

ANEMÓMETRO AUTÓNOMO PARA EVALUACIÓN DEL RECURSO EÓLICO

Alberto Montoya Portugal- almontoyap@hotmail.com
Ernesto Palo Tejada - jpalot@unsa.edu.pe
Wilson Cabana Hanco - wil10000@hotmail.com

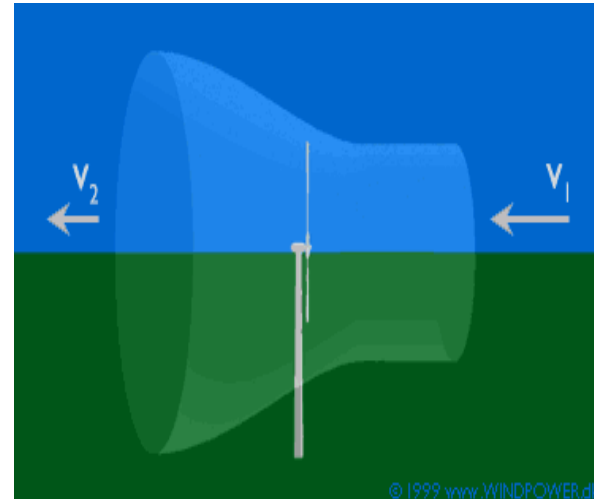
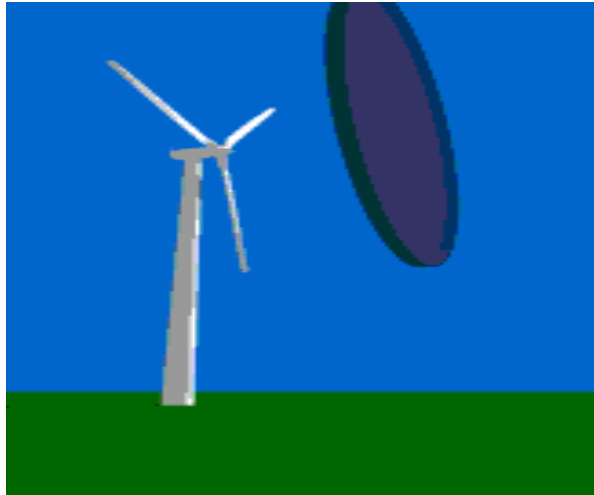
Universidad Nacional de San Agustín, Departamento de Física, Centro de Energías
Renovables y Eficiencia Energética



CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. OBJETIVOS
3. CONFIGURACION EXPERIMENTAL
4. RESULTADOS
5. CONCLUSIONES

1. INTRODUCCION



$$(Potencia\ del\ viento)/A = \frac{1}{2}\rho V^3$$

ρ = densidad del aire (1,225 kg/m³)

A = área de de barrido del rotor (m²)

V = velocidad del viento (m/s)

- La medición de la velocidad del viento se realiza normalmente usando un anemómetro de copas que gira sobre su eje en función de la potencia del viento y en proporción a la velocidad del mismo. El número de revoluciones por segundo se registra electrónicamente y de la misma manera se traduce la velocidad del viento en m/s. Esta información se acumula y luego se procesa sistemáticamente



Range

- Wind Speed (large wind cups) (See Note 1).2 to 150 mph, 2 to 130 knots, 1 to 67 m/s, 3 to 241 km/h
- knots, 1.5 to 79 m/s, 5 to 282 km/h
- Wind Direction0° to 360° or 16 compass points
- Wind Run.0 to 1999.9 miles (1999.9 km)

Accuracy

- Wind Speed (large wind cups) ± 2 mph (2 kts, 3 km/h, 1 m/s) or $\pm 5\%$, whichever is greater
- Wind Direction $\pm 7^\circ$
- Wind Run. $\pm 5\%$

Resolution

- Wind Speed 1 mph (1 knot, 0.1 m/s, 1 km/hr)
- Wind Direction 1° (0° to 355°), 22.5° between compass points
- Wind Run. 0.1 m (0.1 km)

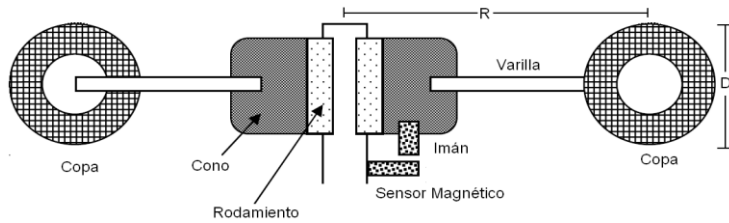


2. OBJETIVOS

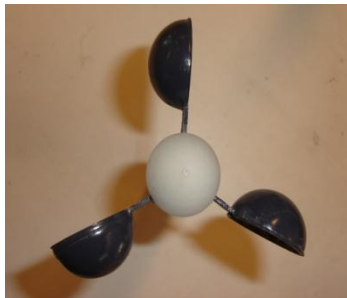
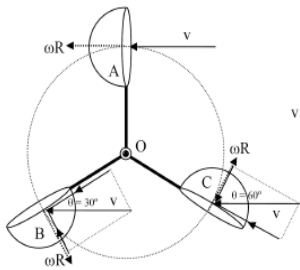
- Desarrollo de un anemómetro de copas con autonomía en el registro de datos y energía de alimentación, cuyo propósito es el monitoreo del recurso eólico

3. CONFIGURACION EXPERIMENTAL

Características físicas del anemómetro



- Diámetro de las copas; 30mm
- Número de copas: 3
- Radio del eje al centro de la copa: 40mm
- Altura del anemómetro: 170 mm.



principio de operación

- En el anemómetro, un imán de neodimio está insertado en el cono superior, este cono está montado en un eje de acero a través de micro rodamientos de baja fricción. Las tres copas de plástico van montadas en el cono de teflón, como se muestra en la figura anterior, en cada giro completo el imán activa un sensor magnético montado en el eje, el tren de pulsos producido por el giro es llevado desde el sensor a la electrónica de control que se encarga de procesar y guardar los datos de acuerdo a la configuración del software de control.
- El anemómetro está diseñado para registrar velocidades de viento comprendidas entre 0(m/s) y 10 (m/s), las velocidades típicas de sistemas de generación eólico de imanes permanentes están comprendidas entre 3 (m/s) y 10 (m/s)

El Hardware

- Desarrollada alrededor del microcontrolador 12F675 cuyo consumo en operación es de apenas 100 .
- La base de tiempo es un cristal de 4Mhz con un error máximo de 10 ppm entre -20 y 70 °C.
- El instrumento Incorpora una memoria EEPROM que a una tasa de registro de un dato por hora, puede almacenar 4 años de datos.
- El anemometro es alimentado con una batería de Litio de 3 voltios CR2 DURACELL ULTRA. La autonomía máxima es de un año aunque esta depende de la tasa de muestreo y la frecuencia de grabado de datos. Pero en el peor de los casos, esto es, a una tasa de muestreo de 1s, se garantiza una autonomía de 1 mes.

El software

El anemómetro puede ser conectado a un computador por una conexión USB, y se puede interactuar con el sistema a través de una serie de comandos enviados como cadenas de caracteres ASCII desde la computadora. Cualquier Programa de computadora capaz de enviar y recibir cadenas de caracteres ASCII por un puerto puede ser usado, por ejemplo el Hyper Terminal de Windows.

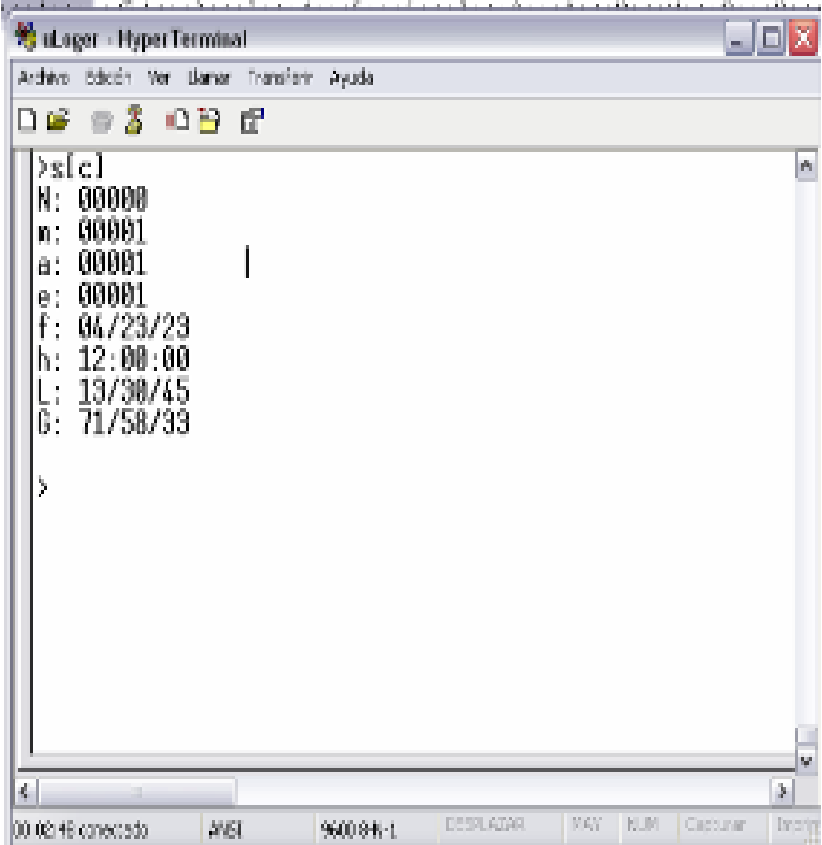
El anemómetro puede trabajar en dos modos. Los cuales se configura enviando los comandos 'c' o 'w'

- **Modo de operación captura:** este modo de operación está activo por defecto e indica que el instrumento envía los datos directo al PC sin guardarlos en memoria
- **Modo de operación Escritura:** este modo de operación se activa cuando se envía el comando 'w', indica que el instrumento guardara los datos tomados en memoria.

Configuración del anemómetro

Comandos de configuración

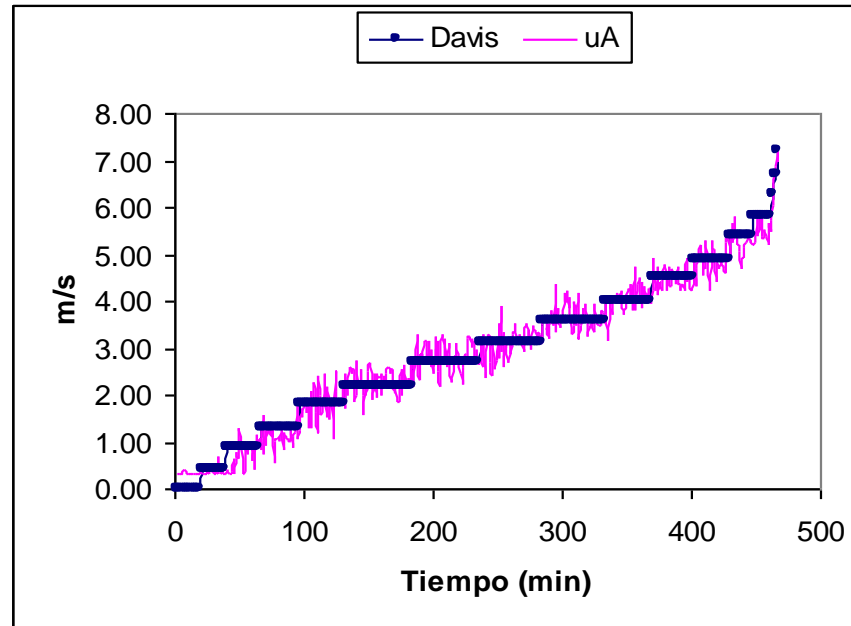
- 'a' configura la tasa de muestreo si a=1 se contarán el número de impulsos que llegan del sensor magnético por segundo (Hz). Si a=60 se contarán el número de impulsos que llegan del sensor en 60 s. (RPM)
- 'm' Comando que indica cada cuanto tiempo se registrará el dato en memoria
- 't' configura la tasa de muestreo y puede tomar valores entre 1 y 100 s
- 'e' indica cuanto tiempo esperará el instrumento antes de empezar a registrar los datos y puede tomar valores desde 1s a 9 horas
- 'h' configura la hora, también inicia la operación en uno de los dos modos de operación.
- 'f' Configura la fecha
- 'L' Configura la latitud
- 'G' Configura la longitud
- 'd' Configura el número de identificación
- 'r' Comando para descargar la memoria
- 'b' Comando para borrar la memoria
- 's' Muestra la configuración actual del sistema.
- 'N' Muestra el estado de la memoria



```
>s[c]
N: 00000
n: 00001
a: 00001
e: 00001
f: 06/23/23
h: 12:00:00
L: 19/30/45
G: 71/58/33
>
```

4. RESULTADOS

Respuesta del anemómetro Unsa y del anemómetro Davis en función del tiempo, la figura continua corresponde al anemómetro Unsa



Se estudio el desempeño del anemómetro comparándolo con el anemómetro instalado en la estación meteorológica Davis, esta estación se encuentra en el edificio de la escuela de Física UNSA – Arequipa, a 10 metros del nivel del techo del edificio. El anemómetro Unsa (uA) se instalo a la misma altura y a 10 cm del anemómetro de la estación Davis (Ad

4. RESULTADOS

De los datos mostrados en la figura anterior y aplicando

$$V_i(uA) = \frac{\sum_j V_j(uA)}{N_i}$$

Obtenemos una tabla ,donde el índice corre sobre todos los valores de velocidad de viento entregados por el anemómetro uA en los que la velocidad de viento entregada por el anemómetro Ad sea igual.

donde:

$$N = \sum_i N_i$$

Es el número total de datos.

4. RESULTADOS

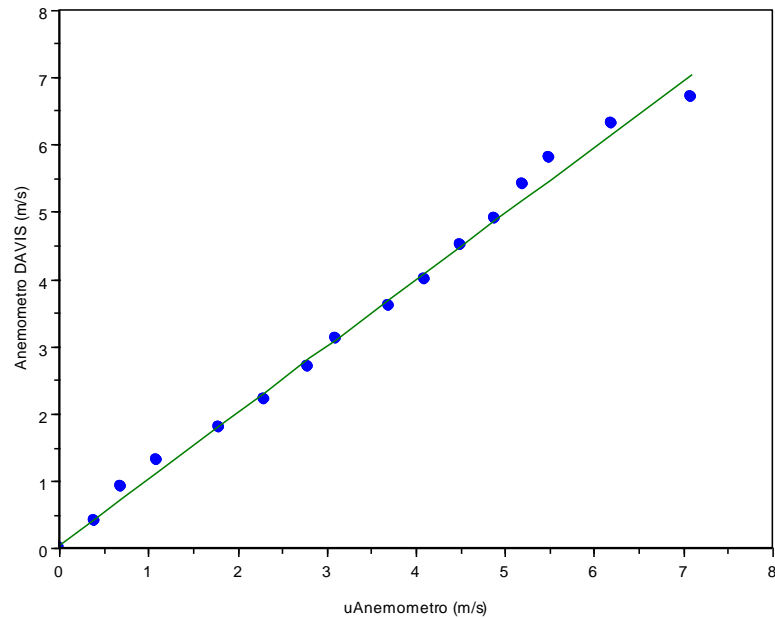
Datos relacionados de los anemómetros uA y Ad

i	N_i	$V_i(Ad)$	$V_i(uA)$
1	20	0	0.0
2	18	0.4	0.4
3	25	0.9	0.7
4	30	1.3	1.1
5	34	1.8	1.8
6	52	2.2	2.3
7	50	2.7	2.8
8	48	3.1	3.1
9	48	3.6	3.7
10	35	4	4.1
11	31	4.5	4.5
12	27	4.9	4.9
13	17	5.4	5.2
14	14	5.8	5.5
15	1	6.3	6.2
16	1	6.7	7.1

La tabla muestra un histograma de repetición de vientos construida con los datos de velocidad entregados por el anemómetro Davis

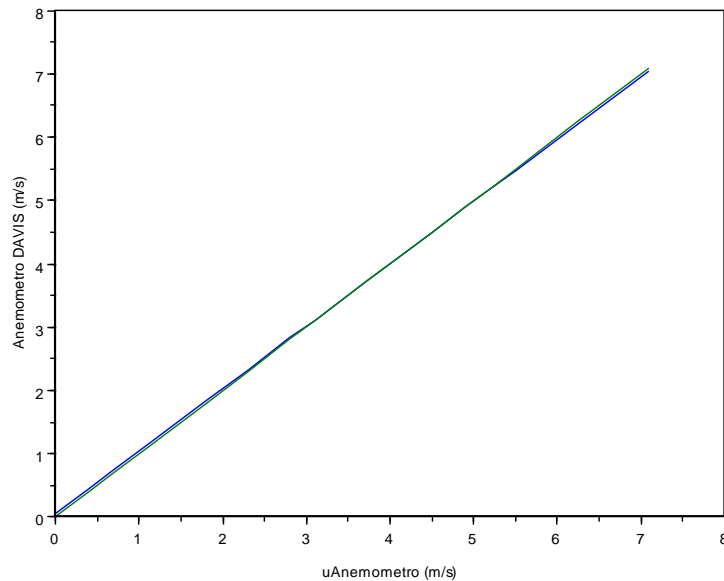
4. RESULTADOS

Respuesta del uA versus A_d , para velocidades que comprendidas entre 0 y 7 m/s



4. RESULTADOS

Error de linealidad de 0.8%

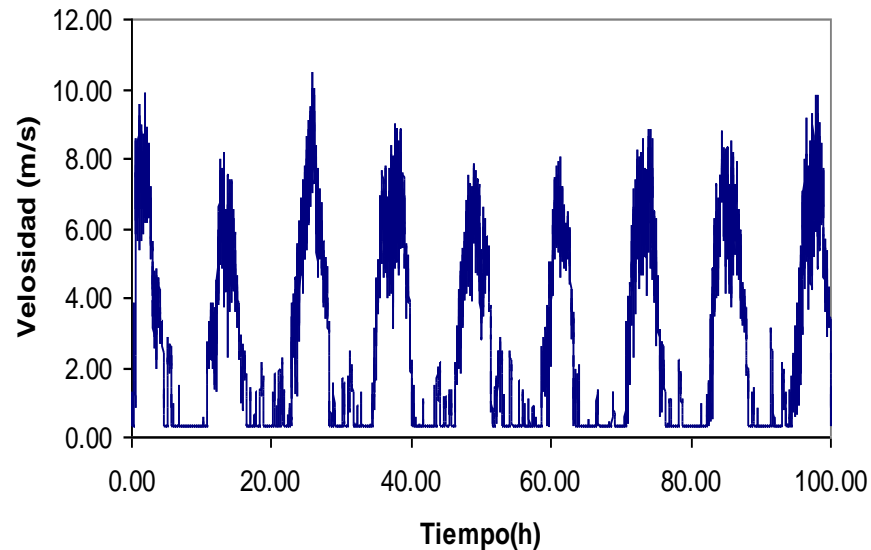


$$V(uA) = 0.98V(Ad) + 0.05$$

como se puede calcular existe un error de compensación de 0.05 m/s y un error de linealidad de 0.85 % a escala completa

4. RESULTADOS

Velocidad en función del tiempo durante una semana.



El recurso eólico en la ciudad de Arequipa en general no es suficiente para aerogeneración, sin embargo existen puntos que por su geografía podrían ser aprovechados. Uno de estos puntos es el sector de Río Seco, Cono norte de la ciudad. Se instaló un anemómetro en el sector durante un mes (enero-2010), se registró la velocidad de viento a una tasa de 1 dato por minuto. En la figura se muestran los resultados de la primera semana.

5. CONCLUSIONES

- Al comparar la respuesta de los anemómetros Davis y Unsa se muestra una buena correlación en los datos
- El anemómetro Unsa muestra una mejor resolución que el anemómetro Davis
- El anemómetro Unsa es un instrumento portátil de fácil instalación y con autonomía en el registro de datos y energía de alimentación.
- El anemómetro Unsa mostró ser un instrumento versátil y de bajo costo ideal para construir mapas de viento en zonas geográficas que presentan diversidad de microclimas, como es el caso de la Región Arequipa.
- En futuros desarrollos se podría incluir capacidad de transmitir por UHF

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Alberto Montoya Portugal- almontoyap@hotmail.com
Ernesto Palo Tejada -ipalot@unsa.edu.pe
Wilson Cabana Hanco - wil10000@hotmail.com

Universidad Nacional de San Agustín, Departamento de Física, Centro de Energías Renovables y Eficiencia Energética