

DISEÑO Y ENSAYO DE UN SISTEMA PARA CALIBRAR HIGROMETROS

Gloria Plaza*, Judith Franco y Luis Saravia**

INENCO[#], Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177 - 4400 Salta

Resumen

El sistema más común para calibrado de una sonda higrométrica de tipo electrónico utiliza soluciones saturadas de distintas sales para crear atmósferas con humedades relativas conocidas. Aunque son sencillas tienen el problema de necesitar tiempos largos de calibrado por la lentitud con que se obtiene el equilibrio. En este trabajo se presenta otro trabajo que crea un flujo de aire con humedad relativa constante lo que permite obtener equilibrios muy rápidos calibrando las sondas en un tiempo corto.

El sistema consiste en una torre rellena con anillos de Rasching por la que circulan flujos de aire y agua a contracorriente. El agua se mantiene fría a baja temperatura y el aire que entra en condiciones ambiente se enfría y sale de la torre saturado de humedad. A continuación se lo hace circular por una resistencia eléctrica volviéndose a obtener una temperatura próxima a la ambiente. En este punto es muy sencillo calcular exactamente la humedad relativa por lo que allí se coloca el instrumento que se desea calibrar.

Se trabaja con dos torres del mismo tipo para tener dos puntos distintos de calibración del instrumento. Se presentan medidas de los tiempos de saturación del aire y calibración del instrumento a distintas temperaturas y humedades relativas.

Introducción

Las medidas térmicas de viviendas solares, especialmente en el caso que se usen sistemas de acondicionamiento de

verano, requieren la medida de humedad relativa del aire. Con el fin de poder automatizar las medidas se están usando sondas electrónicas que deben ser calibradas periódicamente.

Existen en el mercado métodos estáticos para calibrar higrometros tales como el calibrador HMK11 de la Compañía Vaisala (1), que se basa en el equilibrio dinámico al que llega el aire con una solución saturada de sal, en un recipiente cerrado. La presión del aire saturado de vapor de agua es función de la temperatura obteniéndose una curva característica para cada tipo de solución. Conociendo la temperatura dentro del recipiente se determina la humedad relativa del aire en el mismo. En este tipo de calibrador se usan distintas soluciones según el rango de humedad relativa a calibrar, tales como cloruro de litio, sulfato de potasio y cloruro de sodio.

Aunque en este sistema el valor que se obtiene de la humedad relativa es razonable tiene algunas desventajas: la principal radica en la necesidad de esperar tiempos largos para que el aire en el recipiente alcance la humedad relativa de equilibrio, por lo que el calibrado puede volverse muy laborioso.

Un sistema de calibración de alta precisión utilizado por la NBS (2), consiste en un generador de atmósferas, con el que se puede obtener una corriente de aire a una temperatura y humedad conocida. Este tipo de equipo funciona básicamente saturando el aire a una temperatura definida y variando luego la temperatura del mismo. Se obtiene así valores de humedad relativa en un rango de 0 - 100%. Estas medidas se logran con exactitud de 0,2% pero utilizando un equipo de alta complejidad.

En este trabajo se presenta un sistema de calibración que consiste en una versión simplificada del generador de

* Profesional del CONICET

** Miembro de la Carrera de Investigador Científico del CONICET

Instituto UNSa. - CONICET

atmósferas que con un equipo sencillo permite calibraciones rápidas con precisiones del orden del 2%.

Conceptos Básicos

Para lograr la calibración de un higrometro es necesario colocar el sensor en una atmósfera perfectamente definida. Para ello se construye un sistema dinámico que produce un flujo de aire HR conocida. Se obtiene primero un flujo saturado de humedad a una temperatura determinada y luego se altera la temperatura, sin agregar vapor de agua, hasta obtener un flujo de aire con humedad absoluta y temperatura de bulbo seco conocidas. Estos datos son suficientes para determinar la humedad relativa del flujo de aire.

Para obtener la saturación del aire se hace circular a través de una torre de relleno flujos de aire y agua en contracorriente. El aire entra a la torre en condiciones ambientales y sale saturado de humedad. Para elevar la temperatura se utiliza una resistencia eléctrica con alimentación variable.

A partir de los valores de temperatura de saturación T_s , temperatura de salida, T_{ca} y presión atmosférica se obtiene el valor de humedad relativa del flujo de aire según las siguientes ecuaciones.

Para la saturación:

$$P_s = \exp (23,5613 - (4032 / (273,15 + T_s - 38)))$$

Por lo que la humedad absoluta es:

$$Y_s = \frac{0,622 * P_s}{(P_{atm} - P_s)}$$

Después del calentamiento adiabático se tiene:

$$P_{sal} = \exp (23,5613 - (4032 / (273,15 + T_{ca} - 38)))$$

Siendo la humedad relativa final:

$$HR = \frac{P_{atm} * Y_s}{P_{sal} * (0,622 + Y_s)}$$

donde:

P_s : presión parcial del vapor de agua de saturación, Pas

Y_s : humedad absoluta de saturación

T_s : temperatura de saturación, C

P_{atm} : presión atmosférica, P

P_{sal} : presión a la salida de la torre, P

T_{ca} : temperatura a la salida de la torre, C

HR : humedad relativa de salida

Equipo

El equipo, Fig. 1, consiste en dos sistemas idénticos que producen aire en distintas condiciones con el fin de agilizar el proceso de calibrado.

Cada sistema consiste en dos tubos acoplados por un codo uno vertical donde se satura el aire y uno horizontal donde se somete el flujo de aire a un calentamiento adiabático. Estos tubos son de chapa galvanizada y PVC de 10 cm de diámetro y están adecuadamente aislados.

La columna de saturación de 1 m de altura, está rellena con anillos de Rasching de plástico de 13 mm de diámetro (tamaño nominal). La altura del relleno es de 60 cm y está sostenido por una rejilla soportada a 30 cm de la base de la columna.

El agua se distribuye uniformemente sobre el relleno por medio de una placa perforada que se encuentra debajo de la entrada del líquido, en la parte superior de la columna. Esta escurre por el relleno y se colecta en la zona inferior en un termostato que a su vez bombea el agua hacia la torre cerrando el circuito.

El termostato se encarga de mantener constante la temperatura del agua que recircula.

El aire en condiciones ambientales entra a las columnas impulsado por un ventilador que al pasar por las torres se humidifica y sale saturado. Las torres suministran aire con alta y baja humedad relativas. Para la segunda el termostato trabaja a baja temperatura, del orden de 5 C, haciendo uso de un refrigerador conectado al termostato.

El tubo horizontal contiene una resistencia eléctrica de constante de 48 Ohm, conectada a un circuito que genera una tensión regulable de calentamiento.

Las lecturas de temperaturas en los sistemas se obtuvieron por medio de termómetros.

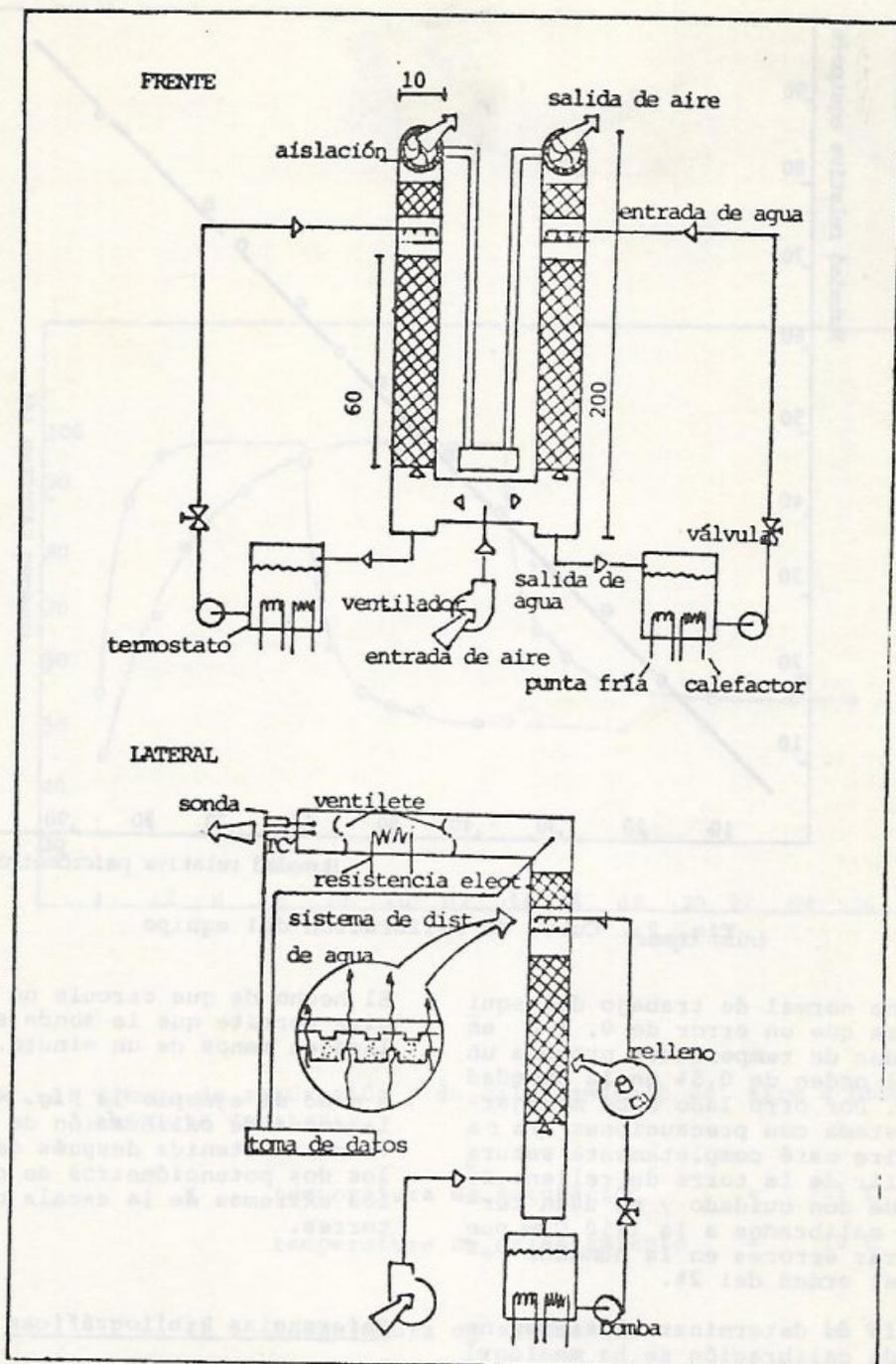


Fig. 1; Esquema del equipo

cuplas colocadas en distintas zonas conectadas a un sistema de adquisición de datos FLUKE 2200B.

Ensayos

Con el fin de verificar el funcionamiento global del equipo se lo hizo trabajar con distintas humedades relativas de salida y se realizó una medida independiente de la humedad relativa

mediante un psicrómetro con termómetros de bulbo húmedo y seco y ventilador de circulación forzada de aire del tipo Siap. La Fig. 2 muestra una comparación de los resultados obtenidos, indicando que el sistema funciona bien. En especial, estos resultados indican que la torre de relleno trabaja correctamente saturando completamente el aire.

Un análisis del diagrama psicrométrico

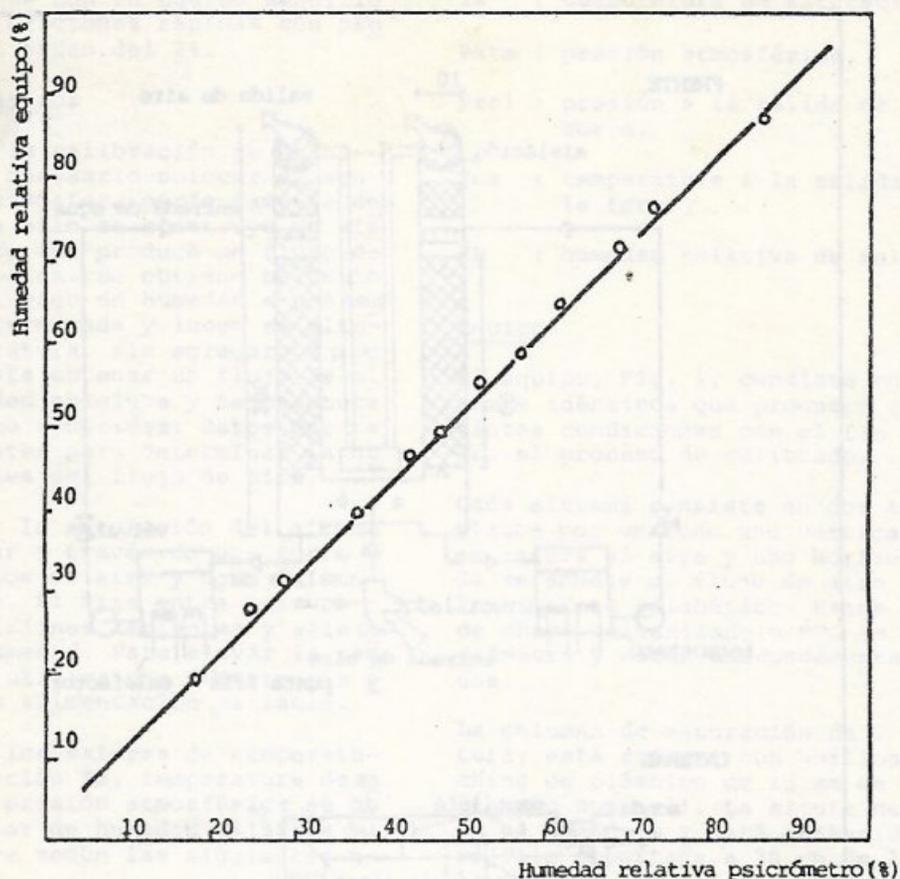


Fig. 2: Curva de calibración del equipo

en la zona normal de trabajo del equipo muestra que un error de 0,1 C en las medidas de temperatura provoca un error del orden de 0,5% en la humedad relativa. Por otro lado debe manejarse el sistema con precauciones para que el aire esté completamente saturado al salir de la torre de relleno. Si se procede con cuidado y se usan termómetros calibrados a la 1/10 C se pueden esperar errores en la humedad relativa del orden del 2%.

Con el fin de determinar el tiempo necesario de calibración se ha medido el intervalo de tiempo requerido para obtener un funcionamiento estable después de poner en marcha el equipo. La Fig. 3 muestra un resultado típico de cambio de las condiciones de salida con el tiempo, indicando que se necesita alrededor de 40 minutos para asegurar se que el equilibrio esté establecido y poder realizar algunas medidas. Una vez que las torres se estabilizan se puede proceder a calibrar una sonda en contados minutos si se usan las dos torres para ajustar la sonda en los dos extremos de la escala de medida.

El hecho de que circule un flujo de aire permite que la sonda se establezca en menos de un minuto.

A modo de ejemplo la Fig. 4 muestra la curva de calibración de una sonda Vaisala obtenida después de ajustar los dos potenciómetros de control en los extremos de la escala con las dos torres.

Referencias Bibliográficas

- (1) Vaisala Humicap Humidity Meter , Instruction Manual.
- (2) Ingeniería del Ambito Térmico, Cap. 10, J. Threlkeld, Ed. PHT, 1973.

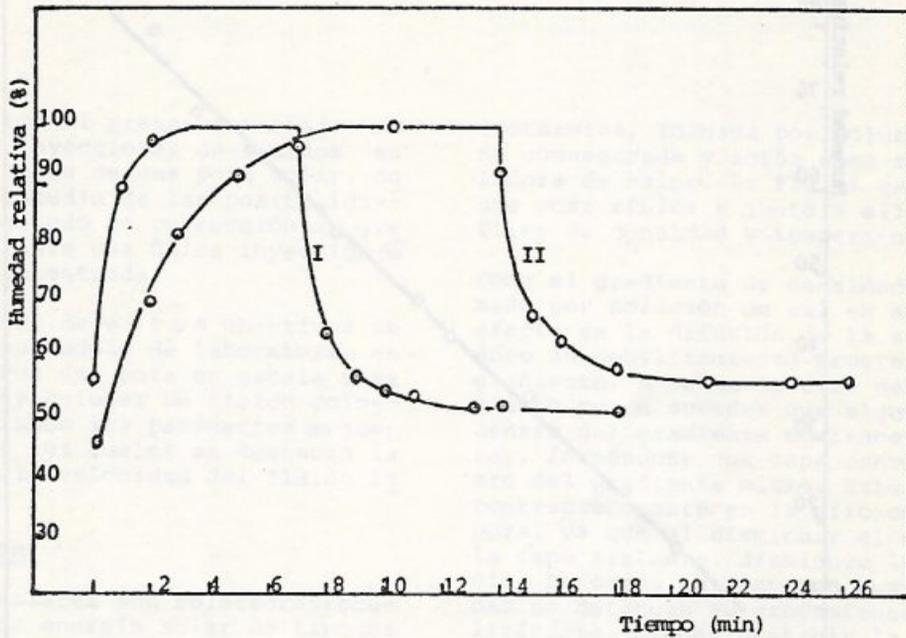


Fig. 3: Tiempo de saturación y de calentamiento del aire a humedad absoluta constante.

I : temperatura de saturación = 7.1 C
 temperatura de calentamiento = 12 C

II : temperatura de saturación = 18 C
 temperatura de calentamiento = 22.4 C

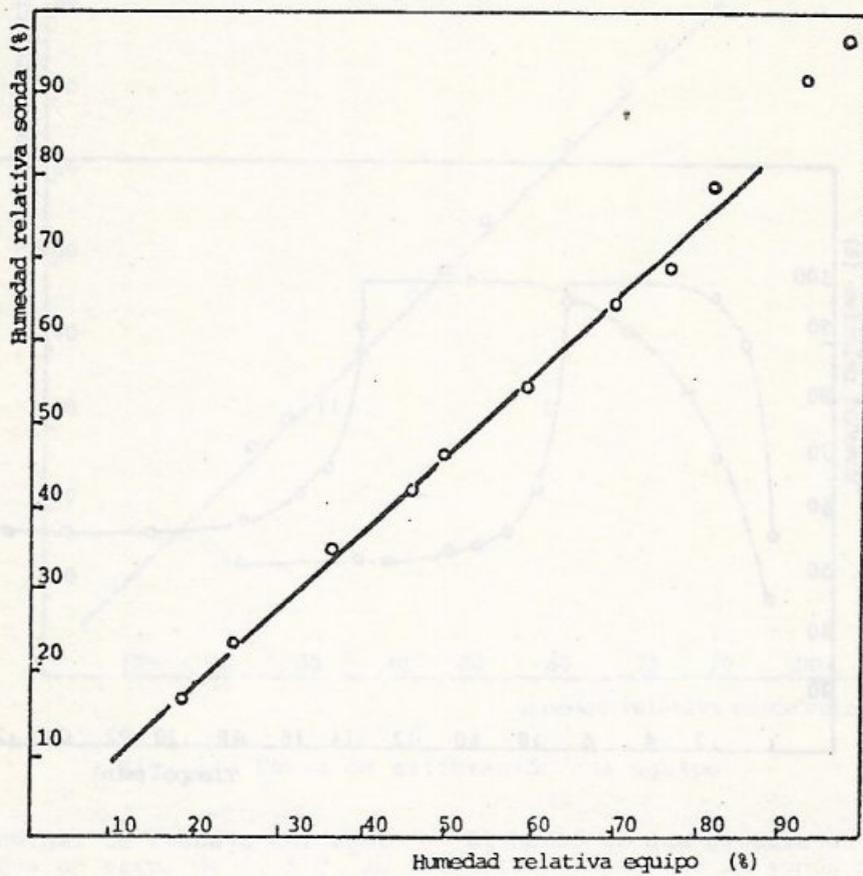


Fig. 4 : Curva de calibración de una sonda electrónica