

Pequeño aerogenerador de 3 watos de potencia

Lista de materiales.

- 1.- Una barra de madera de sección cuadrada de 40 mm. de lado y 500 mm. de altura, con dos rodamientos incrustados de 8 mm. de diámetro interior, 22 mm. de diámetro exterior y 8 mm. de grosor
- 2.- Una plancha cuadrada de madera contrachapada de 150 mm. de lado y 12 mm. De grosor.
- 3.- Un disco de hierro de 2 mm. de grosor y 130 mm. de diámetro.
- 4.- Ocho imanes circulares de Neodimio de 20 mm. de diámetro y 5 mm. de grosor.
- 5- Ocho núcleos o formas de PVC para realizar las bobinas.
- 6.- Un trozo de varilla roscada de métrica 8 mm. y 140 mm. de larga.
- 7.- Tuercas de freno de métrica 8 mm.
- 8.- Mango de madera con una varilla roscada de métrica 6 en un extremo.
- 9.- Una base de madera para soportar el poste del aerogenerador.
- 10.- Dos tornillos de rosca madera de color amarillo largos
- 11.-Un carrete de hilo cobre esmaltado de diámetro 0.9 mm., y longitud aproximada de 80 metros.

Los materiales antes descritos son de procedencia muy diversa y de costosa adquisición (en tiempo), por lo que el autor se ofrece a enviarlos, contra reembolso, por el precio de 87 euros (gastos de envío incluidos).

Proceso de montaje.

1.- Colocación de los imanes en el disco de hierro

Los imanes de Neodimio deben colocarse en la superficie del disco de hierro, en el borde del mismo, equiespaciados y con los polos magnéticos alternados. Primero es conveniente dibujar a lápiz, sobre el disco de hierro, 4 diámetros separados entre sí 45° (perpendiculares dos a dos). En el extremo de un diámetro (sobre el disco, sin rebasarlo), se coloca el primer imán que servirá de referencia. El segundo imán, consecutivo al primero, debe llevar el polo magnético contrario al primero. Para ello se acerca el segundo imán por encima del primero, sin tocarlo (**en caso de que se unan los dos imanes hay que hacer muchísima fuerza para separarlos**) y se analiza la fuerza que se ejercen: si es atractiva, hay que darle la vuelta al segundo imán y luego colocarlo en el extremo del segundo diámetro del disco de hierro, y si ya es repulsiva, directamente se coloca sobre el disco de hierro. Así sucesivamente con los ocho imanes. Antes de colocar el octavo y último imán, es conveniente comprobar que si este imán ejerce una fuerza atractiva sobre un imán, debe ejercer una fuerza repulsiva sobre sus colindantes y así con todos los imanes. De este modo se comprueba que los imanes consecutivos tienen sus polos magnéticos de signo opuesto. Es obvio que esta prueba también se puede realizar si se dispone de una pequeña brújula.



2.- Preparado de la plancha de madera contrachapada para las bobinas

En esta plancha hay que dibujar la situación de los imanes del disco de hierro anterior y luego dibujar el contorno externo de las bobinas. Primero se localiza el centro de la plancha de madera, y con un compás se dibuja una circunferencia de 123 mm. de diámetro. Seguidamente se dibujan los 4 diámetros de esta circunferencia separados 45° entre sí. A 1 cm. de la circunferencia, se dibuja el centro de cada bobina, encima de cada uno de los 8 radios antes dibujados, y con un compás se dibujan 8 circunferencias de diámetro 38 mm. aproximadamente. Estas 8 circunferencias son los contornos de las 8 bobinas que se pegaran posteriormente a la plancha de madera.



También hay que dibujar una circunferencia de 16 mm de diámetro concéntrica a la circunferencia de 123 mm. Dibujar también dos puntos sobre uno de los diámetros. Esta pequeña circunferencia marca un agujero que hay que realizar en la plancha, para que pase el separador de aluminio de 15 mm y nos servirá también para poder centrar y atornillar esta plancha con sus bobinas ya pegadas, al poste del aerogenerador. Los dos puntos son los agujeros para los tornillos que sujetaran la plancha al poste.

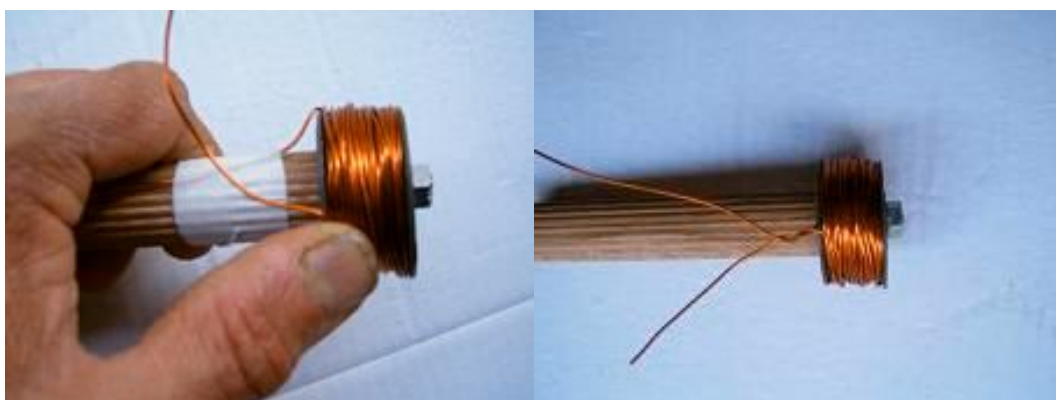
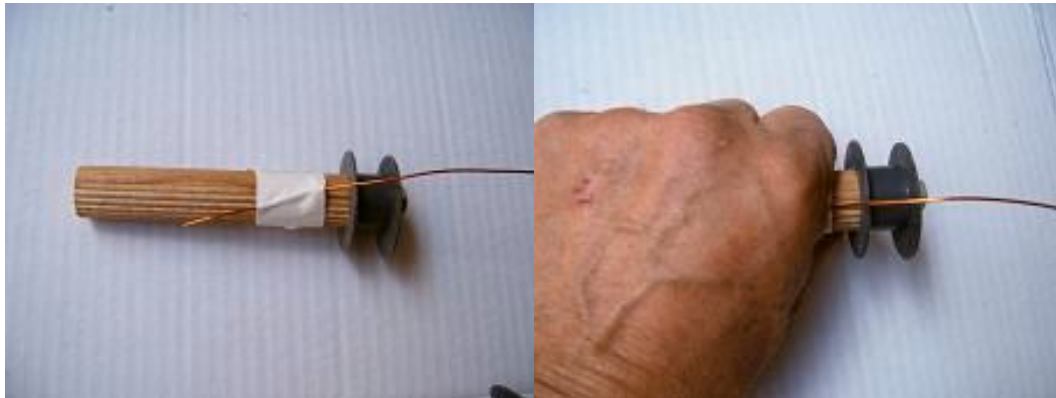
Como la plancha es de madera no es muy fuerte (madera de chopo), se puede hacer el agujero, primero con una broca de 10 mm. de diámetro, y luego con una lima redonda, cuidando de no sobrepasar la pequeña circunferencia marcada de 16 mm. (tampoco es un problema el hecho de que se amplíe el agujero a diámetro 17 mm.).

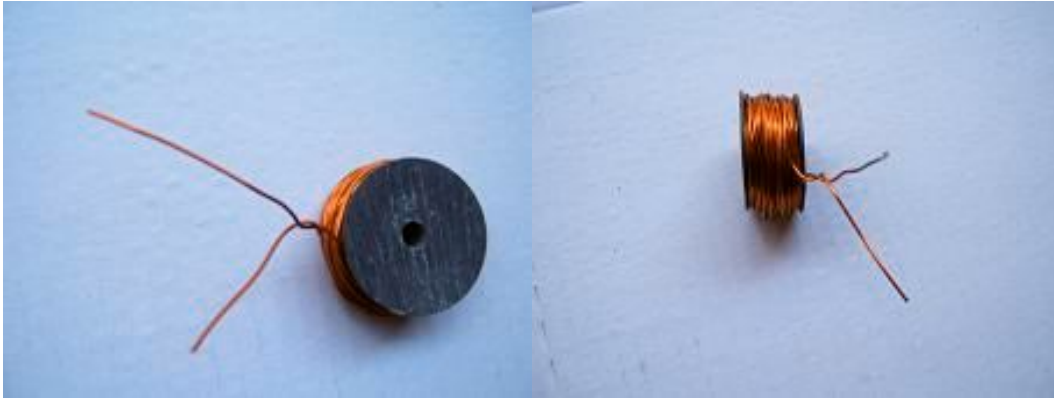
3.- Realización de las bobinas y conexión eléctrica entre ellas.

Para realizar las bobinas, colocar un núcleo en el mango de madera y atornillarlo para que no pueda girar, porque hay que realizar cierta fuerza al bobinar el hilo de cobre y el núcleo debe estar completamente fijo. Coger el extremo de la bobina de cobre y colocar un trozo de este hilo sobre el mango de madera y pegarlo con cinta adhesiva, y luego coger el mango con la mano, apretando a la vez el trozo de hilo de cobre.

Empezar a enrollar el hilo de cobre en el núcleo, procurando que las espiras estén apretadas y unas junto a otras, procurando evitar que el hilo cruce de parte a parte la longitud de la bobina. Caben entre 115 y 130 espiras de hilo, pero el número exacto no es crítico. No es conveniente que el cobre sobresalga del núcleo, para conseguir que las bobinas estén bien juntas y bien enfrentadas a los imanes del disco de hierro.

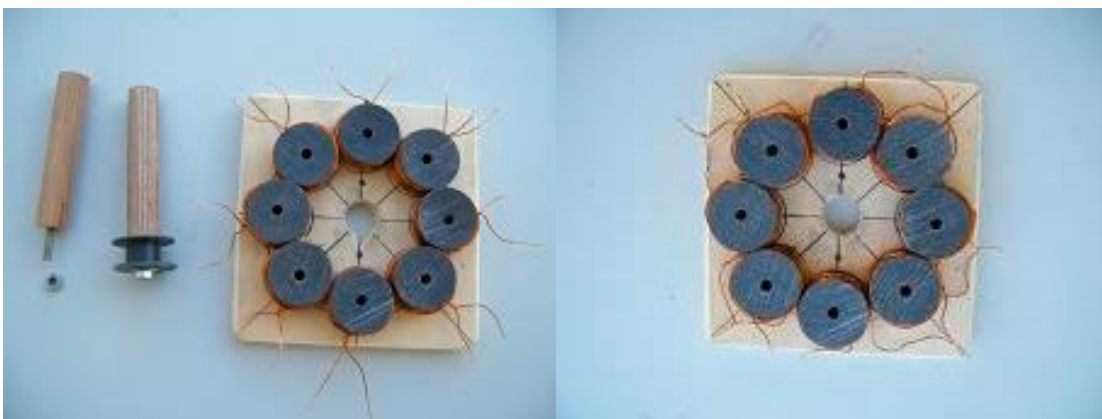
Finalmente, enrollar entre sí los dos extremos de la bobina para evitar que se deshaga el bobinado. Todo este proceso se visualiza en las siguientes fotos.





Una vez bobinadas todas las bobinas, se procederá a pelar los extremos de los dos cables de cada bobina, puesto que el hilo de cobre está esmaltado con una capa aislante. Luego se colocan y se pegan en la plancha de madera contrachapada por la cara de la bobina que tiene los dos extremos de cobre atados entre sí (puede usarse el pegamento llamado Tangit, porque pega muy fuerte el Pvc, o también cola de contacto o de caucho). Es conveniente dejar que el pegamento adquiera su máxima fuerza de pegado, dejando pasar al menos un día entero. Cuando las bobinas estén fuertemente pegadas a la plancha de madera, es conveniente deshacer el nudo existente entre los extremos de cada bobina antes de proceder a unir las entre sí, separando bien los dos extremos de la bobina para distinguir bien los extremos interior y exterior de la misma.

Las 8 bobinas se deben conectar entre sí en serie, para obtener la mayor fuerza electromotriz inducida en el generador. Como la tensión generada en cada bobina está en contrafase con la tensión generada en las bobinas adyacentes (debido a la alternancia de los polos magnéticos de los imanes en el disco de hierro), las bobinas se conectarán de la siguiente manera: el cable que sale del interior de una primera bobina, se debe unir al cable que sale del interior de la bobina siguiente, que será la bobina segunda (siguiendo un recorrido según las agujas del reloj). El cable que sale del exterior de la segunda bobina, se unirá al cable que sale del exterior de la tercera bobina. El cable que sale del interior de la tercera bobina se unirá al cable interior de la cuarta, y así sucesivamente. El cable libre de la octava bobina, y el cable libre de la primera bobina, son los extremos del aerogenerador, entre los cuales se induce una fuerza electromotriz inducida que es proporcional a la velocidad de giro.



4.- Preparación del eje de giro

Reescribir todo el proceso de preparación del eje de giro

6.- Sujeción de la plancha de madera con bobinas, al poste.

Colocar la plancha de madera con las bobinas encima del poste, en una de las caras que tenga rodamiento. Hay que conseguir que el agujero de la plancha sea coaxial con el rodamiento. Para ello se mete el eje de giro por la otra cara del poste, a través del otro rodamiento y hay que conseguir que atraviese los dos rodamientos y sobresalga



por encima de la plancha de bobinas. Se coloca el cilindro separador de aluminio en el eje de giro y así se tiene una buena referencia para centrar la plancha de bobinas. A través de los dos agujeritos que tiene la plancha de bobinas, meter dos tornillos de rosca madera (de los de color amarillento), que rosquen en el poste al menos 1 cm. de profundidad.



7.- Sujeción del poste a la base.

El poste del aerogenerador posee un agujero en su base inferior para poder roscar un tornillo de rosca madera muy largo, y la base del aerogenerador posee un agujero pasante para que este tornillo sujete el poste a dicha base, estando la cabeza del tornillo incrustada en la parte inferior de la base

8.- Colocación del disco de hierro con los imanes en el eje de giro

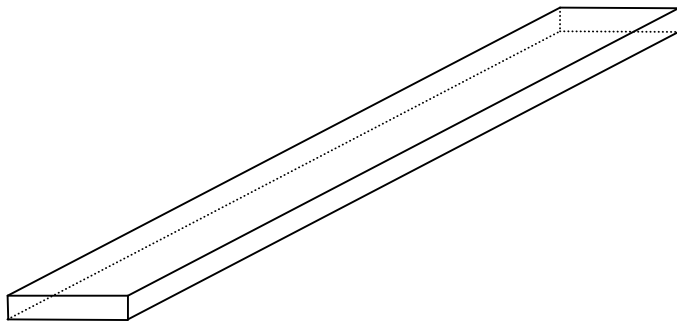
Por ultimo, solo queda colocar el disco de hierro, con los imanes, y el eje de giro. Este eje de giro ya posee una tuerca de freno a una distancia de 9 cm de un extremo en el que debe ir colocado el disco de hierro. Primero introducir el extremo de 9 cm. a través de los dos rodamientos empezando por la cara del poste que no tiene las bobinas. En el extremo que atraviesa la plancha de bobinas, colocar el separador de aluminio y sobre éste el disco de hierro con los imanes enfrentados a las bobinas. Detrás del disco de hierro, enroscar una tuerca de freno, hasta conseguir que el disco de hierro esté bien sujeto al eje de giro. **¡Atención!**: no se debe roscar demasiado la tuerca de freno del disco de hierro, pues se puede llegar a frenar todo el sistema de giro, ni tampoco se debe dejar poco roscada, porque el disco de hierro puede quedar suelto y no girar conjuntamente con el eje de giro. Hay que buscar un equilibrio entre ambos extremos: conseguir que el disco de hierro este sujeto al eje de giro, y a la vez que todo el aerogenerador gire con cierta ligereza. También es conveniente poner un par de gotas de “Superglue 3 Profesional” entre la tuerca de freno y el disco de hierro para conseguir mayor sujeción de este disco, con sus imanes, al eje de giro.

Con este aerogenerador se puede obtener una tensión alterna de cerca de 10 voltios eficaces a grandes rpm. A pocas rpm, es capaz de encender bombillas de 3.7 voltios y 0.3 amperios (1 watio de potencia). Se puede comprobar que la tensión del aerogenerador es alterna porque con pocas rpm., la bombilla se enciende y se apaga al ritmo de la frecuencia de dicha tensión. Si se aumentan las rpms. La bombilla permanecerá siempre encendida, por la inercia de la incandescencia del filamento (las bombillas de 220 voltios de las casas, permanecen siempre encendidas porque la frecuencia de la tensión alterna de las casas es de 50 ciclos por segundo).

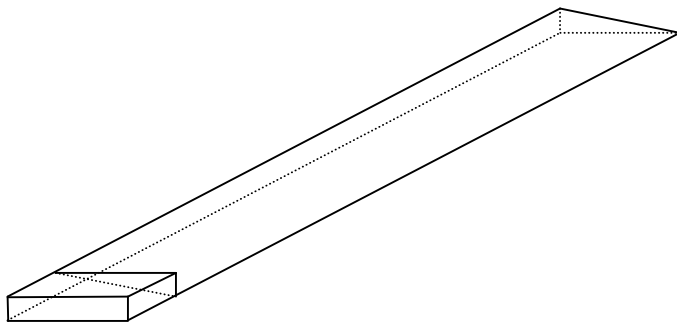


9.- Construcción de las palas

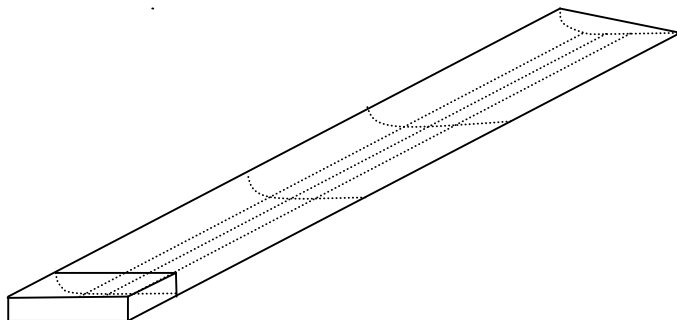
Se pueden construir palas para al aerogenerador a partir de pequeños listones de madera de dimensiones aproximadas 250x40x10 mm., como se muestra en la figura siguiente.



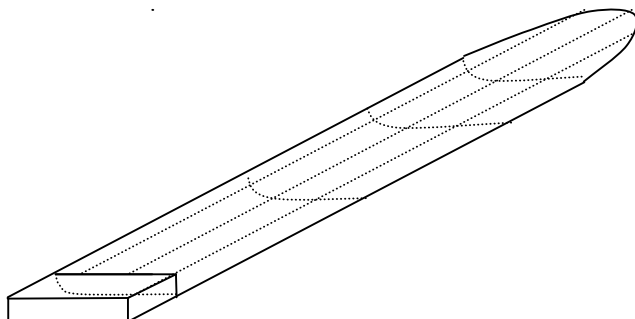
Las operaciones que se deben realizar para obtener una pala son las siguientes:



1.- Lijar una de las caras de la madera hasta conseguir que el perfil de ella sea triangular en vez de rectangular, dejando un extremo sin lijar, de longitud aproximada 20 mm. El resultado se muestra en la figura



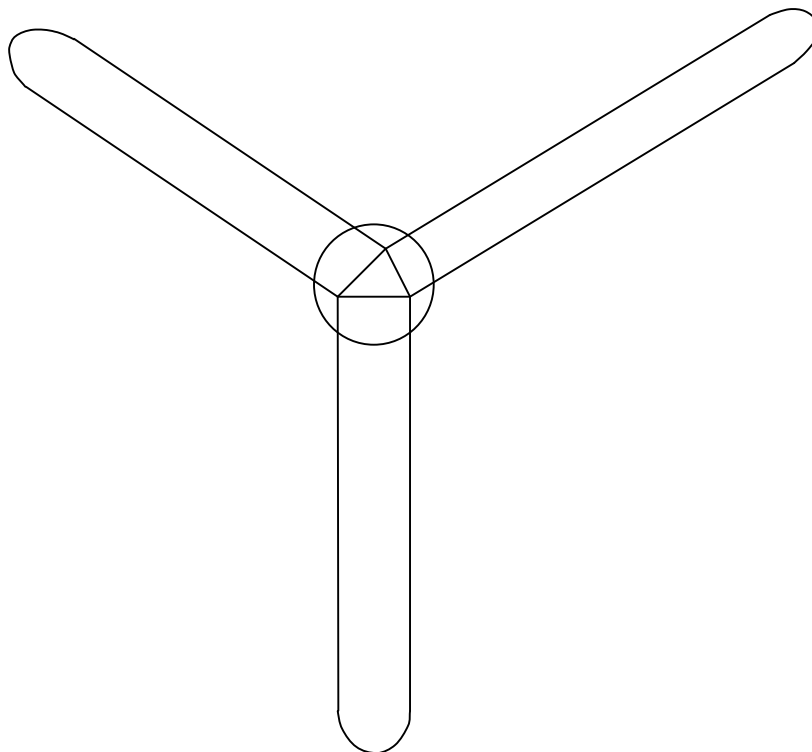
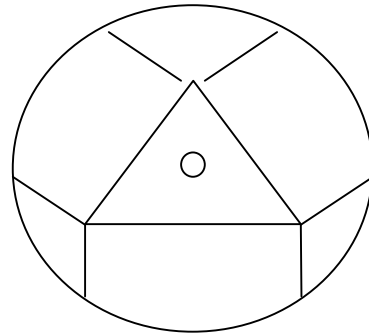
2.- Lijar la cara posterior de la madera, para conseguir eliminar el ángulo recto, intentando que tenga un perfil redondeado. Dejar también sin lijar el trozo de 20 mm.



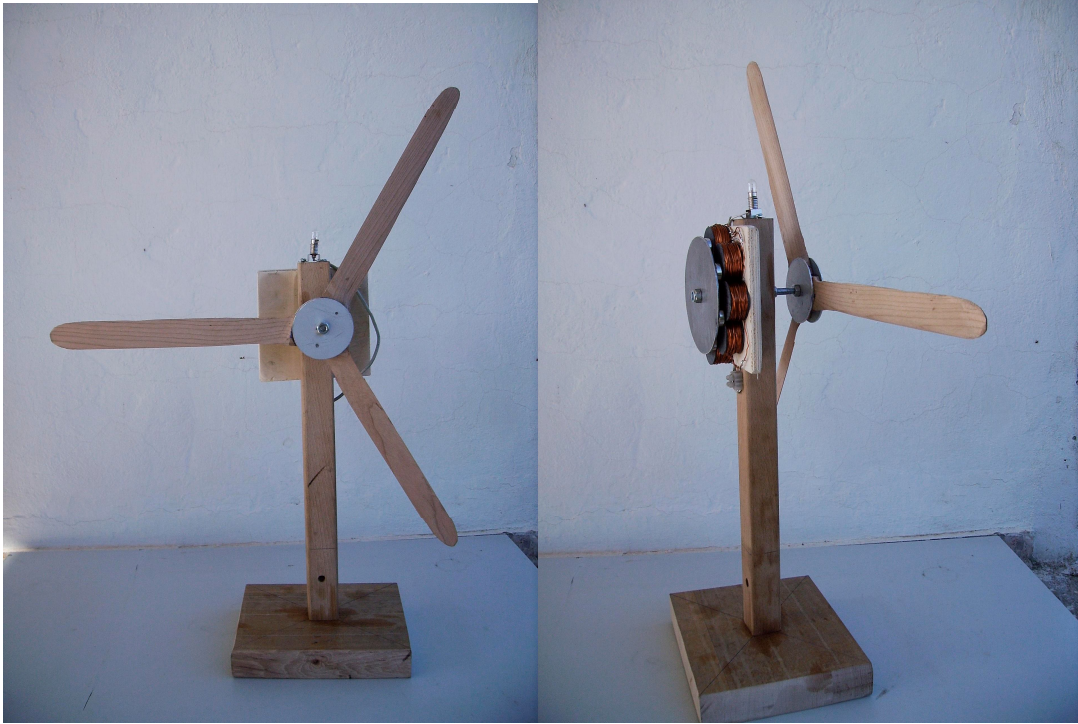
3.- Lijar el extremo superior de la madera hasta conseguir que tenga una forma puntiaguda. Este extremo puede lijarse aun mas en la cara posterior para conseguir que sea mas delgado que el resto de la pala

El trozo de pala que no se ha lijado, sirve para sujetarse al eje de giro, mediante un pequeño disco de madera de diámetro aproximado de 70 mm., en cuyo centro se hará un agujero de 8 mm. de diámetro para que pase el eje de giro. En el disco de madera se dibujará un triángulo equilátero de lado 20 mm. cuyo centro será el mismo que el centro del disco de madera. Se dibujaran también dos segmentos perpendiculares a cada uno de los lados del triángulo, obteniéndose el siguiente dibujo final:

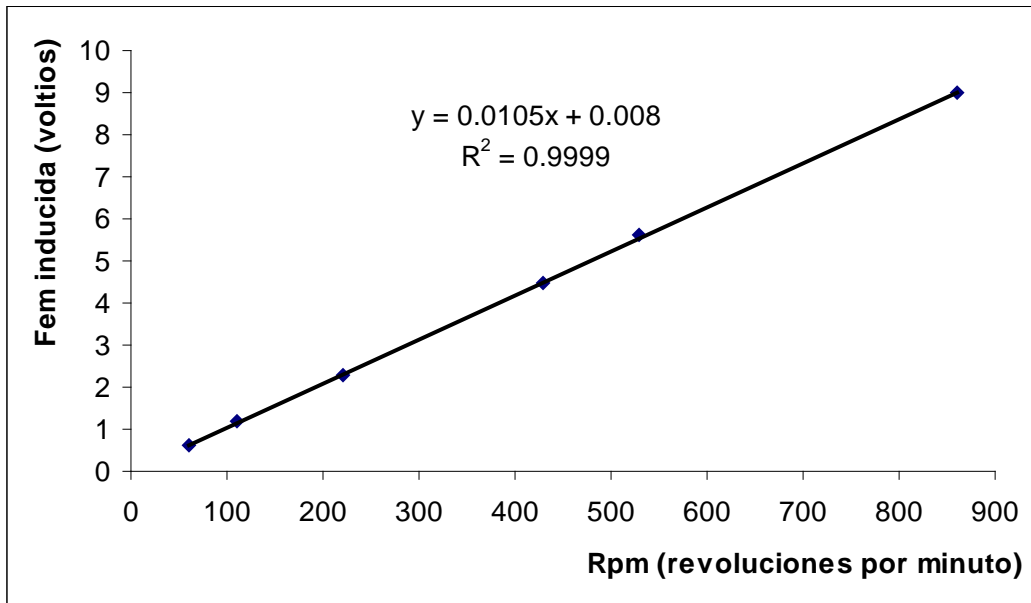
Los tres rectángulos obtenidos, delimitan la superficie de fijación de cada una de las palas al disco de madera.



Aspecto final del aerogenerador



Fuerza electromotriz del aerogenerador en función de las vueltas por minuto



La resistencia total del bobinado es 2.5 ohmios aproximadamente. Si se hace girar a 400 rpm, la fem obtenida en el generador es de 4.2 voltios. Si se le conecta una bombilla de 3.5 voltios, 1 watio, cuya resistencia es de 12 ohmios, la corriente obtenida es $I = 4.2 / (2.5 + 12) = 0.29$ Amp. Entonces la potencia que llega a la bombilla es de $P = 0.29^2 \times 12 = 1$ watio y la potencia consumida por el propio generador es de $0.29^2 \times 2.5 = 0.2$ watios.

Para que el aerogenerador suministre 3 watios habría que conectarle 3 bombillas de 3.5 voltios 1 watio, en cuyo caso la corriente que saldría del generador sería 0.9 amperios, y la tensión que debería generar es de 5.75 voltios, lo cual se consigue a 550 rpms, aproximadamente.

También se pueden conectar diodos Leds blancos de alta luminiscencia. En concreto, el autor posee unos pequeños focos de 6 Leds que consume 150 mA a 4.5

voltios. Lo que da como resultado un consumo de potencia de 0.675 watios. Por tanto el pequeño aerogenerador sería capaz de alimentar 4 de estos focos de Leds de alta luminiscencia, o sea, 24 Leds de alta luminiscencia.

Aumentando las rpm's del aerogenerador, incluso podría encender 200 Leds de alta luminiscencia, o 33 focos de 6 Leds cada uno, puesto que el hilo de cobre que forma las bobinas puede soportar intensidades de corriente de hasta 5 amperios, pero en este caso el potencial generado por el aerogenerador debería ser de 17 voltios. Aplicando la ley de Ohm a un circuito formado por un generador con resistencia interna y una resistencia externa conectada a dicho generador:

$$I = \frac{fem}{r_{gen} + R_{ext.}} \quad fem = Ir_{gen} + IR_{ext} = Ir_{gen} + DDp$$

Si $I = 5$ amperios, $r_{gen} = 2.5$ ohms, y $DDp = 4.5$ volts, se tiene $fem = 17$ voltios.

MEJORAS DEL PEQUEÑO AEROGENERADOR

Para mejorar el rendimiento energético del aerogenerador construido se pueden hacer algunas modificaciones al mismo

1.- Usar imanes mas grandes y/o gruesos:

- Usar 8 imanes de 20 mm de diámetro y 10 mm de grosor. Usando 16 imanes como los descritos al principio del documento, habría que colocarlos dos a dos, uno encima del otro.
- Usar 8 imanes de 25 mm de diámetro y 3 ó 7 mm. de grosor
- Usar 8 imanes de 30 mm de diámetro y 3, 7, 10 ó 15 mm de grosor.

(Es evidente que si se usan imanes mas gruesos, habrá que aumentar la separación del disco de imanes a las bobinas)

2.- **Colocar un hilo de hierro de 1 mm** de diámetro entre las bobinas y la base de madera. Este hilo hierro deberá estar enrollado en espiral, cubriendo solo la superficie de las tapas de las bobinas y separado entre cada vuelta, para evitar que se generen corrientes de Foucault que frenarían el movimiento del disco de imanes. La misión del hierro en la parte posterior de las bobinas (la no enfrentada a los imanes) aumenta ligeramente la intensidad del campo magnético que actúa sobre las bobinas.

Cortar segmentos de hilo de hierro de 4 cm de longitud (la misma que el diámetro de cada bobina, y pegarlos encima de la madera que soporta las bobinas, para luego pegar las bobinas encima de este grupo de hilos de hierro. Todos los segmentos de hilo de hierro deben colocarse formando una corona circular, muy juntos y procurando que no se toquen entre si.

Los núcleos de las bobinas no pueden ser de hierro, porque la atracción de los imanes a estos núcleos de hierro haría que el generador tuviese "cogging", esto es, cada imanes se enfrentaría a cada núcleo de hierro y el generador giraría a saltos bruscos y haría falta mucha fuerza para enpezar a girar.