

Ensayo de un aerogenerador savonius helicoidal en túnel de viento

Wind tunnel testing of a Savonius helicoidal wind turbine

Rodrigo García^{a*}, Jean-Baptiste Sanchez^b, Ivan Elgue^a,
Alejandro Gutiérrez^a

a Universidad de la República
Uruguay, Facultad de Ingeniería,
Instituto de Mecánica de los
Fluidos e Ingeniería Ambiental.
Montevideo – Uruguay.

b École d'Ingénieurs-e-s.
Montpellier, France. (EPF)

*E-mail: rogarcia@fing.edu.uy

Palabras clave:

*Savonius; banco ensayo
túnel de viento.*

Keywords:

*Savonius wind turbine,
wind tunnel test.*

Resumen

En este trabajo se describe el banco de ensayo en túnel de viento diseñado para evaluar el desempeño de aerogeneradores de eje vertical. Se presentan las curvas adimensionales de potencia obtenidas a partir de los resultados del ensayo de un aerogenerador Savonius helicoidal. Las medidas realizadas corriente abajo del flujo del rotor permiten cuantificar la intensidad de turbulencia producida por los rotores para diferentes condiciones de operación ensayadas. El banco de ensayo diseñado muestra ser una herramienta para la fabricación de aerogeneradores de pequeño porte.

Abstract

In this paper, we describe a wind tunnel test designed to evaluate the performance of models of vertical axis wind turbines. The dimensionless wind power curves obtained from the analysis of a modified Savonius wind turbine testing are presented. The measurements made downstream of the rotor flow allow to quantify the intensity of the turbulence produced by the rotors for different operating conditions. The test designed shows to be a tool for the design of small wind turbines.

1 Introducción

En el caso de los aerogeneradores de gran porte, luego del diseño aerodinámico que parte de información de perfiles y en el que se aplica la simulación numérica se pasa directamente a la construcción de prototipos. En el caso de los aerogeneradores de pequeño porte, la bibliografía respecto a la caracterización de distintos tipos de geometrías es limitada. Si bien la simulación numérica puede ser una herramienta para el diseño, la necesidad de la simulación en tres dimensiones y la complejidad que pueden tener los rotores puede ser una limitante para el desarrollo de los aerogeneradores de pequeño porte.

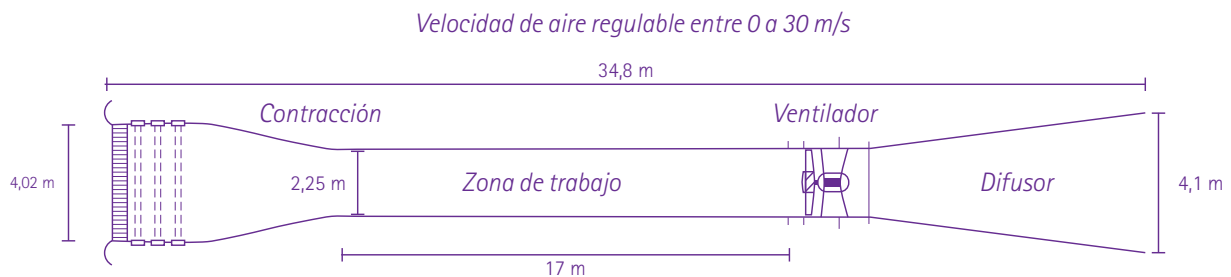
La caracterización del funcionamiento de aerogeneradores mediante el ensayo de modelos en túnel de viento se plantea como una forma de caracterizar distintos rotores con geometrías de las que no se disponen modelos analíticos. Los ensayos de modelos son ampliamente utilizados en el área de las turbomáquinas, una de las aplicaciones más emblemáticas es en el caso de las turbinas hidroeléctricas. A partir de la disponibilidad del túnel de viento, el cual es el componente más costoso del banco de ensayo, se describen los componentes a incorporar de modo a poder caracterizar aerogeneradores de eje vertical. En la bibliografía se presentan análisis del desempeño de aerogeneradores de eje vertical en los que se calcula el coeficiente adimensional de potencia para distintos parámetros como espaciamiento entre casquillos y número de casquillos (AKWA; VIELMO; PETRY, 2012; PARASCHIVOIU, 2002; RICCIA et al., 2016).

En el presente trabajo se reportan resultados de ensayo en túnel de viento de un modelo de aerogenerador de tipo Savonius (TORRESI, et al., 2014) helicoidal, la metodología implementada permite generar curvas adimensionales las cuales son un insumo en diseño de prototipos de aerogeneradores.

2 Banco de ensayo

*El túnel de viento del Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería UdelaR (IMFIA-FING-UdelaR) es del tipo capa límite atmosférica el cual tiene una zona de 17 m de longitud, 1,8 m de alto y 2,25 m de ancho. El túnel puede alcanzar una velocidad de viento de trabajo de hasta 30 m/s. En la **Figura 1**, se presenta un esquema con las principales dimensiones del túnel de viento IMFIA-FING-UdelaR.*

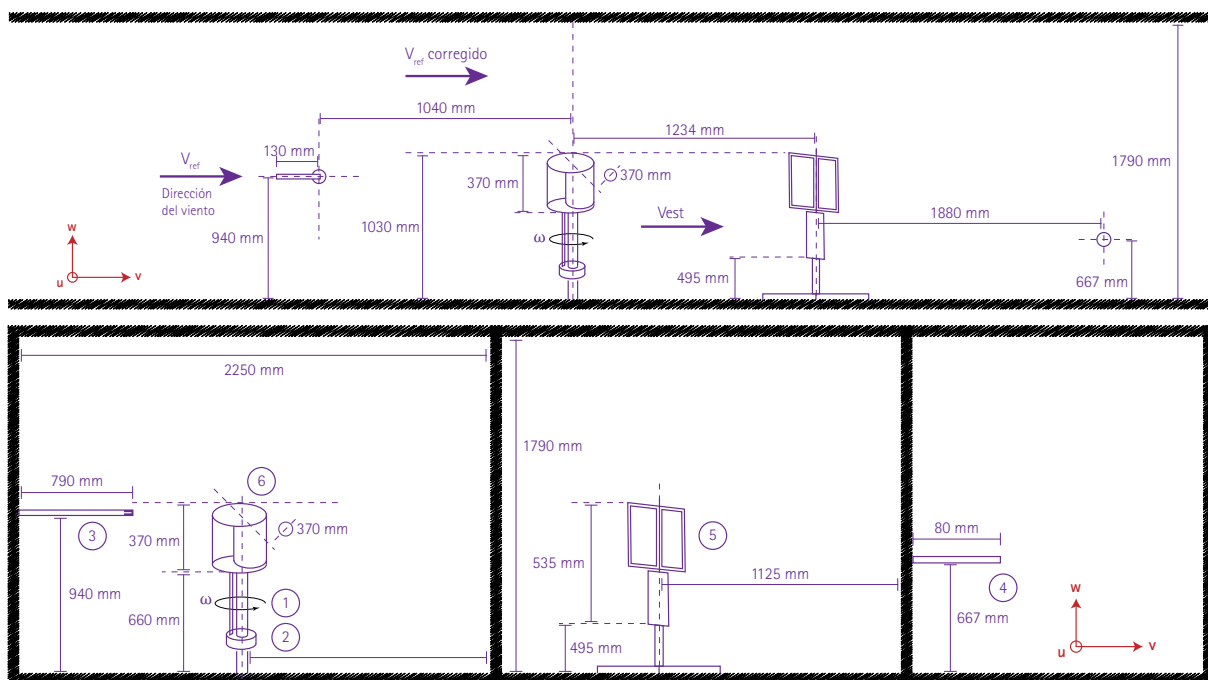
Figura 1 - Proporciones de producción de energía primaria en América Latina (dimensiones en m)



Fuente: elaborado por los autores

El banco de ensayo rotores de aerogeneradores, se encuentra montado en el túnel de viento IMFIA-FING-UdelaR y fue diseñado con objetivo de caracterizar el funcionamiento de rotores de eje vertical. En la **Figura 2**, se presenta un esquema del banco de ensayo con la disposición de los instrumentos en la sección de trabajo del túnel de viento.

Figura 2 - Esquema del banco de ensayo de aerogeneradores de eje vertical del túnel de viento IMFIA-FING-UdelaR



Fuente: elaborado por los autores

Descripción de instrumentos:

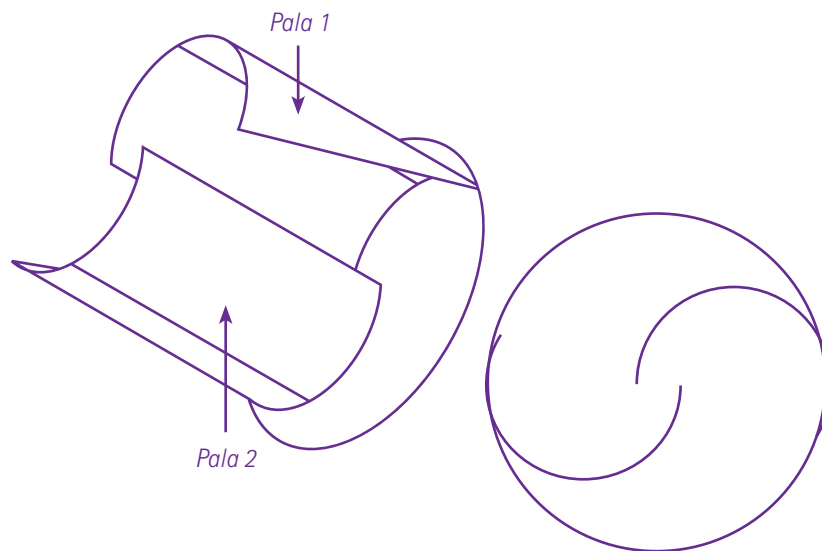
- (1) torquímetro y tacómetro marca Interface modelo T-25;*
- (2) freno magnético (regulador de torque) marca IBD modelo B.53;*
- (3) tubo pitot;*
- (4) termómetro;*
- (5) anemómetro ultrasónico;*
- (6) rotor Savonius helicoidal.*

En el diseño del banco de ensayo se buscó caracterizar el funcionamiento del rotor con independencia al sistema de generación, en este sentido se dispone de un freno magnético con el cual es posible regular el torque. En una condición de operación estacionaria el torque resistivo impuesto por el freno magnético es igual al torque entregado por el rotor del aerogenerador ensayado. Para recorrer todo el rango de operación se seleccionó un freno de polvo magnético, este componente tiene la capacidad de imponer un torque resistivo mediante la aplicación de una corriente de excitación. De modo que para cada velocidad de viento en el túnel se aplican diferentes condiciones de torque controlando la corriente de alimentación del freno magnético.

2.1 Descripción del rotor Savonius helicoidal

*El rotor ensayado es del tipo Savonius, este tipo de aerogeneradores fue patentado en 1927 por Sigurd J Savonius (1927), el rotor está compuesto por dos casquillos en forma de medias cañas con tapas. Presenta una serie de ventajas como: no es necesario un sistemas de orientación y su capacidad de arranque para bajas velocidades de viento dado un alto torque. El modelo ensayado es de tipo helicoidal, en el sentido en que los casquillos se conforman con chapas trapezoidales cilíndricas, de acuerdo al siguiente plano, una vez cilindradas las chapas se contraponen las bases mayores de los trapecios de acuerdo a la **Figura 3**. Dada la disposición de los bordes de las chapas trapezoidales cilíndricas, el exterior describe um contorno helicoidal.*

Figura 3 - Descripción de conformación de rotor Savonius helicoidal con chapas trapezoidales cilindradas



Fuente: elaborado por los autores

La altura del rotor ensayado es de 365 mm, el diámetro es de 350 mm y la separación entre casquillos es de 57 mm.

2.2 Resultados

Se busca caracterizar el desempeño en términos de cuantificar la capacidad de aprovechar la energía del flujo incidente al área de barrido de palas del aerogenerador. Se plantea el cálculo en términos adimensionales de modo a utilizar la información en el diseño de prototipos de aerogeneradores, se calcula el coeficiente adimensional de potencia C_P (1) y la velocidad específica λ (2) siendo $R = D/2$ el radio del rotor y ω la velocidad angular.

$$C_P = \frac{M\omega}{\frac{1}{2}\rho AV_{refc}^3} \quad (1)$$

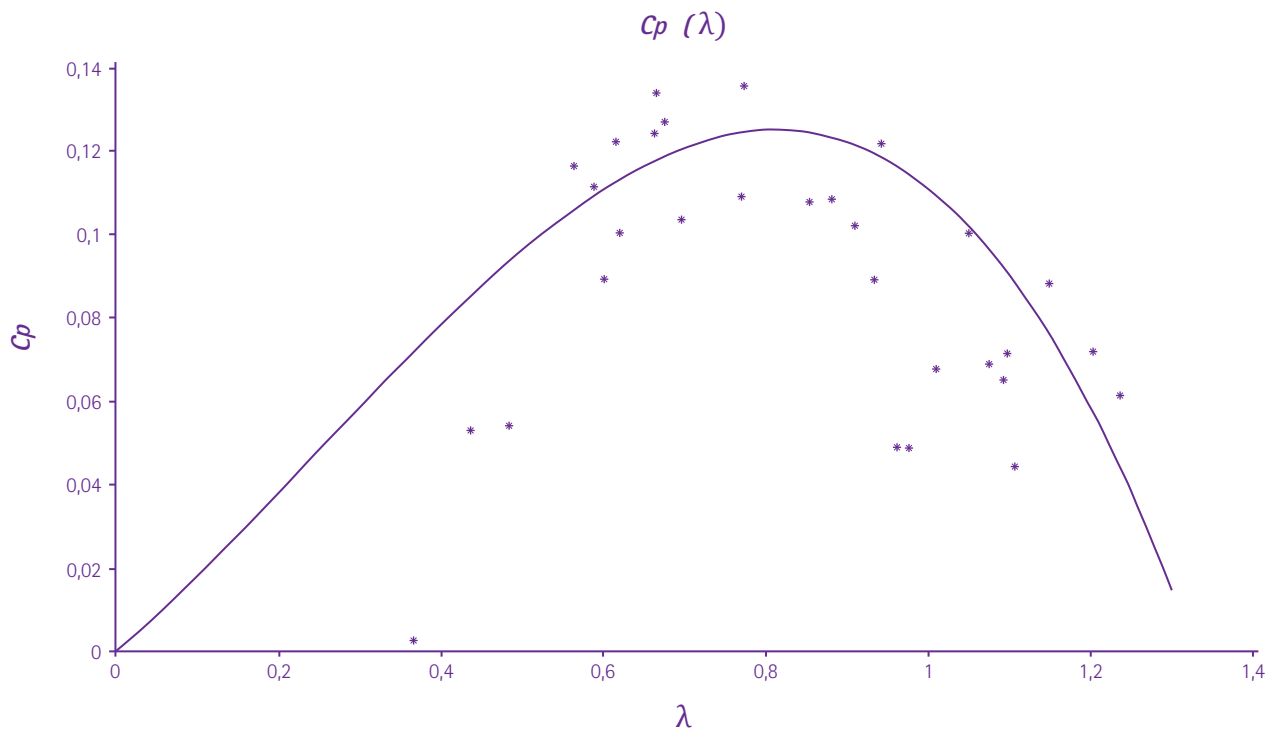
$$\lambda = \frac{R\omega}{V_{refc}} \quad (2)$$

La velocidad de referencia corregida V_{refc} se calcula tomando en cuenta la contracción del flujo, esto es el bloqueo que produce el modelo de aerogenerador ensayado en el flujo confinado en el túnel de viento para lo cual se utiliza la corrección propuesta por (POPE; HARPER, 1966).

En la **Figura 4**, se presenta la curva adimensional del coeficiente de potencia y velocidad específica para el aerogenerador ensayado.

A partir de la curva adimensional, disponiendo de las curvas características de generadores de imanes permanentes es posible dimensionar un aerogenerador para las condiciones de clima de vientos específicas donde se plantee la instalación del aerogenerador.

Figura 4 - Curva adimensional coeficiente de potencia C_p (1) y velocidad específica λ



Fuente: elaborado por los autores

3 Conclusões

El banco de ensayo desarrollado muestra ser una herramienta útil para el diseño de pequeños aerogeneradores de eje vertical, los resultados que se pueden obtener del ensayo son independientes del generador eléctrico. Los resultados obtenidos de CP en el ensayo del rotor del aerogenerador savonius helicoidal muestran valores inferiores a los que se podrían obtener con un aerogenerador savonius recto ($CP \approx 0,2$, PARASCHIVOIU, 2002).

4 Referencias

AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES. **Análisis del mercado de energías renovables América Latina**: Resumen Ejecutivo. Abu Dabi: IRENA, 2016. 19 p. Disponível em: <https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Market_Analysis_Latin_America_summary_ES_2016.pdf?la=en&hash=91515195FAA6AAF26969178D5D811456B7C3814D>. Acesso em: 20 abr. 2019.

AKWA, J. V.; VIELMO, H. A.; PETRY, A. P. A review on the performance of Savonius wind turbines, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 5, p. 3054-3064, 2012.

PARASCHIVOIU, I. **Wind turbine design**: with emphasis on Darrieus concept. Quebec: Polytechnic International Press, 2002.

POPE, A.; HARPER, J. J. **Low speed wind tunnel testing**. New York: John Wiley Sons, 1966.

RICCIA, R.; ROMAGNOLIA, R.; MONTELPAREB, S.; VITALIA, D. Experimental study on a Savonius wind rotor for street lighting systems. **Applied Energy**, v. 161, p. 143-152, 1 Jan. 2016.

SAVONIUS, Sigurd J. **US Patent US1766765A Wind Rotor 1927-12-16**. 1927.

TORRESI, M.; DE BENEDITTIS, F. A.; FORTUNATO, B.; CAMPOREALE, S. M. Performance and flow field evaluation of a Savonius rotor tested in a wind tunnel. **Energy Procedia**, v. 45, p. 207-216, 2014.