

ANEMÓMETRO DE COSTO MODERADO PARA INVERNADEROS¹

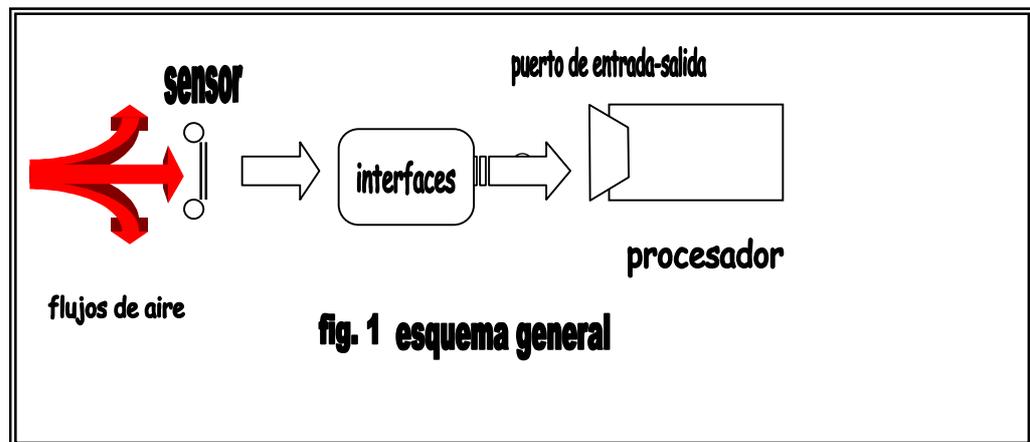
Cadena C.², Echazú R., Hoyos D., Saravia L.³
INENCO⁴. Departamento de Física
Facultad de Ciencias Exactas
Universidad Nacional de Salta
Av. Bolivia 5150 - 4400 Salta - República Argentina
e-mail: cadena@ciunsa.edu.ar - fax 54-0387-4255489

RESUMEN

En los sistemas activos de aprovechamiento de la energía solar que emplean aire como fluido de transferencia, es necesario medir frecuentemente el caudal, siendo esta variable una de las que más error introduce en los cálculos. Los equipos destinados a este fin son instrumentos costosos. Se ha diseñado y ensayado uno de construcción artesanal. El caso que nos ocupa, combina la simplicidad que se puede obtener con un anemómetro térmico, con la sofisticación que se puede conseguir cuando se introduce una computadora en un sistema de medición debido, entre otras razones a sus posibilidades de procesamiento. En el INENCO se utilizan sistemas de aire forzado en el secado de productos agrícolas, y en el acondicionamiento térmico de invernaderos, por lo que los ensayos del instrumento se hicieron en uno de estos últimos.

INTRODUCCIÓN

Un sistema de medición computarizado es un dispositivo de precisión, en el cual en alguna parte del proceso, la información se codifica (en este caso se convierte en información digital) para poder ser empleada por la computadora para su



procesamiento y posterior utilización. De más está decir que con el empleo de interfaces adecuadas se puede mejorar bastante la calidad de las medidas (este aspecto está relacionado directamente con el número de bits del conversor analógico- digital). El equipo que se describe fue diseñado en el INENCO, es portátil y de bajo consumo, y por otra parte su operación ha sido pensada de manera tal que no se requieran conocimientos especiales en el tema.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

El elemento primario del instrumento está constituido por dos esferas iguales de aluminio macizo de trece mm de diámetro, acopladas mecánicamente por una delgada barra de plástico. Ambas esferas tienen un orificio de menos de 1mm de diámetro hasta el centro, donde se instaló una termocupla de cobre-constantán, con el alambre de este último material común a ambas, para tomar una medida diferencial de temperatura. En la otra esfera, se colocó además una resistencia de calentamiento de

¹ Parcialmente financiado por CIUNSA

² Profesional Principal Conicet

³ Investigador Principal Conicet

⁴ Instituto UNSa-Conicet

100 ohms. El espacio entre la pared del orificio y cada uno de estos elementos, se rellenó con grasa de siliconas para un óptimo contacto térmico y los mismos conductores se aprovechan para colgar las esferas, ya que su peso no es significativo.

La resistencia eléctrica de calentamiento se conecta a una fuente de tensión constante, ajustada en 5 voltios, por lo que la potencia eléctrica es de doscientos cincuenta milivatios. Este valor fue considerado como óptimo, ya que se realizaron ensayos a diferentes potencias de calentamiento, tal como se observa en la figura 2, llegándose a esta conclusión si se tiene en cuenta el rango de velocidades de flujo en el que se desea trabajar, la posibilidad de emplear directamente la salida de 5 V de la fuente switching de la computadora y el inconveniente causado por los flujos convectivos cuando se calienta demasiado la esfera, fundamentalmente a bajas velocidades.

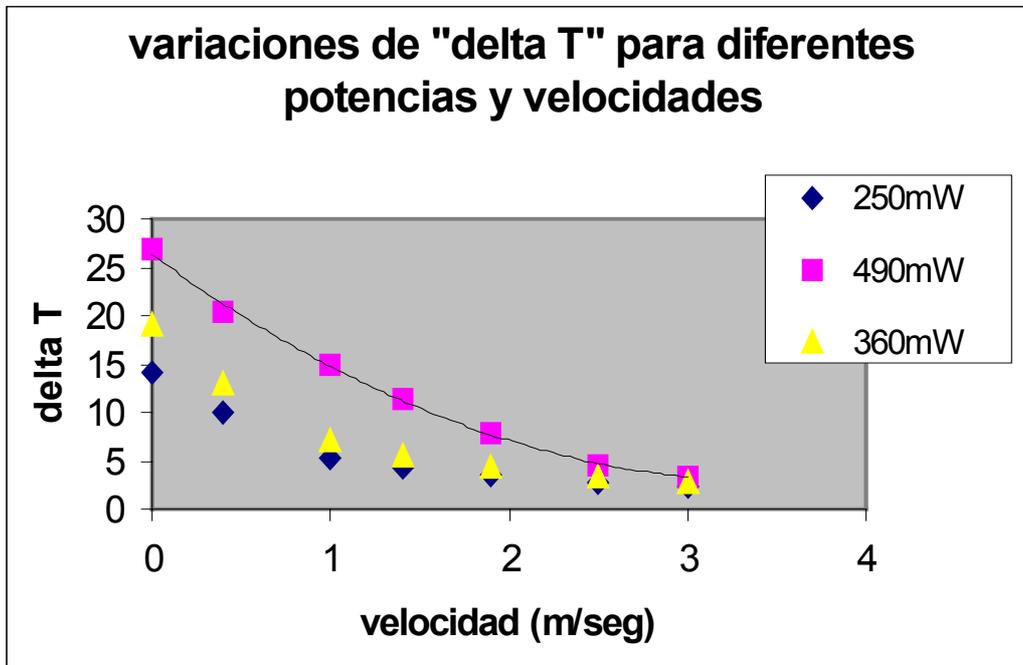


Figura 2

Una vez aplicada potencia de calefacción, la temperatura de la esfera comienza a elevarse, hasta que se estabiliza. En estas condiciones, el flujo de energía en la superficie de la esfera, se mantiene constante, y debe cumplirse:

$$Ec 1 : Q = h * \pi * D^2 * \Delta T \text{ (W)}$$

Donde h se relaciona con las restantes variables del sistema, por medio de la ecuación 2, (Bird *et al.*, 1975)

$$Ec 2 : Nu = 2.0 + .60 Re^{1/2} * Pr^{1/3}$$

Siendo :

$$Re = (D * \rho_{ai} / \mu_{ai}) \text{ Número de Reynolds del sistema}$$

$$Nu = h * D / k_{ai} \text{ Número de Nusselt}$$

$$Pr = (Cp_{ai} * \mu_{ai} / k_{ai}) \text{ Número de Prandtl}$$

Donde :

$$D = \text{Diámetro de las esferas (m)}$$

$$k_{ai} = \text{Conductividad térmica del aire (W/m °C)}$$

$$Cp_{ai} = \text{Capacidad térmica del aire (J/Kg)}$$

$$\Delta T = T1 - T2$$

$$T1 = \text{Temperatura medida en la esfera 1 (°C)}$$

$$T2 = \text{Temperatura en la esfera 2 (°C)}$$

Con este conjunto de ecuaciones se vincula la magnitud medida delta T, con la velocidad del aire. El valor obtenido, podría leerse directamente con un amplificador y un milivoltímetro, obteniéndose un equipo muy simple, pero como resulta de mayor utilidad poder contar con un registro secuencial de los valores medidos por un lado y algunas herramientas matemáticas por otro, se optó por ingresar esta señal a una computadora a través de una interfase.

INTERFASE

La particularidad de este equipo es tal, que permite realizar todas las medidas sin necesidad de conectar un amplificador de tensión. Este simple hecho justifica por sí mismo el empleo de un circuito integrado muy especial: el MAX132. Este dispositivo es un *convertor análogo-digital* de dieciocho "bits" con interfase de salida del tipo serial y permite, al menos en teoría 256K niveles de cuantificación. En los hechos y a los efectos prácticos, solo se emplean quince o dieciséis bits. Este "chip" es el componente principal del sistema, se muestra en diagrama de bloques de la figura 3.

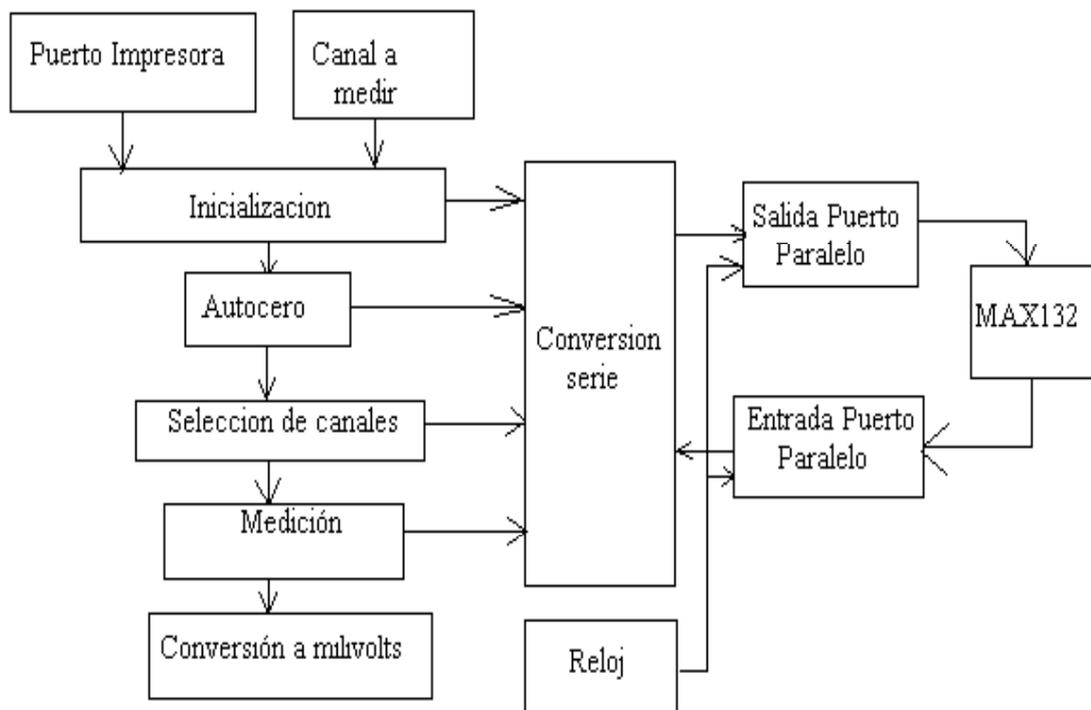


fig. 3: diagrama de bloques de la interfase

Se definió una clase denominada MAX132 que realiza todas las funciones de adquisición de datos. La placa se conecta a través de algún puerto de la computadora, y el programa debe enviar datos en forma serie, que utiliza el integrado para iniciar la medida, autocero, seleccionar el puerto externo e iniciar la medida. Al mismo tiempo el programa recibe las mediciones que continuamente está realizando el sistema de toma de datos. El programa además, genera dos señales que utiliza el integrado: CS selección de chip, CK el reloj, que coordina la transmisión de la información y recibe EOC la señal de fin de conversión. El dato recibido es transformado en 3 números que finalmente son convertidos a una escala en milivoltios. (Hoyos y Cadena, 1998)

Debido a la rápida evolución del software y hardware, de los últimos años, se dispone de computadoras lentas, en perfectas condiciones de uso, a muy bajo costo, por lo que su uso es muy adecuado. El programa en QB 5 (Quick Basic), ingresa periódicamente la señal de las termocuplas, con una frecuencia baja. Toma el promedio de 100 lecturas, calcula el caudal con las expresiones citadas precedentemente con los parámetros obtenidos de los datos experimentales y guarda el resultado en un archivo. La pantalla permite mostrar los últimos valores medidos.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la figura se observa una curva de calibración obtenida variando la velocidad del flujo de aire entregado por un ventilador centrífugo y accionado por un motor trifásico de 1Hp mediante un registro. Las mediciones fueron realizadas a potencia (del calefactor de la esfera) constante: doscientos cincuenta milivatios. Se empleó como instrumento de contraste un anemómetro térmico "Air Flow" TA 400T.

Ambos sensores fueron colocados en el tramo central de una tubería de chapa de ciento cincuenta milímetros de diámetro y tres mil de longitud. El ensayo se realizó a una temperatura constante (ambiente) de 20°C. Si bien el instrumento es de reciente adquisición, no se tienen referencias sobre sus errores, dado que a la fecha no se cuenta con el túnel de vientos en operación. Los resultados obtenidos, se muestran en la figura 4.

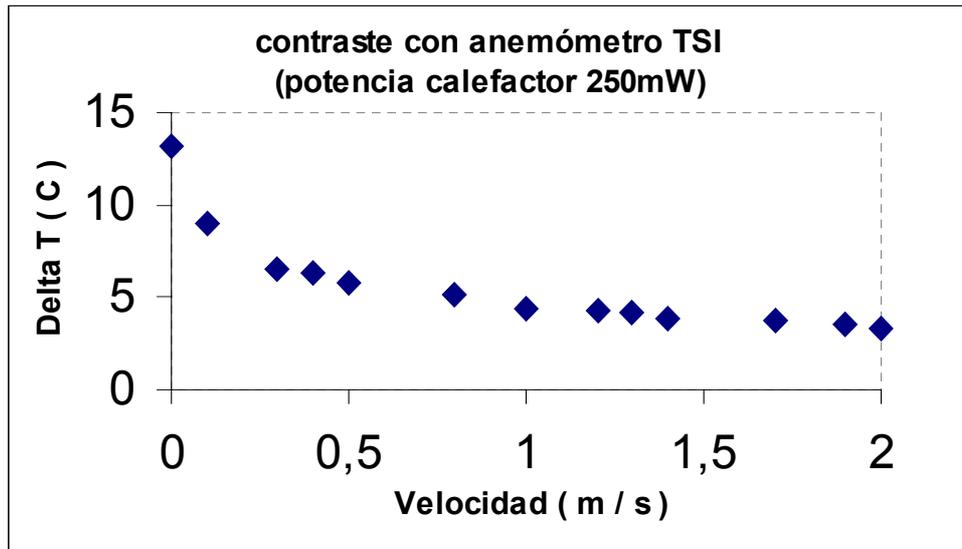


Fig 4: Curva característica de respuesta del sensor

En la figura se observa que para flujos tendientes a cero se obtiene un valor de “delta T” máximo, tanto este punto como el obtenido para 0,1 m/seg, se considera que tienen un error máximo, estimándose que el rango de funcionamiento razonablemente bueno, se encuentra entre 0,4 y 1,7m/seg. Con los parámetros empleados.

Para velocidades de flujo mayores, debe considerarse el incremento de potencia en el calefactor, a fin de obtener valores de “delta T” medibles por este método (con errores del orden de 0.1°C). Para flujos menores no resulta confiable el equipo, ni aun disminuyendo la temperatura de la esfera caliente, debido a los flujos convectivos que se provocan por el calentamiento del aluminio.

REFERENCIAS

- Bird B. R. Et Al. (1975.) *Transport Phenomena* John Wiley & Sons, New York.
 Hoyos, D y Cadena, C (1998) Datos meteorológicos por Internet. *Avances en Energía Renovables y Medio Ambiente. Vol 2, N 2.05.21-24*