

OPTIMIZACIÓN DEL MÉTODO DE CALIBRACIÓN DE HIGRÓMETROS EN LATU

Andrea Sica, Ofelia Robatto y María Belén Garcé
Laboratorio Tecnológico del Uruguay
Av. Italia 6201.
(598) 26013724 y asica@latu.org.uy

Resumen: Debido a los requerimientos de la industria y de los laboratorios del Uruguay surgió la necesidad de aplicar un método de calibración de higrómetros que emplee tiempos de calibración menores y se obtengan menores valores de incertidumbre. Con este fin se adquirió un patrón de medición de punto de rocío y una cámara ambiental como generador de humedad. Para la utilización de este método se realizó su correspondiente validación. Este artículo explica los componentes que fueron tomados en cuenta en la citada validación y que factores se consideran en la estimación de la incertidumbre para la calibración de higrómetros.

1. INTRODUCCIÓN

En el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) las calibraciones de higrómetros se realizaban empleando una cámara con sales saturadas y un termo higrómetro de tipo capacitivo como patrón de referencia. Este método de calibración producía deterioro en el sensor patrón, por lo que fue necesario cambiar el método de calibración por otro que no dañe los patrones de referencia. El método de sales requería tiempos de estabilización del entorno de 12 horas usando forzadores de aire y de 24 horas sin forzadores. Debido a la creciente demanda de calibraciones de equipos medidores de humedad relativa se volvió indispensable disminuir los tiempos de calibración anteriores.

Adicionalmente se constató la necesidad de algunos clientes internos de mejorar las capacidades de medida y calibración de los higrómetros.

Estas razones llevaron a nuestro laboratorio a adquirir un nuevo patrón de mejor calidad metrológica y a emplear como generador de humedad una cámara ambiental psicrométrica.

El patrón adquirido es un medidor de punto de rocío, que permite alcanzar valores de incertidumbre inferiores a los que se venían obteniendo.

Este nuevo método de calibración requirió el montaje del sistema de medición y su validación correspondiente.

Los resultados de la validación arrojan una sensible disminución de los valores para las capacidades de medida y calibración de nuestro laboratorio, además de contribuir a la mejora del aseguramiento de calidad de las mediciones.

2. DESARROLLO DEL MÉTODO DE CALIBRACIÓN DE HIGRÓMETROS

2.1. Materiales

Para el desarrollo del nuevo procedimiento de calibración se emplearon los siguientes equipos:

Cámara ambiental modelo SH661, serie 92008977, patrón de espejo enfriado modelo S8000 serie 133464 termo higrómetro con dos sensores modelo 454 serie 0560.4540, bomba Sample gas pump P1.1E serie 10009205142281111200 001.

2.2. Armado del sistema de medición empleando el patrón de espejo enfriado.

El patrón de medición de punto de rocío extrae aire proveniente de la cámara ambiental, que envía a su interior para realizar la medición. Debido a que patrón de espejo enfriado no incluía el sistema de extracción de muestra de aire para medir el valor de la humedad dentro de la cámara, se conectó el patrón a una bomba peristáltica que suministra aire húmedo proveniente de la misma. Esta bomba debe operar a un valor de flujo comprendido entre 300 ml/min a 1000 ml/min, según la figura 1 y 2.



Fig. 1. Bomba que alimenta al patrón de medición punto de rocío.



Fig. 2. Patrón de medición de punto de rocío y conexiones aisladas.

Las cañerías empleadas para las conexiones entre la cámara-patrón-bomba, fueron aisladas térmicamente mediante manta cerámica, de manera de evitar condensaciones de agua dentro de las mismas. El patrón de espejo enfriado fue calibrado por el PTB y posee valores de incertidumbres menores a 0.3 %HR en el intervalo comprendido entre 10 %HR y 99 %HR. El generador de humedad es una cámara psicrométrica que posee un volumen determinado de trabajo. Por lo que requirió un estudio de homogeneidad y estabilidad de la cámara de manera de validar el método de calibración y determinar las

componentes correspondientes para la estimación de la incertidumbre final.

En la figura 3 se observa el sistema de medición para la calibración de higrómetros.



Fig. 3. Sistema de medición de higrómetros, patrón de medición de punto de rocío y cámara ambiental.

En estudios previos se determinó que la mejor temperatura de funcionamiento del patrón de medición del punto de rocío es 20 °C. En la cámara ambiental se coloca el display a 20 °C. Esta cámara tiene una incertidumbre expandida de 0,34 °C, mientras que el laboratorio, para las mediciones de humedad se encuentra a 20 °C con una tolerancia de 1 °C.

2.2. Toma de datos.

Se utilizaron dos sensores de humedad modelo 454 Serie 0560.4540. Inicialmente se colocaron los dos sensores capacitivos juntos en el centro del volumen de trabajo de la cámara. De esta forma se determinó la diferencia de las lecturas entre los dos sensores. Se realizaron tres estudios: uno de homogeneidad, otro de estabilidad y otro de la determinación del tiempo de régimen de la cámara. En el estudio de homogeneidad se determinan los gradientes de los valores de humedad relativa dentro del volumen de trabajo de la cámara luego de alcanzado el estado de régimen. En el estudio de estabilidad se determinan

los gradientes de temperatura en el tiempo luego de alcanzado el régimen. En la determinación del tiempo de régimen se determina el tiempo en que la cámara alcanza el estado de régimen.

Para el estudio de homogeneidad de la cámara se ubicaron los dos sensores de humedad tipo capacitivo, en diferentes posiciones dentro del volumen de trabajo de la cámara. En el centro de este volumen se encuentra ubicado el orificio de la cañería que extrae la muestra de aire que se envía al patrón de espejo enfriado.

La figura 3 muestra el esquema utilizado.

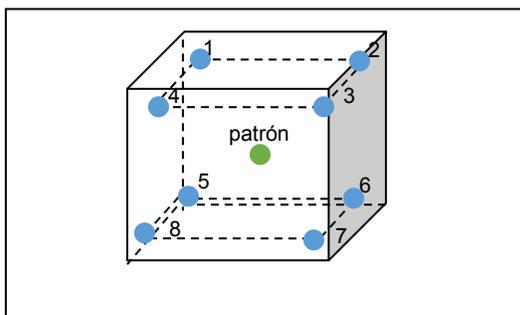


Fig. 3. Esquema de ubicación de los sensores para los estudios de estabilidad y homogeneidad.

La cámara psicrométrica trabaja en forma habitual en el intervalo comprendido entre 30 %HR y 80 %HR. Por lo que este estudio se realizó en 30 %HR, 50 %HR y 80 %HR, rotando los sensores entre las posiciones 1-3, 4-2, 5-7 y 6-8. Se registraron los valores de porcentaje de humedad relativa luego de alcanzado el estado de régimen o estacionario. Para esto último se requirió un tiempo mínimo de 20 minutos. Adicionalmente se registró el tiempo de estabilización de cada ensayo de homogeneidad realizado, de manera de establecer si existen diferencias notorias entre los resultados de homogeneidad y el tiempo de estabilización. Con este estudio se determina el tiempo de estado de régimen.

Al mismo tiempo que se registraron los resultados del estudio de homogeneidad se realizó determinación de la estabilidad de la cámara en el tiempo de medida habitual. El tiempo establecido para el estudio fue de 10 minutos, tomando medidas cada 30 segundos.

3. RESULTADOS

3.1. Resultados del estudio de homogeneidad

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1.

Puntos medidos	Máximo gradiente a 30%HR/%H R	Máximo gradiente a 50%HR/%H R	Máximo gradiente a 80%HR/%HR
1-3	0,948	1,577	3,496
4-2	1,010	1,764	2,416
5-7	0,665	0,804	1,149
6-8	1,547	1,288	2,227

Tabla 1: Variación de la homogeneidad de la cámara según las distintas posiciones y valores de operación de la cámara.

En la tabla 1 se observa que al aumentar el valor de humedad relativa seleccionado para la cámara, los gradientes aumentaron para todas las posiciones relevadas. Sin embargo, resulta anormal el valor obtenido para la diferencia entre las posiciones 1-3 a un valor de 80% HR, por lo que se resolvió repetir la experiencia en este caso. La repetición efectuada dio como resultado un valor de gradiente de humedad relativa de 3.783 %HR, similar al que se había obtenido en primera instancia.

3.2. Resultados del estudio de estabilidad

Los resultados del estudio de estabilidad se muestran en la tabla 2.

Puntos medidos	Máximo gradiente a 30%HR/%HR	Máximo gradiente a 50%HR/%H R	Máximo gradiente a 80%HR/%HR
1-3	0,270	0,280	0,430
4-2	0,120	0,849	0,680
5-7	0,240	0,979	0,400
6-8	0,140	0,460	0,789

Tabla 2: Variación de la estabilidad de la cámara según las distintas posiciones y valores de operación de la cámara.

3.3. Resultados del estudio de tiempo de llegada a régimen de la cámara

Los resultados del estudio de tiempo de régimen se muestran en la tabla 3.

Puntos medidos	Tiempo * a 30%HR/min	Tiempo * a 50%HR/min	Tiempo * a 80%HR/min
1-3	21	106	117
4-2	104	119	105
5-7	97	79	61
6-8	37	124	80

Tabla 3: Resultados de la determinación del tiempo transcurrido desde el encendido de la cámara en la humedad seleccionada de trabajo hasta el comienzo de las mediciones de estabilidad y homogeneidad.

4. DISCUSIÓN

Los resultados del estudio de homogeneidad muestran que el mayor gradiente de %HR entre dos puntos se da entre las posiciones 1 y 3 a 80 %HR. Que el mayor gradiente se haya obtenido a mayor humedad relativa es razonable, ya que a mayores humedades es habitual que las no homogeneidades sean mayores. Estos mayores gradientes de %HR también se reflejan en la comparación global de todos los puntos medidos a mayor %HR. Cuando se observan los gradientes de %HR para una misma posición de los sensores a diferentes %HR, los resultados arrojan que la mejor posición es la 5-7, mientras que las peores son la 1-3 y la 4-2. Esto indica que las posiciones superiores dentro del volumen de trabajo de la cámara son las menos satisfactorias desde el punto de vista de la homogeneidad. Esto puede deberse a las distorsiones en la convección del aire dentro de la cámara originadas por la existencia de orificios para la comunicación del interior de la cámara con el exterior.

Los resultados del estudio de estabilidad muestran que los mayores gradientes de %HR se obtienen en 50 %HR, mientras que los más satisfactorios se dan a 30 %HR. También se observa que los valores de los gradientes obtenidos en el estudio de estabilidad son notoriamente menores que los correspondientes al estudio de homogeneidad.

En el estudio de determinación del tiempo de régimen, se observa que para un tiempo de llegada a régimen de 21 minutos se obtienen datos de homogeneidad y estabilidad comparables con los obtenidos para un tiempo de llegada a régimen de 124 minutos. Por lo tanto se determina que no es necesario más de 21 minutos para que se alcance el estado de régimen de la cámara y obtener de esta

manera condiciones de operación adecuadas para las calibraciones de instrumentos.

Los máximos gradientes obtenidos en estos estudios realizados de estabilidad y homogeneidad se utilizaron para evaluar las componentes de incertidumbre correspondientes en el presupuesto de incertidumbre de la calibración de higrómetros empleando la cámara ambiental citada como generador de humedad. En el caso del estudio de estabilidad el máximo gradiente observado es 0.979 %HR. Para el estudio de homogeneidad a 30 %HR el máximo gradiente observado es de 1.547 %HR, para el estudio de homogeneidad a 50 %HR es de 1.764 %HR y para este estudio a 80 %HR es de 3.496 %HR.

La incertidumbre para el método de calibración de higrómetros se determina tomando en cuenta las fuentes tipo A y tipo B con un 95,45 % de confianza. La incertidumbre combinada se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$U_{exp} = k \cdot \sqrt{u_{rep}^2 + u_{resol}^2 + u_{inest}^2 + u_{inhomog}^2 + u_{patron}^2}$$

La componente de incertidumbre por repetibilidad del instrumento en calibración es una fuente de tipo A, con distribución normal y se estima mediante la siguiente ecuación:

$$u_{rep} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

La componente de incertidumbre debida a la resolución del instrumento en calibración es una fuente de tipo B y se asume distribución rectangular:

$$u_{resol} = \frac{\text{Resolución}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

La componente de incertidumbre debida a la inestabilidad de la cámara ambiental se asume una fuente de tipo B y con distribución rectangular:

$$u_{inest} = \frac{\Delta\%HR_{max}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

La componente de incertidumbre debida a la homogeneidad de la cámara ambiental se obtiene con el máximo gradiente de humedad entre dos puntos y se asume una fuente de tipo B y con distribución rectangular:

$$u_{\text{inhomog}} = \frac{\Delta\%HR_{\text{max}}}{2 \cdot \sqrt{3}}$$

La componente de incertidumbre debida a la calibración del patrón se obtiene del certificado de calibración del patrón y de la regresión lineal simple realizada para poder realizar interpolaciones en las correcciones del patrón.

$$u_{\text{patron}} = \sqrt{u_{\text{certif cal}}^2 + u_{\text{regresion}}^2}$$

5. CONCLUSIONES

La caracterización de la cámara ambiental y del patrón de espejo enfriado permitió optimizar los tiempos de calibración ya que se determinó el tiempo que necesita la cámara para entrar en régimen.

Las incertidumbres en la calibración de higrómetros con este método son del entorno del 50 % de las obtenidas por el método de calibración con sales saturadas, atendiendo de esta forma a los requerimientos de la industria en el Uruguay.

Este estudio se determinó que se pueden colocar los instrumentos a calibrar en cualquier lugar del volumen de trabajo de la cámara.

Con este nuevo método disminuye el deterioro de los instrumentos de medición y patrones en comparación del sufrido por el método de sales saturadas.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio de masa que nos proporcionó los sensores de medición de humedad para realizar la caracterización de la cámara.

REFERENCIAS

- [1] Calculation formulas for humidity, Vaisala,Oyj, 2013.
- [2] S8000 Integrale Precision dewpoint meter user's manual, Michell Instruments, 2008.
- [3] Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML, 2008.