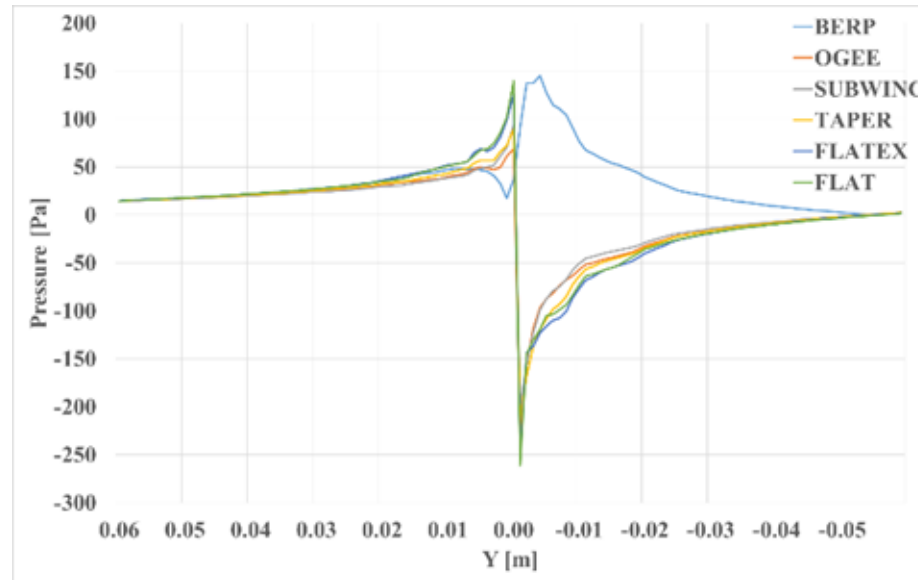


Intensidad de turbulencia en la región central de los álabes. CFD (línea continua) vs Anemómetro de hilo caliente (línea discontinua).

- Las mediciones de velocidad instantánea e intensidad de turbulencia en la estela emplearon un equipo de anemometría de hilo caliente.



Resultados

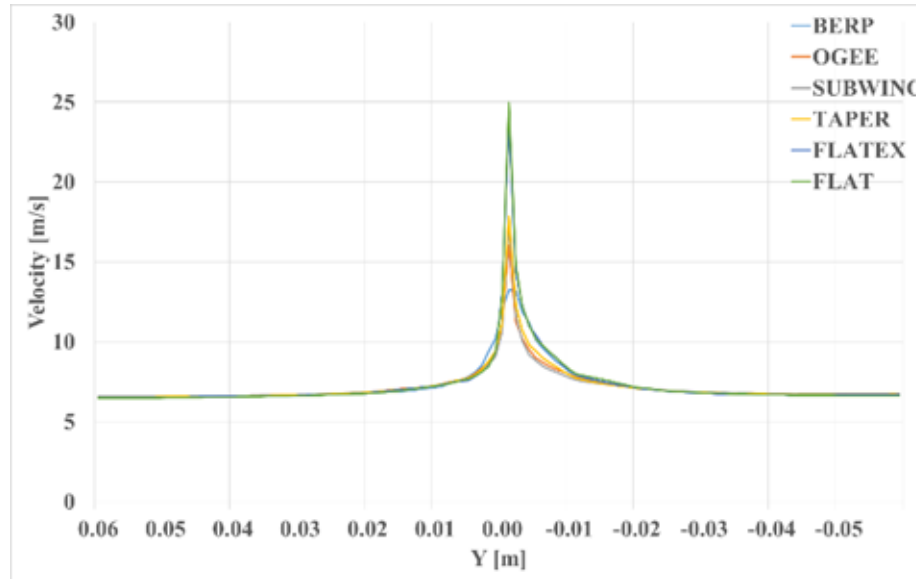


Resultados de CFD, distribución de presión en la punta del álabe.





Resultados

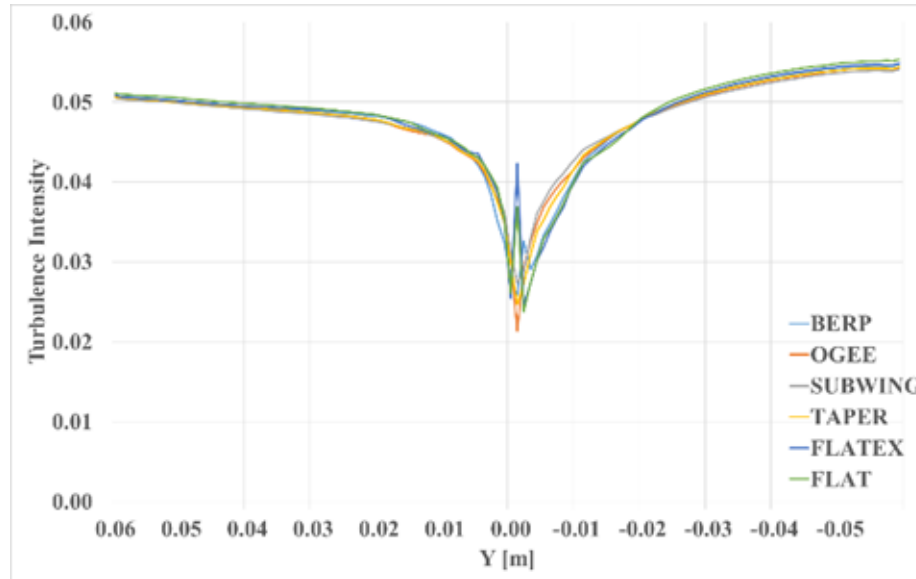


Resultados de CFD, distribución de velocidad en la punta del álabe.





Resultados

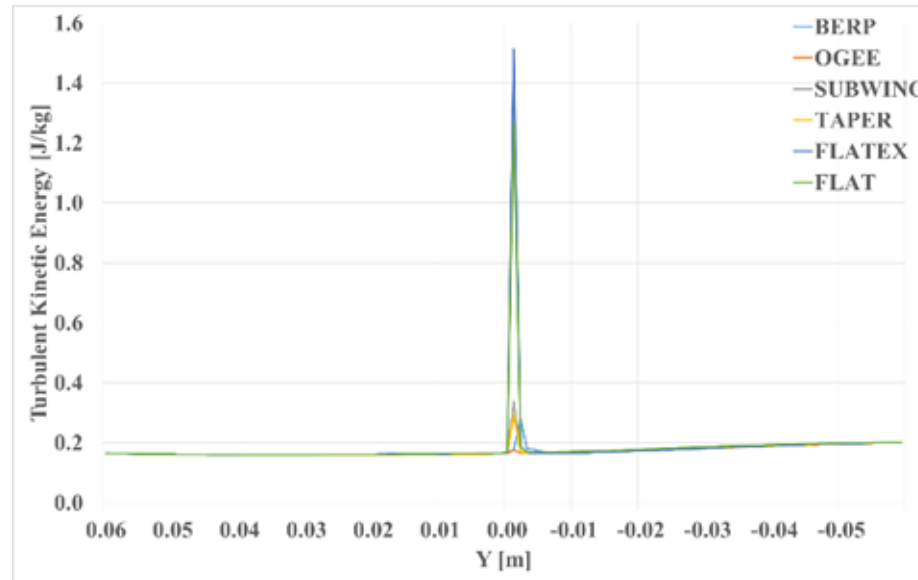


Resultados de CFD, intensidad de turbulencia en la punta del álabe.





Resultados

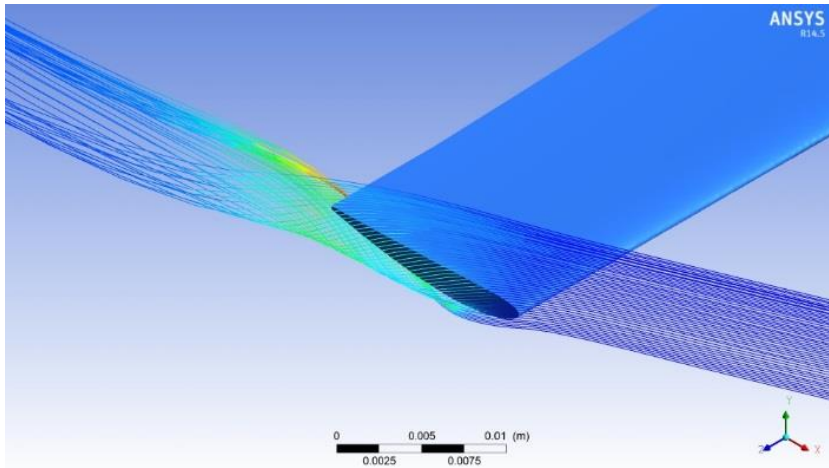


Resultados de CFD, energía cinética turbulenta en la punta del álabe.

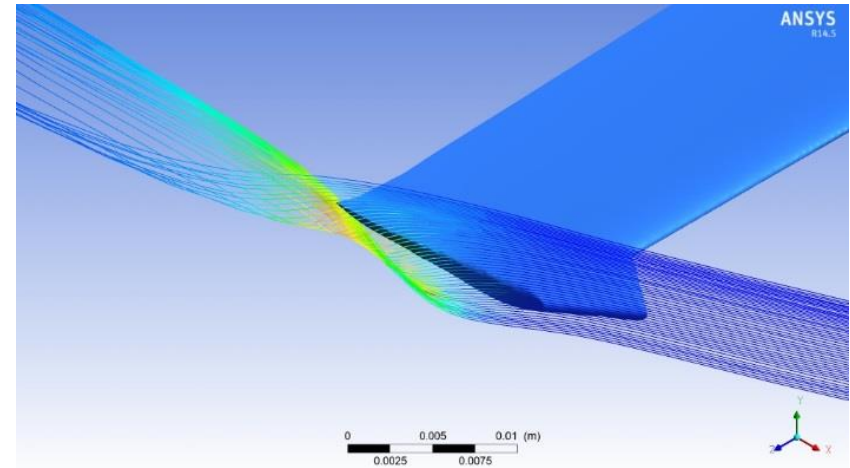




Resultados



Resultados de CFD, energía cinética turbulenta y líneas de corriente con la punta tipo flatex.

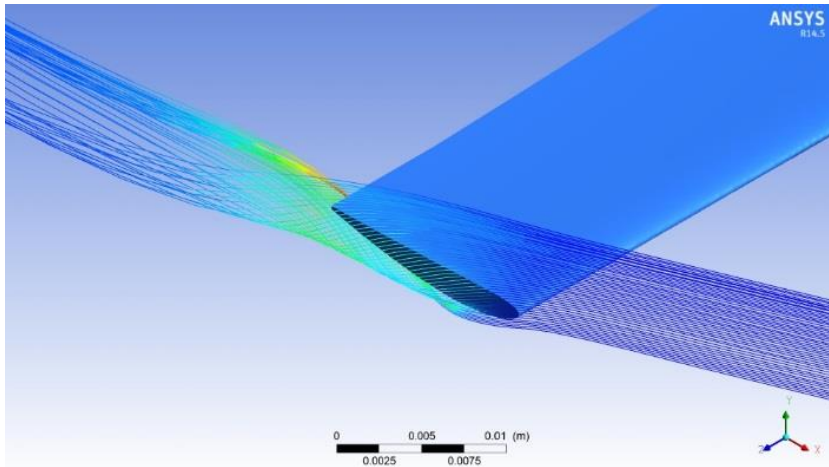


Resultados de CFD, energía cinética turbulenta y líneas de corriente con la punta tipo berp.

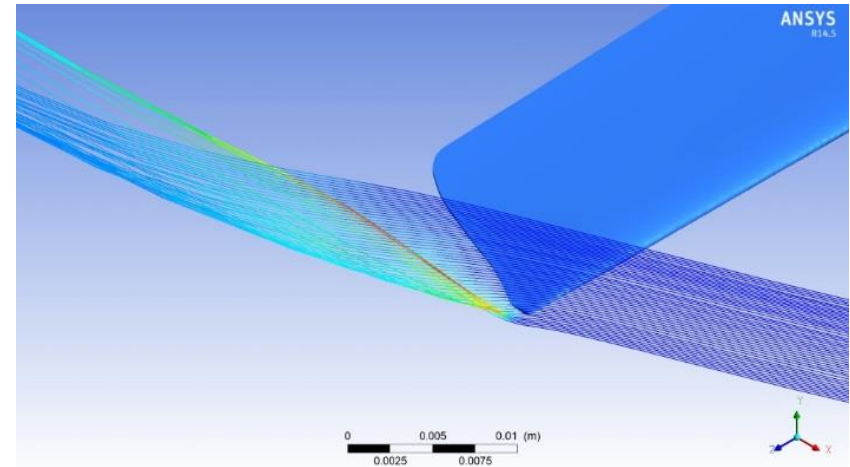




Resultados



Resultados de CFD, energía cinética turbulenta y líneas de corriente con la punta tipo flatex.

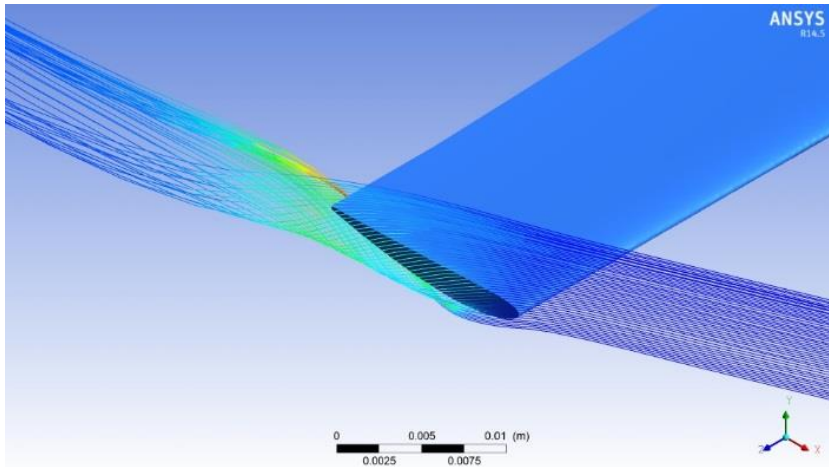


Resultados de CFD, energía cinética turbulenta y líneas de corriente con la punta tipo ogee.

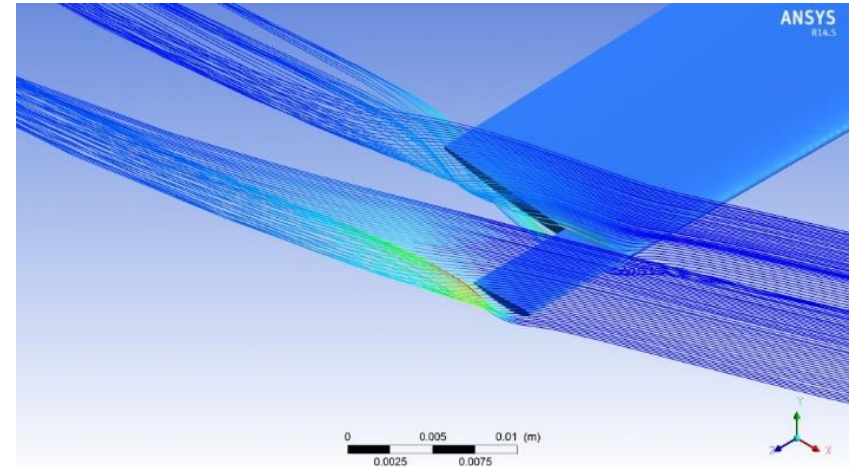




Resultados



Resultados de CFD, energía cinética turbulenta y líneas de corriente con la punta tipo flatex.

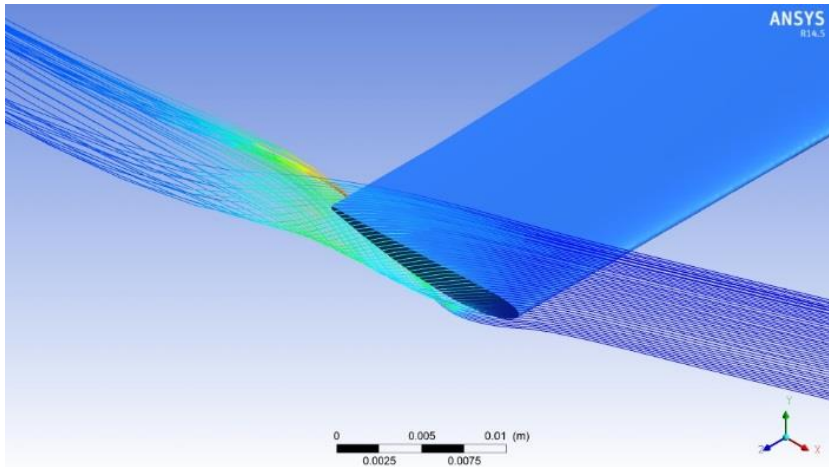


Resultados de CFD, energía cinética turbulenta y líneas de corriente con la punta tipo sub-wing.

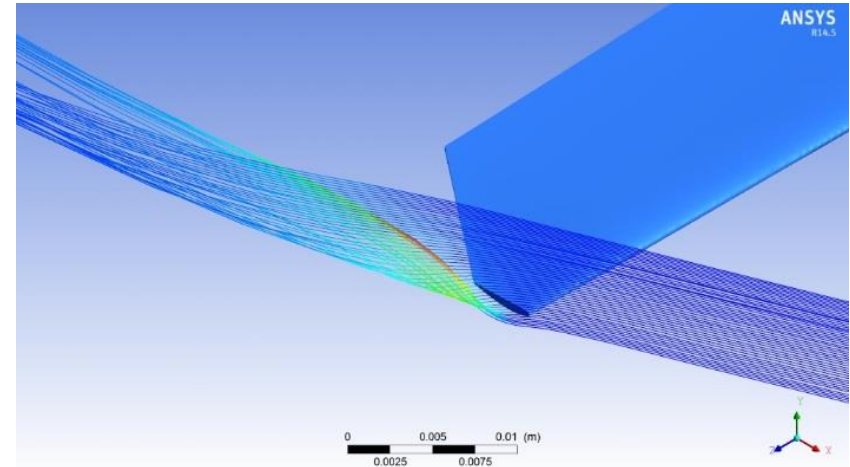




Resultados



Resultados de CFD, energía cinética turbulenta y líneas de corriente con la punta tipo flatex.

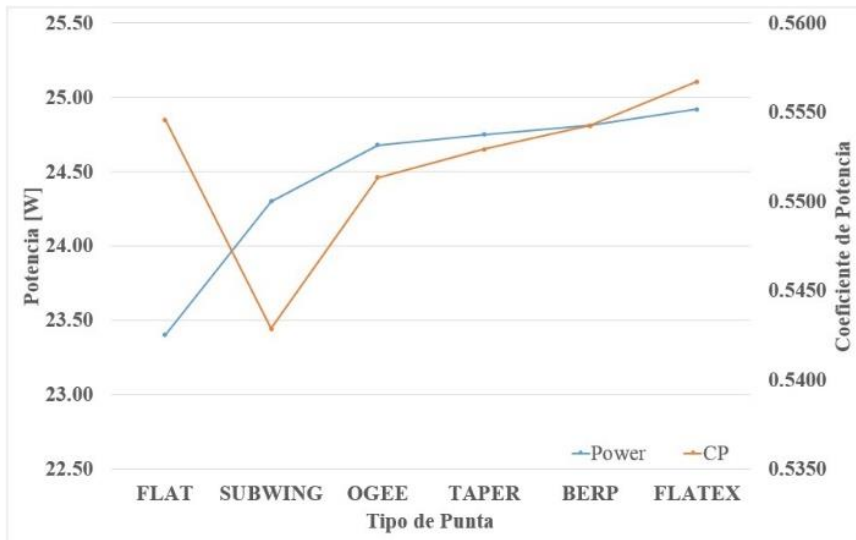


Resultados de CFD, energía cinética turbulenta y líneas de corriente con la punta tipo taper.

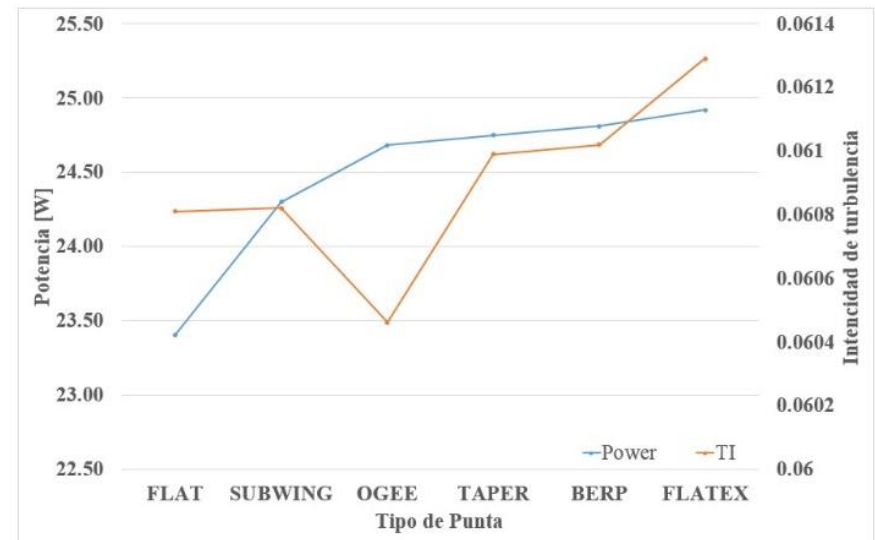




Resultados



Potencia y coeficiente de potencia de los rotores con los distintos tipos de puntas.



Potencia e intensidad de turbulencia de los rotores con los distintos tipos de puntas.





Conclusiones

- El presente estudio arroja datos importantes sobre alternativas puntas álabes de la turbinas de viento de eje horizontal y su impacto en la potencia generada.
- La potencia generada por las turbinas con puntas modificadas incremento debido a que el área de barrido es mayor. Sin embargo, el incremento no solo depende del área de barrido del rotor, sino también del tamaño y forma de la punta empleada. El coeficiente de potencia también y la intensidad de turbulencia están influenciados también por el tamaño y forma de la punta.
- El análisis de las características del fluido en la zona inmediata a la punta de los álabes muestra que los gradientes más grandes de presión, velocidad, energía cinética turbulenta e intensidad de turbulencia se presenta en la puntas flat y flatex, lo cual se refleja en la mayor intensidad de turbulencia en la zona más alejada de la estela de rotación
- Se puede llegar a establecer un factor que relacione el tipo y tamaño de punta con la potencia.
- Es necesario agregar aspectos estructurales que pudieran proporcionar más elementos para iniciar un proceso de optimización.





Referencias

- Ali, A., Chowdhury, H., Loganathan, B., & Alam, F. (2015). An aerodynamic study of a domestic scale horizontal axis wind turbine with varied tip configurations. *Procedia Engineering*(105), 757 – 762. doi:10.1016/j.proeng.2015.05.067
- Aoyama, T., Kawachi, K., & Saito, S. (1995). Effect of blade tip planform on shock wave of advancing helicopter blade. *Journal of Aircraft*, 32(5), 955-961.
- Betz, A. (1919). *Schraubenpropeller mit geringstem energieverlust*. Berlin, Germany: Gottinger Nachr.
- Brocklehurst, A., & Barakos, G. N. (2013). A review of helicopter rotor blade tip shapes. *Progress in Aerospace Sciences*(56), 35-74.
- Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., & Bossanyi, E. (2001). *Wind Energy Handbook* (1 ed.). West Sussex, England: John Wiley & Sons, Ltd. doi:ISBN 0 471 48997 2
- Chattot, J.-J. (2009). Effects of blade tip modifications on wind turbine performance using vortex model. *Computers & Fluids*(38), 1405–1410.
- Drela, M. (1989). XFOIL: An Analysis and Design System for Low Reynolds Number Airfoils. *Low Reynolds Aerodynamics. Lec. Notes in Eng.*(54).





Referencias

- Gertz, D., Johnson, D. A., & Swytkin-Binnema, N. (2014). Comparative Measurements of the Effect of a Winglet on a Wind Turbine. En Research Topics in Wind Energy 2. Wind Energy – Impact of Turbulence (págs. 121-126). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Glauert, H. (1953a). Airplane propellers. Aerodynamic theory (ed. W. F. Durand). Berlin, Germany: Julius Springer.
- Glauert, H. (1953b). Windmills and fans. Aerodynamic theory (ed. W. F. Durand). Berlin, Germany: Julius Springer.
- Hu, H. (2003). Computational analysis of effects of blade shapes on tip-vortices. Advances in Engineering Software(34), 279-286.
- Lanzafame, R., Mauro, S., & Messina, M. (2013). Wind turbine CFD modeling using a correlation-based transitional model. Renewable Energy(52), 31-39.
- Larwood, S., Dam, C. v., & Schow, D. (2014). Design studies of swept wind turbine blades. Renewable Energy(71), 563-571.
- Manwell, J., McGowan, J., & Rogers, A. (2009). Wind Energy Explained : Theory, Design, and Application (2 ed.). West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- Molinero, D., López, V., & Cervantes, A. (2016). Revista de Sistemas Experimentales. Revista de Sistemas Experimentales, 3(8), 91-102.
- Rocha, P. C., Rocha, H. B., Carneiro, F. M., Silva, M. V., & Bueno, A. V. (2014). K- ω -SST (shear stress transport) turbulence model calibration: A case study on a small scale horizontal axis wind turbine. Energy 65 (2014) 412e418(65), 412-418.





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)