

## ACTIVIDAD ACADÉMICAMENTE DIRIGIDA ENFOCADA AL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AEROGENERADOR CON FINES DOCENTES

GARNICA GÓMEZ, Antonio <sup>(1)</sup>, RIVERA ROMÁN, Francisco <sup>(2)</sup>, DORADO PÉREZ, María del Pilar <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Departamento de Química Física y Termodinámica Aplicada, Universidad de Córdoba, EPS, Campus de Rabanales, Tfno 957218332, Fax 957218417, E-mail: p52gagoa@uco.es, pilar.dorado@uco.es*

<sup>(2)</sup> *Departamento de Mecánica, Universidad de Córdoba, EPS, Campus de Rabanales, Tfno 957218332, Fax 957218417, E-mail: me1rirof@uco.es*

---

### Resumen

La presente actividad tiene como objeto aplicar el enfoque docente del nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) para diseñar y construir un dispositivo aerogenerador para prácticas docentes, que genere energía eléctrica a partir de energía mecánica. Se busca que el alumno desarrolle una serie de competencias, como aplicar los conocimientos a la práctica, uso de nuevas tecnologías, resolución de problemas, capacidad de análisis y síntesis, razonamiento crítico y que en definitiva, aprenda a aprender, según marca el EEES. Desde el punto de vista profesional, con este dispositivo se proponen soluciones en el ámbito eólico, diversificando la oferta y, posiblemente, abaratando costos prohibitivos para zonas poco pobladas. Asimismo, con este trabajo se pretende mostrar la utilidad de las actividades basadas en contenidos transversales y la importancia de la coordinación entre las distintas asignaturas en la formación de los futuros titulados.

---

### Palabras clave

Energía eólica, prácticas de laboratorio, electricidad, competencias, habilidades.

### 1. INTRODUCCIÓN

El agotamiento de las reservas petrolíferas, la fluctuación de los precios de los combustibles fósiles y el deterioro que está sufriendo el medio ambiente hacen que en los últimos tiempos estén cobrando un especial interés las energías renovables. En este contexto, la energía eólica, que es aquella obtenida a partir de la acción del viento, es de especial relevancia al ser considerada por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético (IDAE) como una de las más limpias, precedida sólo por la energía producida por las minicentrales hidráulicas [1]. Este hecho, unido a las condiciones de viento de España, hace que la potencia de origen eólico en la red eléctrica española esté aumentando de manera notable. España ocupa el tercer puesto mundial en energía eólica, detrás de Alemania [2]. El potencial estimado para los próximos años es de unos 10/15 GW, alcanzando la potencia eólica en el Registro en Régimen Especial la cifra de 32 GW.

El viento es una fuente de energía gratuita, limpia e inagotable. Ha sido usada desde siglos para impulsar barcos, mover molinos, bombear agua y moler trigo. De hecho, el aprovechamiento de la energía eólica data de las épocas más remotas de la humanidad (los egipcios ya navegaban a vela en el año 4.500 a.C.). En el Siglo XX se comienza a utilizar la energía eólica para producir electricidad pero en principio sólo para autoabastecimiento de pequeñas instalaciones. En la década de los noventa comienza el desarrollo de esta energía, mediante el uso de aerogeneradores.

Con estas premisas, se propone la realización de una actividad académicamente dirigida para estudiantes de Ingeniería técnica industrial, especialidad en Mecánica, consistente

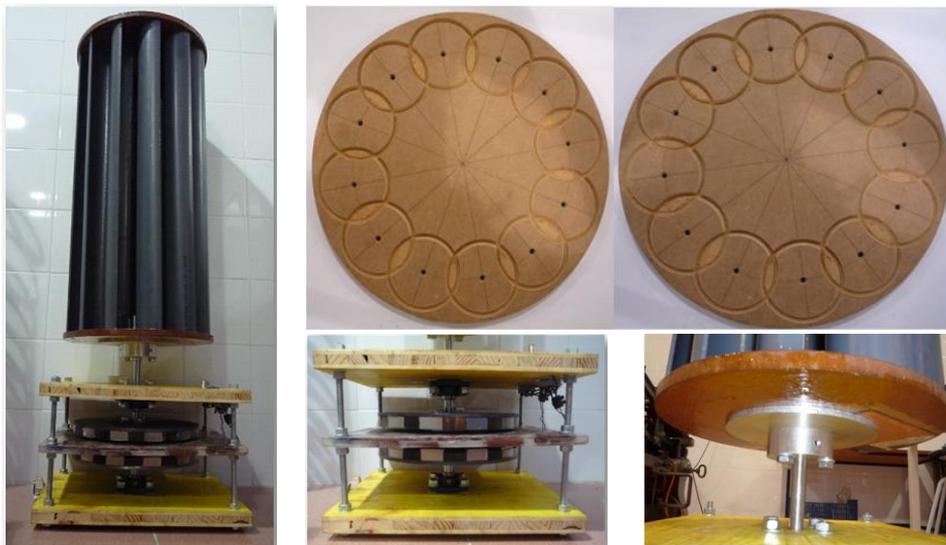
en el diseño y desarrollo de un aerogenerador con fines docentes, en la que estarán involucrados varios departamentos, como el de Química Física y Termodinámica Aplicada e Ingeniería Mecánica, con el fin de aplicar contenidos transversales aprendidos en diversas asignaturas.

### 1.1. Objetivos específicos y plan de trabajo

- Aplicar las pautas del EEES para que los alumnos de ingeniería “aprendan a aprender” mediante el uso de contenidos transversales y el desarrollo de competencias como aplicar lo aprendido a la práctica, uso de nuevas tecnologías, etc.
- Proporcionar una visión del desarrollo histórico y de las distintas tecnológicas involucradas en la generación eólica.
- Disponer de un diseño original de aerogenerador de eje vertical que cumpla con requisitos básicos de diseño mecánico.
- Proporcionar la interfaz eléctrica que convierta la energía mecánica rotacional en energía eléctrica, mediante el movimiento de un imán frente a una bobina, transformando la energía eléctrica alterna a corriente continua mediante un puente de diodos, para poder almacenarla en baterías.
- Obtener índices que validen y comparen el prototipo desarrollado con el fin de extrapolar diseños y lograr mejoras futuras.

## 2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

El tipo de aerogenerador que se busca es un dispositivo para prácticas docentes, que genere energía eléctrica a partir de energía mecánica. Está pensado para uso local y ha sido diseñado para ser lo más económico posible. Los rasgos básicos (mostrados en la Figura 1, izquierda) son comunes a muchos pequeños aerogeneradores, pero hay algunas ideas originales en el diseño. El aparato eólico se compone del generador (Figura 1, inferior centro), el rotor eólico (las palas) y la montura del generador al rotor eólico (Figura 1, parte inferior derecha).



*Figura 1. Vista frontal del aerogenerador (izquierda), generador (inferior, centro), montura (inferior, derecha) y discos para colocación de las palas (superior)*

Se ha escogido un generador de imanes permanentes, diseñado para extraer la máxima potencia con el mínimo coste y complejidad. El generador se muestra esquemáticamente en la Figura 2.

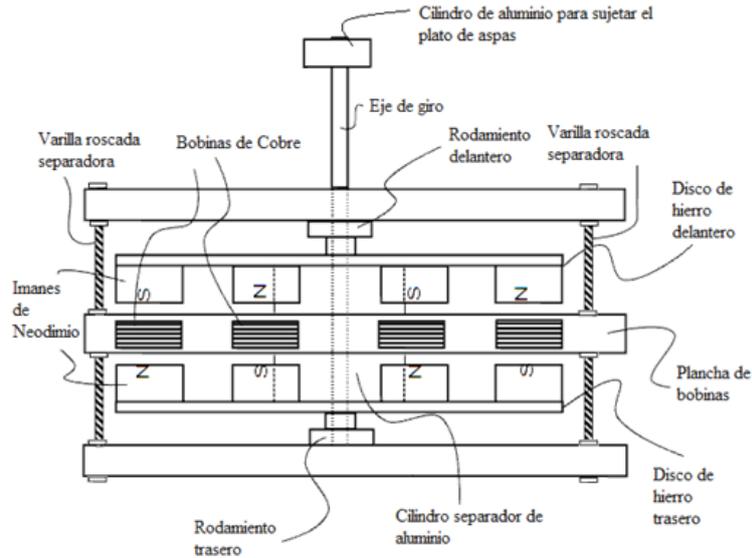


Figura 2. Esquema del generador

Se ha escogido una turbina tipo Savonius de eje vertical, por ser el modelo más sencillo y por tanto el de mayor facilidad de construcción. El rotor eólico gira sobre un eje vertical y logra su movimiento rotacional gracias a la diferencia de resistencia aerodinámica entre las superficies simétricas que se enfrentan al viento. Estos aerogeneradores operan sin importar la dirección del viento al cual son sometidos. Este rotor es solidario al eje que se apoya sobre los rodamientos. El número de álabes ha sido escogido en base al concepto de estabilidad rotacional. La colocación de las palas es tal que la orientación es a barlovento (se enfrentan al viento) y el sentido de rotación es horario. Las palas han sido realizadas utilizando material de PVC.

#### 1.4 Estudio eléctrico del aerogenerador

La potencia que se obtiene de un aerogenerador se consigue convirtiendo la fuerza del viento en un par (fuerza de giro) que actúa sobre las palas del rotor. La cantidad máxima de energía que el viento puede transferir al rotor depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la velocidad del viento (ecuación 1).

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (1)$$

siendo,  $\rho$ : densidad del aire, en  $\text{kg/m}^3$ ,  $A$ : superficie barrida por la longitud aerodinámicamente útil de las palas, en  $\text{m}^2$  y  $v$ : velocidad del viento, en  $\text{m/s}$ .

Pero no se puede convertir toda la energía cinética del viento en energía mecánica rotacional, por lo que se aplica la ecuación (2):

$$P_{el} = C_e C_p \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2)$$

siendo,  $C_e$ : eficiencia de la máquina eléctrica, aproximadamente 90%,  $C_p$ : coeficiente de rendimiento para un sistema eólico Savonius.

Para el caso concreto del aerogenerador que se ha construido, la Figura 3 muestra la potencia que se puede alcanzar con el dispositivo diseñado en función de la velocidad del viento.

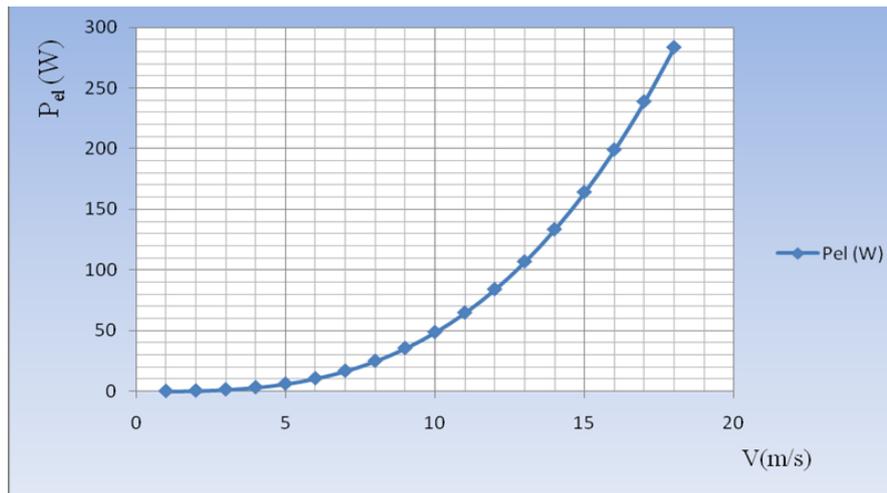


Figura 3. Curva de potencia en función de la velocidad del viento

### 3. CONCLUSIONES

- El generador de imanes permanentes extrae la máxima potencia con la mínima complejidad.
- El desarrollo de esta actividad basada en contenidos transversales ha hecho posible el diseño y construcción de este modelo de generador.
- A través de esta actividad académicamente dirigida se han desarrollado competencias como la aplicación de los conocimientos a la práctica, razonamiento crítico, resolución de problemas y autoaprendizaje, entre otras.
- El aerogenerador servirá para que los alumnos puedan entender el funcionamiento real de dispositivos energéticos en los que se genera energía eléctrica a la par que se les inculca concienciación por el medio ambiente.

### 4. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la ayuda económica suministrada por el Vicerrectorado de Planificación y Calidad de la Universidad de Córdoba, a través del Proyecto de mejora de la calidad docente, de referencia 094024.

### Bibliografía

1. “Análisis de Ciclo de Vida de ocho tecnologías de generación eléctrica”, Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2009.
2. Energía Eólica en el Mundo Informe 2008. [http://www.wwindea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2008\\_es.pdf](http://www.wwindea.org/home/images/stories/worldwindenergyreport2008_es.pdf) , 2009.