

# Estudio de potencial de generación eólica y diseño de perfil asimétrico para un aerogenerador Darrieus tipo-H

Andres F. Galindo

*Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
Universidad Nacional de Colombia*

Bogotá, Colombia  
afgalindor@unal.edu.co

Javier A. Rosero

*Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
Universidad Nacional de Colombia*

Bogotá, Colombia  
jaroserog@unal.edu.co

Carlos Labriola

*Departamento de Ingeniería  
Universidad Nacional del Comahue*

Buenos Aires, Argentina  
carloslabriola54@yahoo.com.ar

**Resumen**—El uso de aerogeneradores en espacios urbanos, es una alternativa de generación de energía eléctrica, con el potencial de aportar al cumplimiento de la creciente demanda energética mediante el aprovechamiento de los recursos renovables, contribuyendo en la disminución de los efectos adversos del cambio climático como consecuencia de las nocivas actividades antropogénicas. Teniendo la capacidad de ser una alternativa de generación de energía que puede funcionar en conjunto a la generación fotovoltaica. Entre los aerogeneradores que pueden posicionarse en las cimas de las edificaciones urbanas, destaca el aerogeneradores de eje vertical Darrieus tipo H, por su funcionamiento omnidireccional ante las ráfagas de viento, así como su facilidad de instalación, mantenimiento y fabricación. Si bien estas ventajas lo muestran como un candidato ideal para la producción de energía eólica en entornos urbanos, presenta la desventaja de requerir altas velocidades del viento para poder auto arrancar, por ello el diseño de un perfil aerodinámico asimétrico se muestra como una alternativa con el potencial de conseguir mayores coeficientes de sustentación y bajos coeficientes de arrastre para bajos números de Reynolds. Por tal motivo en este trabajo se presenta un estudio del potencial eólico con respecto al punto de ubicación futura de un aerogenerador, con el fin de conocer las franjas horarias y los meses con mayores velocidades del viento. Conociendo las condiciones ambientales de la zona se diseñaron perfiles aerodinámicos con modificaciones en el espesor y ángulo de deflexión en el borde de salida, partiendo como base de los perfiles asimétricos LS(1)-0413 y s813, con la ayuda del programa Javafoil, de esta forma se seleccionaron los perfiles más óptimos para números de Reynolds entre 10.000 y 90.000.

**Index Terms**—Darrieus, Aerogenerador, Perfil asimétrico, Entornos urbanos.

## I. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de los recursos eólicos no es algo nuevo para la humanidad, antiguas civilizaciones usaban barcos y molinos que empleaban las corrientes del viento como fuente de energía. En cuanto a emplear la energía eólica para la producción de energía eléctrica, esta vio su

auge con el desarrollo del aerogenerador eólico moderno, inventado por el ingeniero francés Jean Marie Darrieus a inicios del siglo 20 [1], desde entonces ha sido el interés de científicos e ingenieros, realizar investigaciones en el desarrollo de aerogenerador más eficientes, que contribuyan a suplir la demanda energética global, dada la necesidad de encontrar energías alternas que empleen recursos renovables, para mitigar los efectos adversos del cambio climático, por estas razones el año 2020 consiguió ser el mejor año de la historia para la industria eólica mundial con una producción de 93 GW y un crecimiento del 53 % [2].

En cuanto al tipo de aerogenerador, estos pueden clasificarse según su eje de rotación con respecto a la dirección del viento, pueden ser de eje horizontal o vertical. Resaltado el hecho que la mayoría de los grandes aerogeneradores empleados en las extensas granjas de viento son de eje horizontal y emplean mecanismos para seguir la dirección de mayor incidencia del viento, esta necesidad de tener que orientarse hacia la máxima dirección del viento hace que los aerogeneradores de eje horizontal no sean la mejor opción para entornos urbanos pues en estos suelen presentarse constantes variaciones en la incidencia del viento. En contra parte los aerogeneradores de eje vertical cuentan con la capacidad de ser omnidireccionales, por lo que no requieren orientarse en dirección al viento [3], lo que los convierte en la mejor opción para entornos urbanos.

Para comenzar el diseño un aerogenerador, primero se debe analizar el potencial eólico de su posible zona de ubicación, esto es de vital importancia cuando se habla de entornos urbanos, sometidos a complejos efectos aerodinámicos, pues al conocer el comportamiento de los vientos, se encontrará la mejor ubicación para posicionar el aerogenerador, inclusive

de sustentación para un ángulo de ataque cero, fineza y coeficiente de arrastre mínimo más alto. Valores intermedios se presentan con tonalidades entre el verde y el rojo.

Reynolds=10.000				Acabado Suave				Acabado Sucio y con Insectos				
Perfil	C <sub>d</sub> min.	C <sub>i</sub> max.	C <sub>i</sub> (α=0)	L/D max	C <sub>d</sub> min.	C <sub>i</sub> max.	C <sub>i</sub> (α=0)	L/D max	C <sub>d</sub> min.	C <sub>i</sub> max.	C <sub>i</sub> (α=0)	L/D max
S813-Mod-3	0,04301	1,172	0,507	20,604	0,06686	1,172	0,507	13,235	0,03856	1,266	0,657	16,238
S813-Mod-4	0,03856	1,266	0,657	16,238	0,06021	1,266	0,657	12,251	0,03531	1,352	0,747	23,626
LS(1)-0413-Mod-4	0,03531	1,352	0,747	23,626	0,05598	1,352	0,747	14,91	0,03666	1,185	0,718	24,389
LS(1)-0413-Mod-5	0,03666	1,185	0,718	24,389	0,05643	1,185	0,718	15,298				
Reynolds=90.000				Acabado Suave				Acabado Sucio y con Insectos				
Perfil	C <sub>d</sub> min.	C <sub>i</sub> max.	C <sub>i</sub> (α=0)	L/D max	C <sub>d</sub> min.	C <sub>i</sub> max.	C <sub>i</sub> (α=0)	L/D max	C <sub>d</sub> min.	C <sub>i</sub> max.	C <sub>i</sub> (α=0)	L/D max
S813-Mod-3	0,01619	1,251	0,507	39,873	0,02481	1,251	0,507	27,786	0,01643	1,292	0,657	41,046
S813-Mod-4	0,01643	1,292	0,657	41,046	0,02456	1,292	0,657	29,23	0,01417	1,437	0,747	53,344
LS(1)-0413-Mod-4	0,01417	1,437	0,747	53,344	0,02067	1,485	0,747	31,336	0,01221	1,231	0,718	58,782
LS(1)-0413-Mod-5	0,01221	1,231	0,718	58,782	0,01999	1,298	0,718	31,876				

Figura 16. Desempeño mejores perfiles aerodinámicos

Analizando el esquema anterior se deduce que el mejor desempeño lo consigue el perfil LS-0413-MO5, que si bien no presenta los coeficientes de sustentación máximo más altos, si presenta los menores coeficientes mínimos de arrastre, así como mayores valores del coeficiente de sustentación para un ángulo de ataque de 0° y la mayor fineza para los dos acabados superficiales y los dos números de Reynolds.

## V. CONCLUSIONES

- A partir del análisis de los datos de las estaciones IDEAM UNAL y la estación del edificio de enfermería, se encontró que las mayores velocidades del viento que superan los 3 [m/s] se encuentran en la franja horaria entre las 13:00 a las 15:00 horas, los meses de mayores velocidades del viento a lo largo del periodo de medición son enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre, en donde enero destaca como el mes de las mayores velocidades. En cuanto a la mayor incidencia del viento esta se presenta en dirección suroeste.
- El acabado con suciedad e insectos presenta mayores coeficientes de arrastre mínimo y coeficientes de sustentación máximo más bajos. Al reducir el espesor máximo de los perfiles, el coeficiente de arrastre mínimo se hace más bajo al igual que el coeficiente de sustentación máximo, por otra parte aumentar la deflexión del ángulo del borde de salida del perfil aerodinámico produce un aumento de los coeficientes de sustentación máximo y de arrastre mínimo.
- Los perfiles modificados presentaron un mejor desempeño para el número de Reynolds más bajo, para los dos acabados superficiales, destacando el perfil LS(1)-0413-Mod-5 como el perfil del mejor desempeño, mostrándose como la mejor opción para a futuro ser simulado con programas de volúmenes finitos y así corroborar su desempeño.

## REFERENCIAS

- [1] T. M. Letcher, *Wind Energy Engineering: A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines*. 2017.
- [2] J. Lee y F. Zhao, "Global Wind Report 2021", Glob. Wind Energy Counc, Bruselas, Bélgica, 25 de marzo de 2021.

- [3] B. Loganathan, H. Chowdhury, I. Mustary, M. M. Rana, y F. Alam, "Design of a micro wind turbine and its economic feasibility study for residential power generation in built-up areas", *Energy Procedia*, vol. 160, núm. 2018, pp. 812–819, 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2019.02.153.
- [4] S. Hübl, M. Peppoloni, K. Leonhartsberger, y A. Hirschl, *Assessment of the Impact of a Low-Rise Flat Roofed Building on Ambient Wind Conditions*, vol. 8. Springer International Publishing, 2019.
- [5] M. H. Mohamed, A. Dessoky, y F. Alqurashi, "Blade shape effect on the behavior of the H-rotor Darrieus wind turbine: Performance investigation and force analysis", *Energy*, vol. 179, pp. 1217–1234, 2019, doi: 10.1016/j.energy.2019.05.069.
- [6] A. Arab, M. Javadi, M. Anbarsooz, y M. Moghiman, "A numerical study on the aerodynamic performance and the self-starting characteristics of a Darrieus wind turbine considering its moment of inertia", *Renew. Energy*, vol. 107, pp. 298–311, 2017, doi: 10.1016/j.renene.2017.02.013.
- [7] J. Svorcan, O. Peković, A. Simonović, D. Tanović, y M. S. Hasan, "Design of optimal flow concentrator for vertical-axis wind turbines using computational fluid dynamics, artificial neural networks and genetic algorithm", *Adv. Mech. Eng.*, vol. 13, núm. 3, pp. 1–13, 2021, doi: 10.1177/16878140211009009.
- [8] R. Martinez et al., "Shape effect of thickness of the NREL S815 profile on the performance of the H-rotor Darrieus turbine", *J. Renew. Sustain. Energy*, vol. 13, núm. 1, 2021, doi: 10.1063/5.0015083
- [9] L. Fernando, "Simulación de perfiles asimétricos para Turbinas", Trabajo Final ER y MA, Universidad Nacional del Comahue, 2019.
- [10] K. R. Rao, "Wind Energy for Power Generation Meeting the Challenge of Practical Implementation", Springer Nature Switzerland, 2019.
- [11] Enérgya-VM, "El generador eólico: Cómo funciona y qué usos tiene", Agosto 19 2020. [Online]. Disponible en: [http://www.energiza.org/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=1246:principales-componentes-de-un-aerogenerador](http://www.energiza.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=1246:principales-componentes-de-un-aerogenerador). (Acceso Noviembre 21 2021).
- [12] J. D. Anderson, *Fundamentals of Aerodynamics* (6th edition), vol. 1984, núm. 3. 2011.
- [13] Tangier, J. L y Somers, D. M. "NREL Airfoil Families for HAWTs", National Renewables Energy Laboratory, enero 1995.
- [14] H. J. Ruiz y J. Franklyn, "Atlas de viento", Doc. interno Corporación Ecofondo. Bogota, vol. 41, núm. 2015.