



## TURBINAS SAVONIUS PARA BOMBEO DE AGUA Y PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA 1° ETAPA: DETERMINACION DE PARAMETROS OPERACIONALES

Marcelo A. Gerez - Guillermo E. Gonzalo

Instituto de Acondicionamiento Ambiental - FAU - U.N.T.

Av. Roca 1900 - 4000 - Tucumán - Argentina

Tel. +54-81.364093 int.125 - Fax.: +54.81.364141 - Email: gonzalo@herrera.unt.edu.ar

### RESUMEN

El presente trabajo es el resumen de un estudio destinado a determinar los parámetros operacionales de las turbinas Savonius en vista al desarrollo de un aerogenerador de baja potencia. Tomando como base los trabajos del Brace Research Institute, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mc Gill de Canadá y las experiencias recogidas en el desarrollo de aerobombardadores KALAI por parte de uno de los autores, El Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la U.N.T, en el marco del Seminario de iniciación a la docencia e Investigación: Arquitectura bioclimática y proyecto de investigación 28/B014 del CIUNT, ha llevado a cabo una serie de ensayos cuyos resultados exponemos a continuación.

Esta primera etapa contempla la determinación de parámetros operacionales, habiéndose realizado un convenio con un colegio técnico para la construcción de tres prototipos a escala total, que serán evaluados en el período 1998-1999, en diferentes localizaciones de la provincia de Tucumán.

### LA TURBINA SAVONIUS

Los Molinos de viento convencionales se pueden dividir en dos tipos, que se diferencian por la posición del eje principal de la máquina. Sin embargo, a pesar de ser los molinos de eje vertical, las primeras herramientas de aplicación utilitaria del viento - fuera de la navegación - quedaron relegados por la aparición del molino de eje horizontal que se adaptaba más al estado de la técnica en esa época, fundamentalmente para las tareas de extracción de agua mediante la rueda a cangilones.

La primera mejora importante al molino de eje vertical fue hecha por el ingeniero finlandés Siggurd Savonius, quién diseñó un sistema de rotor que lleva su nombre. La turbina Savonius en un cilindro cortado diametralmente y ambas mitades desplazadas una respecto de otra en una fracción del radio.

La turbina Savonius tiene la ventaja de su propia regulación. Cuando la velocidad del viento alcanza valores elevados, la presión ejercida sobre su aspa receptora (superficie cóncava) aumenta, pero también se genera una zona de alta turbulencia que genera un retardo en el aspa que se le enfrenta (superficie convexa) y, por tanto, el riesgo de sobrepasar la velocidad crítica de rotación, se elimina automáticamente sin necesidad de ningún mecanismo complicado de regulación. La otra gran ventaja de todos los aparatos de eje vertical es que no necesitan orientarse hacia el viento, puesto que actúan con cualquier dirección del mismo.

Considerados como eólicos lentos, los rotores Savonius no alcanzan el mismo rendimiento que una máquina multipala, pero su sencillez de construcción, su excepcional poder de autoarranque, su capacidad de operación ante vientos de baja intensidad y de autorregulación ante vientos de alta velocidad, los bajos costos que demandan su fabricación y mantenimiento, señalan a esta turbina como la más indicada para implementarse en forma masiva en zonas rurales de escasos recursos y con demandas de sistemas extractores de agua para uso consuntivo, ganadería o agricultura en pequeña escala, o bien, como elementos motrices de sistemas de baja potencia para generación de energía eléctrica, susceptibles de construirse con materiales y tecnologías rudimentarias, en vista a su aplicación en zonas en donde no llegan las redes de distribución para electrificación de viviendas, escuelas y establecimientos rurales, para servicios de iluminación, televisión, bombeo de agua, comunicaciones etc.

Las tareas de investigación consistieron en una primera etapa, en hacer una exhaustiva evaluación de las características aerodinámicas de las turbinas Savonius y determinar posteriormente la capacidad de generación de dos modelos, uno según por el Brace Research Institute, (turbina tipo 1), y el prototipo standart empleado en el aerobombardador Kalai, desarrollado por el estudiante Marcelo Gerez, (turbina tipo 2), ensayado durante los años 95 y 96 en la localidad de Santa Victoria Este (Salta). Actualmente, bajo la supervisión del arquitecto Guillermo E. Gonzalo, se están realizando los ensayos necesarios para evaluar la performance de un sistema mixto compuesto por una turbina Savonius y una turbina multipala de eje vertical.

Los valores de potencia determinados para la turbina tipo 1, se tomaron de "Cómo fabricar un tipo de molino de viento de bajo costo, para bombeo de agua", publicación del Brace Research Institute, McGill University, Canadá, 1977. Las mediciones aerológicas de la turbina tipo 2, se efectuaron con una minicentral meteorológica Davis Weather Wizard II - S. con las que se determino la velocidad y dirección del viento. La velocidad de rotación de la turbina se determinó con un tacómetro. Las cargas para determinar el torque fueron aplicadas a través de un mecanismo de palanca y resorte calibrado. El sistema mixto (turbina tipo 3) fue ensayado en vacío, en el predio de Localizaciones Universitarias de la U.N.T.

Durante los años 1995 y 1996, por iniciativa privada se construyeron y ensayaron en la provincia de Salta, dos modelos de turbinas Savonius para estudiar su aptitud como aerobombardadores. Las mismas fueron emplazadas en el Dpto. Rivadavia. Las pruebas a las que fueron sometidas en una primera etapa, consistieron en la determinación de la curva Velocidad de viento - Potencia desarrollada, a los efectos de diseñar el mecanismo de bombeo más eficiente. Estos datos que conforman los parámetros operacionales de dichas turbinas, se consignan en la hoja 3.

Conforme a estos valores, se dispuso un mecanismo formado por un par de engranajes cónicos con una relación de desmultiplicación 6:1, un sistema de biela - manivela, siendo esta última compensada con pesas para reducir el esfuerzo de arranque y mejorar las condiciones de operación. El sistema en cuestión presta servicio bombeando agua desde una napa ubicada a 25 m de profundidad utilizando una bomba de émbolo, con un cilindro de 2 ½ pulgadas por 14 pulgadas. En el año 1997 se ha construido otra turbina de mayores dimensiones a las citadas para trabajar con alturas manométricas de 40 m. Esta turbina aún se encuentra en fase de ensayos.

El Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la FAU-U.N.T. ha promovido el estudio y la construcción de un aerogenerador de baja potencia para su aplicación en la zona de los Valles Calchaquíes. Dado que para este fin es preciso contar preferentemente con eólicos de alta velocidad, se orientó el estudio a comparar las velocidades de los Savonius que cuentan con una panémona incorporada (sistema mixto) frente a la turbina sin panémona (sistema individual).

Los resultados indicaron que es mucho más práctico operar con la turbina sola (sistema individual), por razones constructivas, dado que la premisa de este desarrollo es obtener sistemas eólicos susceptibles de construirse con ínfimos recursos económicos y técnicos. Dichas turbinas, de características geométricas distintas a las utilizadas en el proyecto del aerobombardador Kalai, están siendo construidas y serán ensayadas a los efectos de conocer sus parámetros operacionales a partir de los primeros meses del año venidero.

## TURBINA TIPO 2 - PARAMETROS OPERACIONALES

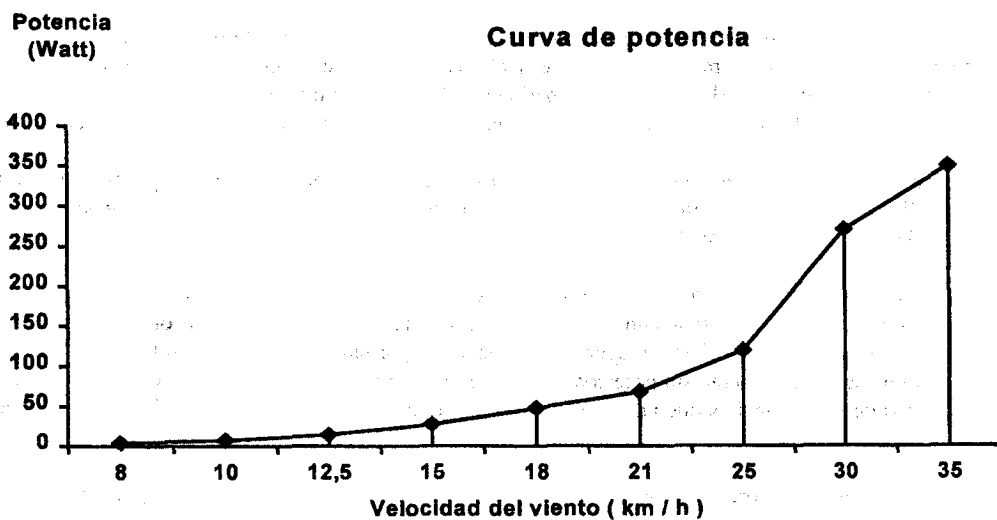


Fig.1 Curva de potencia de Turbina tipo Kalai.

### Referencias

R	233,6 cm
R'	116,8 cm
D	127,3cm
S/D	0,165
H	200 cm

Fig.2 Características Geométricas (esquema figura 4)

Fig.3 Aerobombardador Kalai (Prototipo desarrollado por el Sr.: Marcelo Gerez)

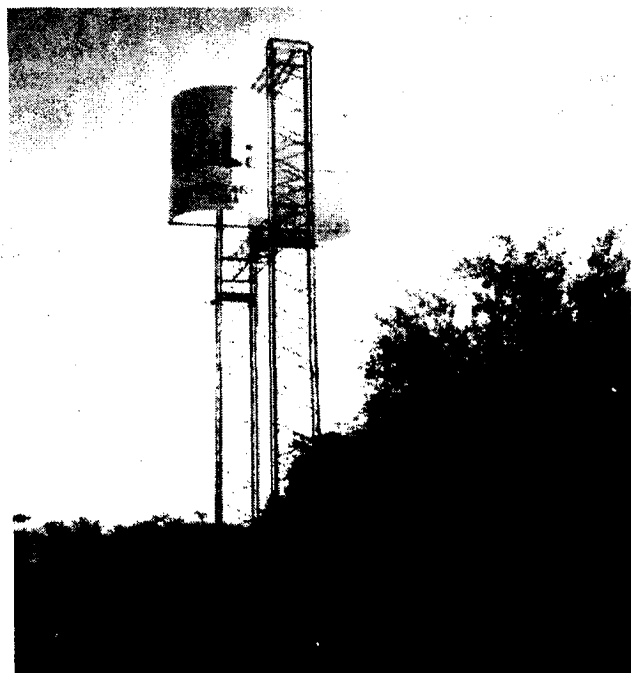
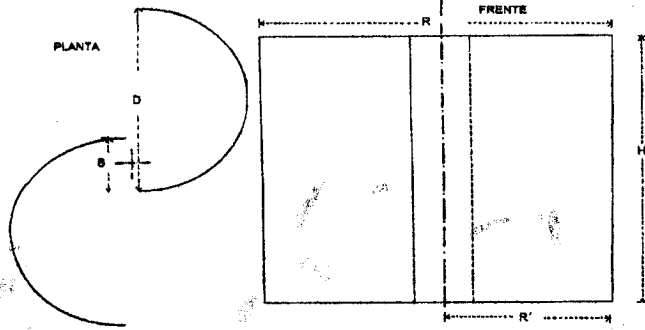


Fig.4 Dimensiones de la turbina

Fig.5 Tabla de torques determinados

Velocidad del viento ( km/h)	Torque ( kg.m)
8	0,24
10	0,38
12,5	0,52
15	0,79
18	1,11
21	1,33
25	2
30	3,7
35	4,2



**APLICACIONES**

- Bombeo de agua ( Alturas manométricas 10 a 25 m )
- Cargador de batería
- Fem para servicio de baja potencia

**ESTUDIO DEL INCREMENTO DE VELOCIDAD EN SISTEMAS MIXTOS**

Curva de incremento de velocidad

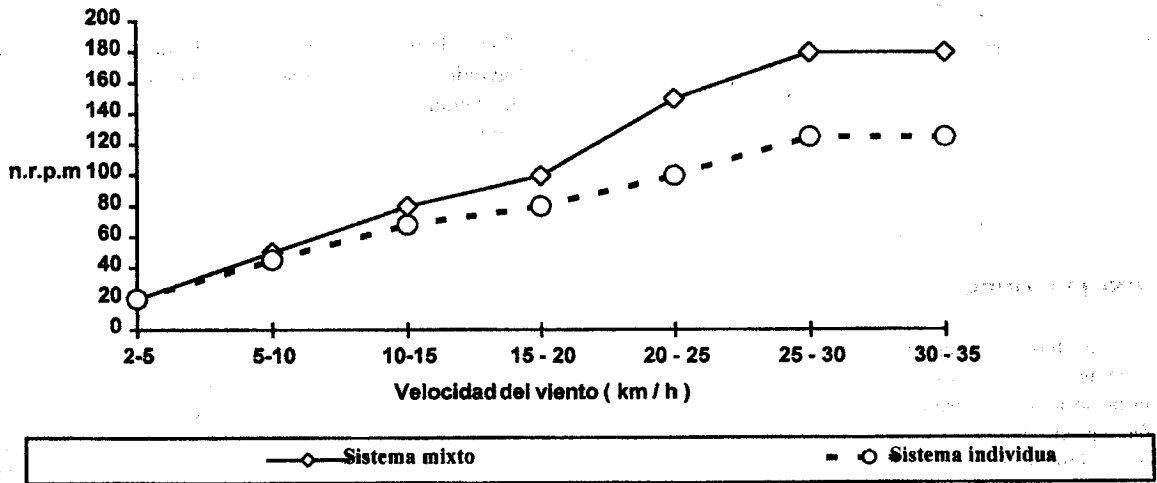


Fig.6 Curva de incremento de velocidad

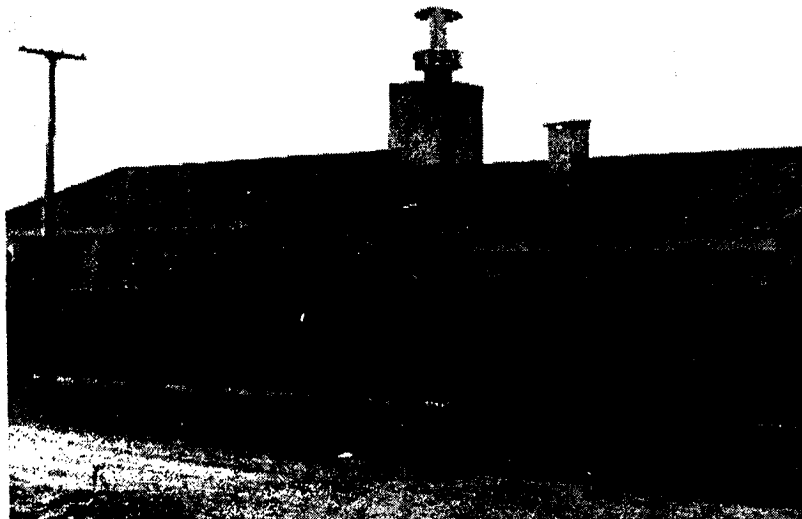


Fig.7 Simulación por fotomontaje del uso de una turbina Savonius en vivienda familiar.<sup>1</sup> La turbina podría reemplazar aproximadamente a 5 colectores fotovoltaicos y

<sup>1</sup> Gonzalo G.E. y R.E.Gonzalo, Vivienda Bioclimática en Yerba Buena, en el libro Sayigh A.A.M., "Energy and the Environment" ISBN 0-08-037539-1, capítulo: "A Bioclimatic House in Hot Humid Climate", Oxford, Pergamon Press, 1990.

proveer iluminación y energía eléctrica.



Fig.8 Prototipo ensayado en torre de servicios, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNT.

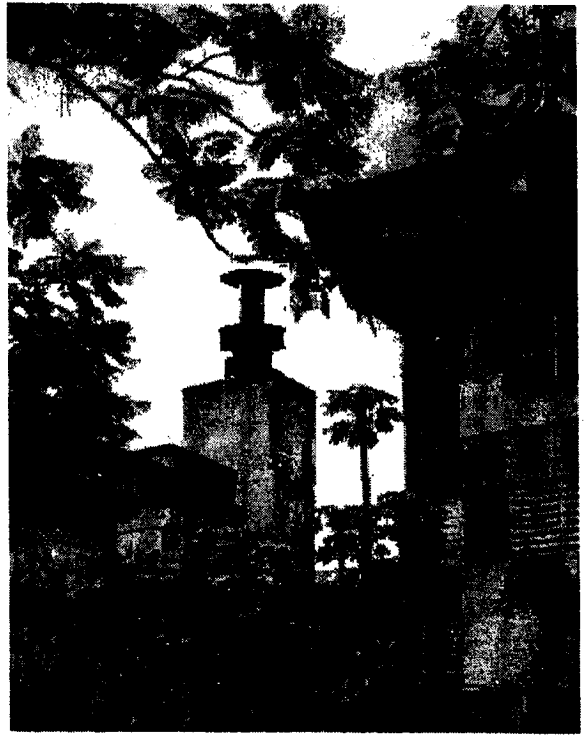


Fig.9 Simulación por fotomontaje del uso de una turbina Savonius como la experimentada, en escala real, en torre de tanque de agua en Facultades de Arquitectura e Ingeniería.

## CONCLUSIONES

Sobre la base a la determinación de los parámetros operacionales de los distintos modelos de turbinas, es factible diseñar sistemas eólicos de alta eficiencia. Si se contemplan las condiciones particulares de cada caso (altura manométrica, dotación diaria de agua requerida, consumos energéticos, etc.), y conociendo las características aerológicas regionales, se puede efectuar un diseño y dimensionado racional de todos los elementos que componen un sistema eólico de bombeo o generación de energía eléctrica, conjugando máximos rendimientos con mínimos costos. De allí la importancia de estos ensayos.

A la luz de los resultados obtenidos en las turbinas tipo 2, podemos decir que la misma es idónea para asistir como elemento motriz de sistemas de bombeos en zonas con vientos moderados. La sencillez y robustez de sus elementos mecánicos la hacen apta para implementarse en zonas carentes de asistencia técnica especializada. Estas turbinas, constituyen un elemento idóneo, formando parte de las llamadas tecnologías intermedias, para el desarrollo regional.