

ANÁLISIS DE LA CONVERSIÓN DE HUMEDAD RELATIVA A TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCÍO O ESCARCHA

Dávila P. Jesús, Martínez L. Enrique
 Centro Nacional de Metrología
 Carretera a Los Cués, km 4.5, El Marqués, Qro. C. P. 76246
 (442) 2110500 ext. 3395, jdavila@cenam.mx

Resumen: La humedad se puede expresar en términos de diferentes magnitudes y todas representan la misma cantidad de vapor de agua en un gas. También existen diferentes métodos para medir la humedad y se pueden clasificar como directos o indirectos. Un método directo mide la magnitud de interés (por ejemplo la temperatura de punto de rocío o escarcha por espejo enfriado), que junto con la medición de temperatura y presión es posible realizar la conversión a otras magnitudes de humedad. La medición de humedad relativa se realiza por métodos indirectos con sensores capacitivos, resistivos, cerámicos entre otros. En este trabajo se analiza la conversión de bajos valores de humedad relativa a temperatura de punto de escarcha y se realiza la estimación de la incertidumbre debida a la conversión, se discute la conveniencia y limitaciones de esta práctica.

1. INTRODUCCIÓN

La humedad es una propiedad que describe el contenido de vapor de agua presente en un gas, el cual se puede expresar en términos de varias magnitudes. Algunas de ellas se pueden medir directamente y otras se pueden calcular a partir de magnitudes medidas [1].

La selección de una magnitud de humedad depende de la aplicación. Generalmente para bajas concentraciones de humedad se expresan en términos de humedad absoluta, temperatura de punto de escarcha, partes por millón por volumen (PPMv) o partes por millón por peso (PPMw).

Algunos instrumentos han incorporado opciones para mostrar valores de otras magnitudes calculadas a partir de valores obtenidos de una magnitud dada. Para asociar un valor de incertidumbre a los valores calculados que despliegan algunos medidores de humedad, es necesario diferenciar entre el valor medido y el valor calculado y propagar la incertidumbre del primero al segundo [2].

Para bajos valores de humedad se deben considerar las limitaciones del principio de medición o incluso de las mismas definiciones de humedad.

En este trabajo se presenta un caso comúnmente usado en la práctica: la conversión de humedad relativa a temperatura de punto de rocío o escarcha. También se presenta la propagación de incertidumbre y la discusión de los resultados.

2. DEFINICIONES DE HUMEDAD

Temperatura de punto de rocío (t_d): es la temperatura a la que se condensa el vapor de agua cuando el gas se enfría a presión constante [2].

Humedad relativa (HR): cociente entre la fracción molar de vapor de agua en un espacio dado y la fracción molar del vapor de agua en su condición de saturación [2].

La humedad relativa y la temperatura de punto de rocío se relacionan por la ecuación

$$HR = \frac{e(T_d)}{e(T)} \quad (1)$$

Donde $e(T)$ es la presión de vapor de agua una temperatura (Pa) T ; T_d es la temperatura de punto de rocío (K); T es la temperatura ambiente (K).

El cálculo de $e(T)$ está descrito en [4].

3. CONVERSIÓN

La conversión de HR a T_d se obtiene de sustitución de valores de T y T_d en la ecuación 1.

Para calcular el valor de T_d a partir de HR se usa la ecuación (1) que relaciona ambas magnitudes.

Debido a que no es posible despejar el valor de T_d directamente, se requiere solucionar la ecuación $F=0$ para T_d , donde

$$F = e(T_d) - HR \cdot e(T) \quad (2)$$

4. PROPAGACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Estimación de la incertidumbre de T_f (o T_d) sobre la base de mediciones de humedad relativa y temperatura se realiza al aplicar la GUM [3] a la ecuación (2)

$$u(T_{f/d}) = \sqrt{\left(\frac{\partial T_{f/d}}{\partial HR} u_{HR}\right)^2 + \left(\frac{\partial T_{f/d}}{\partial e(T)} u_{e(T)}\right)^2} \quad (3)$$

5. RESULTADOS

Se realizó la conversión de Humedad Relativa a temperatura de punto de escarcha t_f en el intervalo 0.01 %HR a 10 % HR. En la figura 1 se muestra el resultado de la conversión y el coeficiente de sensibilidad de t_f con respecto a HR .

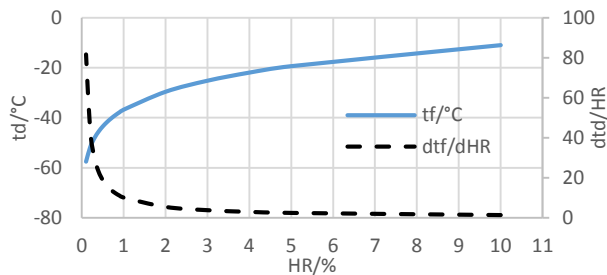


Fig. 1. Conversión de HR a t_f .

En la tabla 1 se muestran los resultados de la propagación de incertidumbre en la conversión de HR a t_f para el intervalo de 0.1 %HR a 10 %HR. Se consideró un higrómetro con incertidumbre de medida de 0.2 %HR ($k=1$). Los cálculos se realizaron para un valor de temperatura de 22 °C con incertidumbre de medida de 0.1 °C ($k=1$).

Tabla 1. Resultados de propagación de incertidumbre en la conversión de HR a t_f .

%HR	$t_f / ^\circ C$	$u_{t_f} / ^\circ C$
10	-11.01	0.20
5	-19.40	0.47
1	-36.76	2.00
0.8	-38.97	2.44
0.6	-41.74	3.17
0.4	-45.53	4.59
0.2	-51.71	8.65
0.1	-57.53	16.32

6. DISCUSIÓN

Regularmente los medidores de HR tienen especificados intervalo desde 0 %HR a 100 %HR, lo que hace suponer al usuario que con este instrumento se puede dar trazabilidad a mediciones de temperatura de punto de escarcha en el intervalo equivalente, lo cual no es posible en la práctica ya que la mayoría de los medidores de HR tienen limitaciones a valores bajos de HR . En la Figura 3 se muestra una gráfica de la conversión HR y T_f donde se observa que a bajas concentraciones de humedad existe un valor elevado de sensibilidad. Adicionalmente, a valores de HR menores a 1% la incertidumbre por conversión crece considerablemente, por lo que es impráctico realizar la conversión y en tal caso es más conveniente usar un medidor de temperatura de punto de rocío.

7. CONCLUSIONES

La conversión de humedad relativa a punto de rocío es posible de acuerdo a la definición, sin embargo el resultado se debe interpretar de manera adecuada.

De la conversión se observó que para valores menores a 5 %HR se tiene un elevado coeficiente de sensibilidad. De lo anterior se tiene un impacto en la exactitud del resultado de la conversión.

Aunado a lo antes expuesto, la medición de humedad relativa con frecuencia se usa para dar trazabilidad a mediciones de temperatura de punto de rocío, lo cual es válido en un intervalo razonable de HR , temperatura y presión.

REFERENCIAS

- [1] Martines E. "Definiciones de humedad y su equivalencia", Encuentro Nacional de Metrología Eléctrica, 2007.
- [2] Dávila J. "Propagación de incertidumbre en la conversión de algunas magnitudes de humedad", Simposio de Metrología, 2006.
- [3] ISO GUM, "Guide to expression of the uncertainty in Measurement". BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAP, IUPAC, OIML, 2008.
- [4] Hardy B. "ITS-90 Formulation for vapor pressure, frost Point temperatura, dew point temperatura, and enhancement factors in the range -100 °C to +100 °C".