



# CONCEPTOS METROLOGICOS APLICADOS A LA MEDICIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Jesús Dávila  
Lab. Humedad en Gases  
Centro Nacional de Metrología

# Contenido

- **Introducción**
- **Vocabulario de Metrología**
- **Definiciones generales**
- **Definición de contenido de humedad.**
  - **Contenido de humedad en base húmeda.**
  - **Contenido de humedad en base seca**
- **Aplicaciones**
- **Conclusiones**

# Introducción

El Vocabulario Internacional de Metrología es un conjunto de definiciones usadas en el campo de la metrología, cuyo objetivo es uniformizar los términos y evitar confusiones en la interpretación de los resultados de una medición.

Las partes que conforman el vocabulario son las siguientes:

- Magnitudes y unidades
- Mediciones
- Dispositivos de medida
- Propiedades de los dispositivos de medida
- Patrones

En esta presentación sólo se describen las definiciones que tienen mayor relevancia en el área de medición de contenido de humedad en granos.

# Metrología: Ciencia de la medición y sus aplicaciones

## Medición <sup>[1]</sup>

Proceso que consiste en obtener uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud.

## Mensurando <sup>[1]</sup>

*Magnitud particular sujeta a medición.*

### **Ejemplos**

- El contenido de humedad
- El error de una medición
- La corrección
- Entre otros

# Patrón [1]

- *Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores de una magnitud para servir de referencia.*

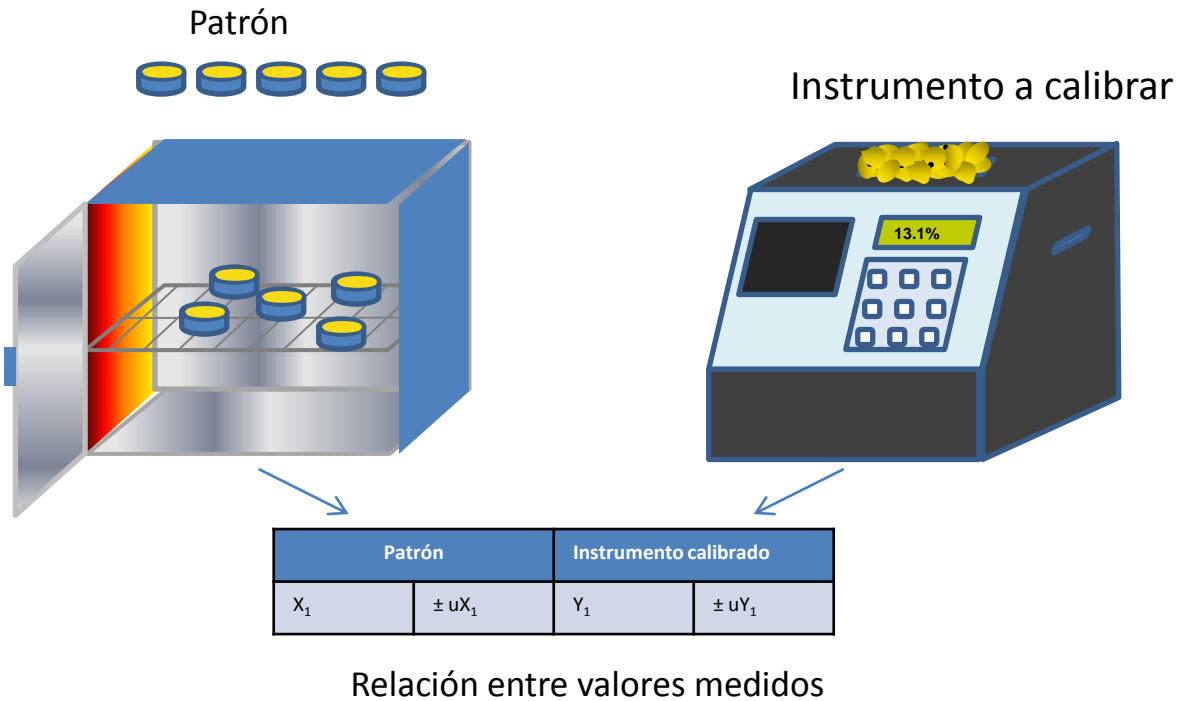
# Calibración <sup>[1]</sup>

- Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la **relación entre los valores de las magnitudes indicadas por un instrumento de medición** o un sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada o un material de referencia, **y los valores correspondientes de la magnitud realizada por los patrones.**

Patrón		Instrumento calibrado	
$X_1$	$\pm uX_1$	$Y_1$	$\pm uY_1$
$X_2$	$\pm uX_1$	$Y_2$	$\pm uY_2$

NOTA 2 — Conviene no confundir la calibración con el ajuste de un sistema de medida, a menudo llamado incorrectamente "autocalibración", ni con una verificación de la calibración.

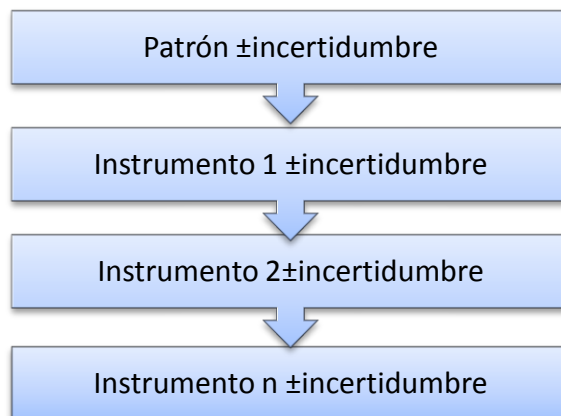
# Esquema de calibración



# Trazabilidad de las mediciones [1]

Propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida (Vocabulario Internacional de Metrología , Guía 99, 2008)

## *Cadena de trazabilidad metrológica*



La documentación incluye:

- Certificados de calibración.
- Documentación de incertidumbre obtenida.
- Procedimientos de calibración o medición.
- Resultados de comparaciones.
- Competencia técnica comprobada.
- Documentación de periodos de calibración.



# Ajuste de un sistema de medida <sup>[1]</sup>

- *Operación destinada a llevar a un instrumento de medición a un estado de funcionamiento **conveniente** para su uso.*

NOTA 1 — Diversos tipos de ajuste de un sistema de medida son: ajuste de cero, ajuste del *offset* y ajuste de la amplitud de escala (denominado también ajuste de la ganancia).

NOTA 2 — No debe confundirse el ajuste de un sistema de medida con su propia calibración, que es un requisito para el ajuste.

NOTA 3 — Después de su ajuste, generalmente un sistema de medida debe ser calibrado nuevamente.

# Diferencia entre ajuste y calibración

- Ajuste
  - **Se realiza contra un valor nominal**
  - Es una manipulación del instrumento.
  - No requiere personal calificado.
  - **No garantiza trazabilidad.**
  
- Calibración
  - Se realiza contra un instrumento patrón
  - Requiere personal calificado
  - **Se obtiene el valor de incertidumbre de la medición.**
  - **Se asegura la trazabilidad.**

# Exactitud e incertidumbre

- Exactitud de medida <sup>[1]</sup>.

*Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando.*

- Incertidumbre de medida <sup>[1]</sup>.

*Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza.*

**La exactitud es término cualitativo, mientras que la incertidumbre de medida es un valor cuantitativo.**

# Error y Verificación

- Error de medida <sup>[1]</sup>

Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.

- Verificación <sup>[1]</sup>

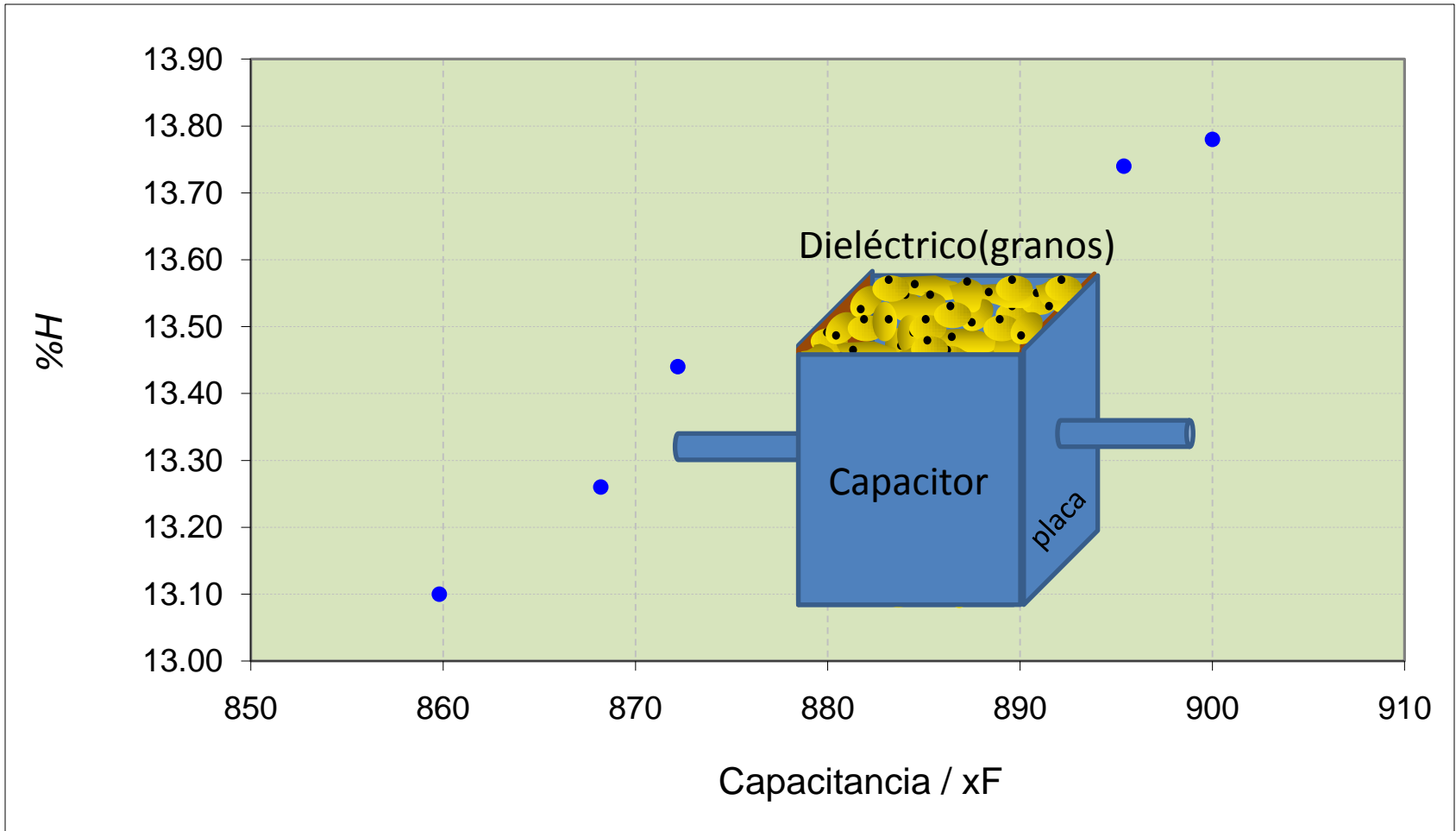
Aportación de evidencia objetiva de que un elemento satisface los requisitos especificados.

NOTA 5 — No debe confundirse la verificación con la **calibración**.

# Curva de calibración [1]

- *Expresión de la relación entre una indicación y el valor medido correspondiente.*

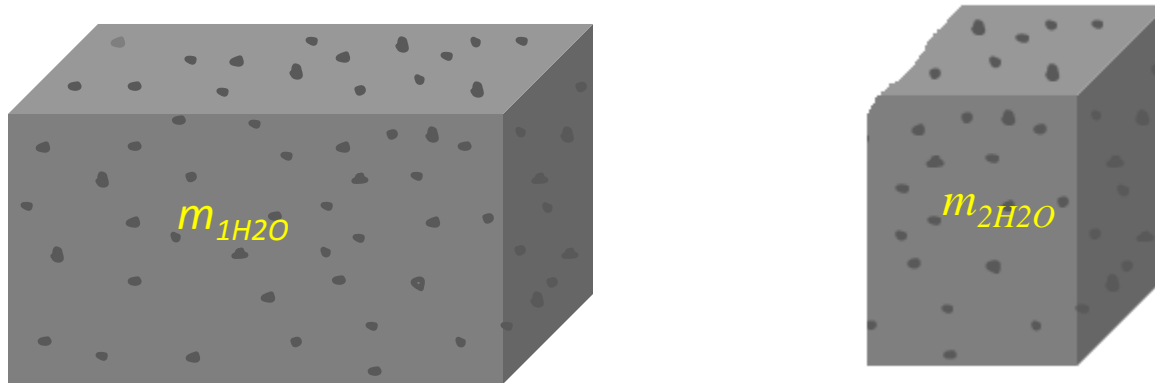
*Una curva de calibración expresa una relación biunívoca, que no proporciona un resultado de medida, ya que no contiene información alguna sobre la incertidumbre de medida.*



Las curvas de calibración se generan para cada tipo de grano.

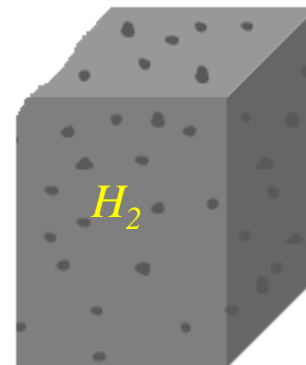
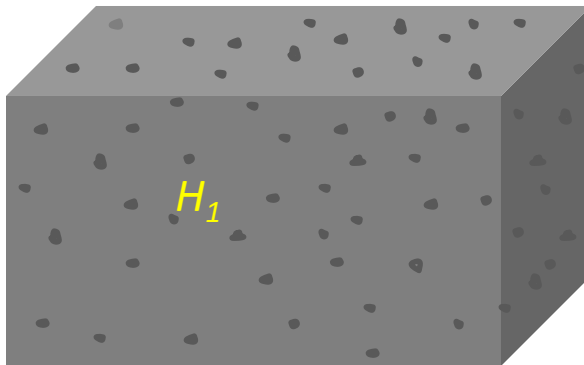
# Definición y expresiones de contenido de humedad

El contenido de humedad está relacionado con la masa de agua presente en un material.



$$m_{1H2O} > m_{2H2O}$$

Si la masa de agua se expresa por unidad de otra masa, la nueva propiedad ya no depende del “tamaño” de la muestra: contenido de humedad ( $H$ ).



$$H_1 = H_2$$



# Contenido de humedad en base seca

$$\% H_{bs} = \frac{m_h - m_s}{m_s} \bullet 100$$

$m_h$  es la masa de la muestra húmeda

$m_s$  es la masa de la muestra seca

$H_{bs}$  “compara” la masa de agua que contiene un material sólido con su masa seca. Por ejemplo un valor  $H_{bs} = 200\%$  significa que la masa de agua presente en el material es 2 veces su masa seca.

# Contenido de humedad en base húmeda

$$\% H_{bh} = \frac{m_h - m_s}{m_h} \bullet 100$$

$m_h$  es la masa de la muestra húmeda  
 $m_s$  es la masa de la muestra seca

$H_{bh}$  representa el porcentaje de masa de agua que contiene la muestra, respecto a su masa total ( $m_h$ ).  
Un valor de  $H_{bh}=50\%$  significa que la masa de agua es la mitad de la masa total del material.

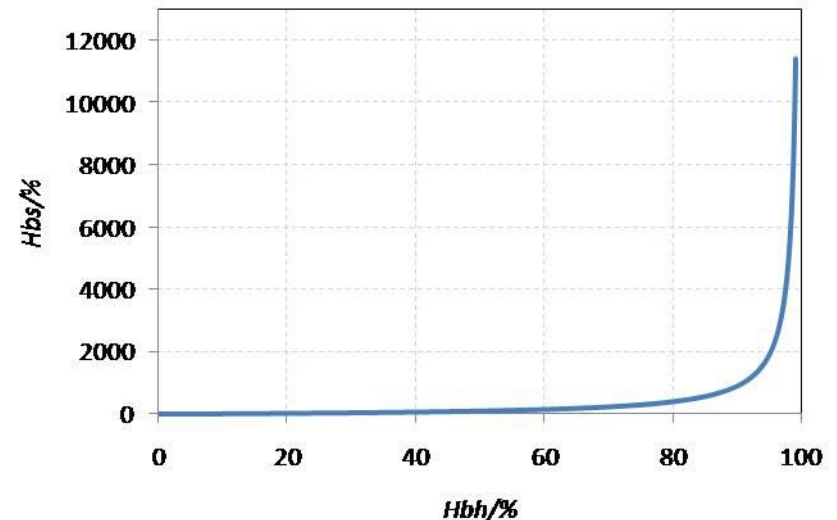
# Relaciones de equivalencia

Las relaciones de equivalencia entre  $H_{bh}$  y  $H_{bs}$  se derivan al considerar que el valor de  $m_s$  es el mismo.

$$\% H_{bh} = \frac{\% H_{bs}}{(100 + \% H_{bs})} \bullet 100$$

$$\% H_{bs} = \frac{\% H_{bh}}{(100 - \% H_{bh})} \bullet 100$$

$$\% H_{bs} = \frac{m_h}{m_s} \bullet \% H_{bh}$$



# Equivalencia para pequeñas diferencias en contenido de humedad

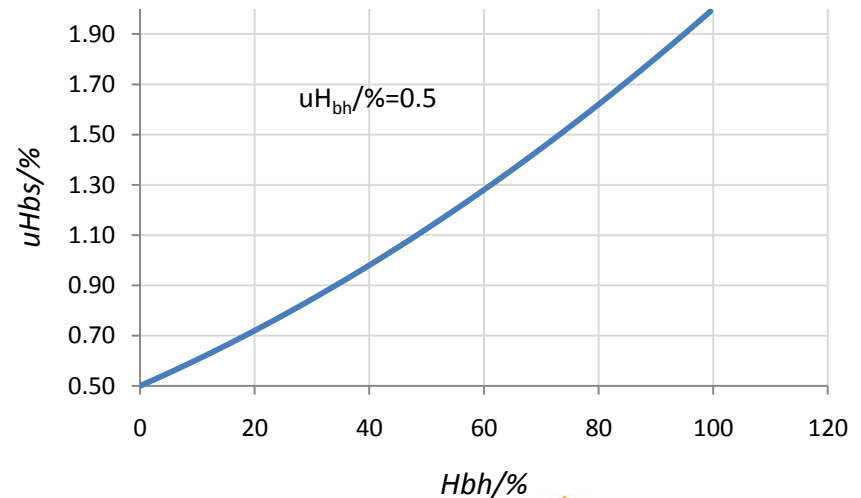
Al considerar  $\Delta H_{bh} = H_{1bh} - H_{2bh}$ , y

$$\Delta \% H_{bh} = \frac{100^2 \Delta \% H_{bs}}{[100 + \% H_{2bs}][100 + \% H_{1bs}]}$$

Con  $\Delta H_{bs} = H_{1bs} - H_{2bs}$

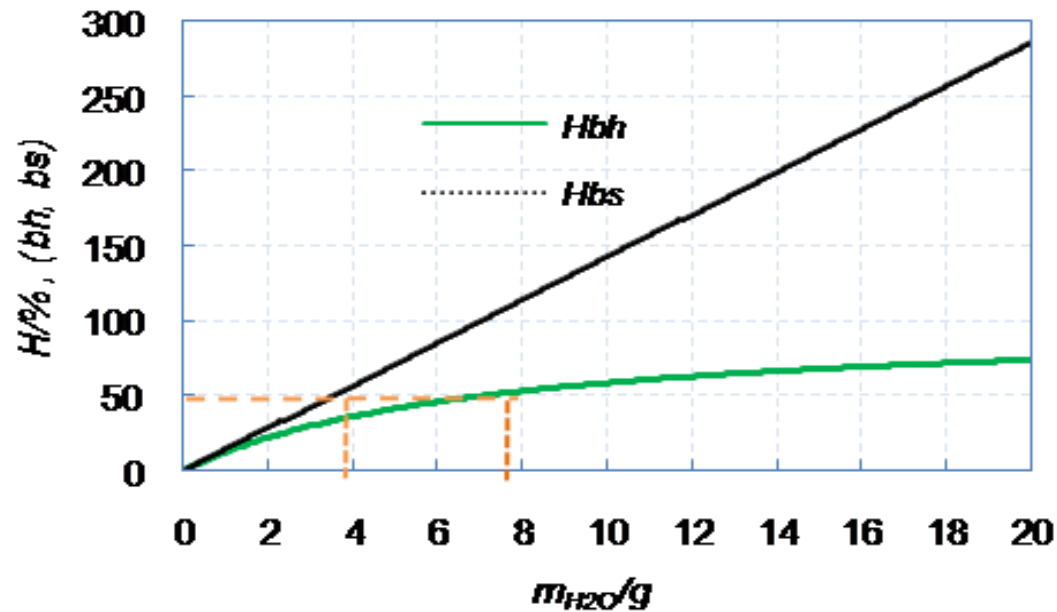
- Incertidumbre de la conversión

$$u \% H_{bh} = \left\{ \frac{100}{100 + \% H_{bs}} \right\}^2 u \% H_{bs}$$



# Comparación de $H_{bs}$ y $H_{bh}$

Considere dos materiales de igual masa ( $m_h$ ), uno de los cuales tiene un valor  $H_{bh}$  (base húmeda) y el otro un valor  $H_{bs}$  (en base seca), si se cumple que  $H_{bh} = H_{bs}$ , ¿Cuál es la relación que guardan sus masas de agua?



$$\Delta_{\max} = \frac{1}{2} m_h$$

Para valores de contenido de humedad pequeño, no importa la base en la que se expresa el contenido de humedad.



La mayoría de los instrumentos comerciales que miden el contenido de humedad en materiales sólidos, no indican la base de masa en la que expresan los valores.

**Por convención para granos la humedad se expresa en base húmeda.**



## $H_{bh}$

- Compara la masa de agua con la masa total del material.
- Provee una escala acotada .
- $H_{bh} \leq H_{bs}$
- Es adecuada para el desarrollo de instrumentos de medición y para calibración.

## $H_{bs}$

- Compara la masa de agua con la masa seca del material.
- Provee una escala no acotada pero lineal.
- Es adecuada para propósitos de investigación.

# Aplicaciones

En diversas aplicaciones se requiere conocer:

- La masa de agua “ganada” o “perdida” debido a un cambio de humedad, o
- El contenido de humedad cuando el material “ganó” o “perdió” agua.

Las ecuaciones que permiten realizar estos cálculos son:

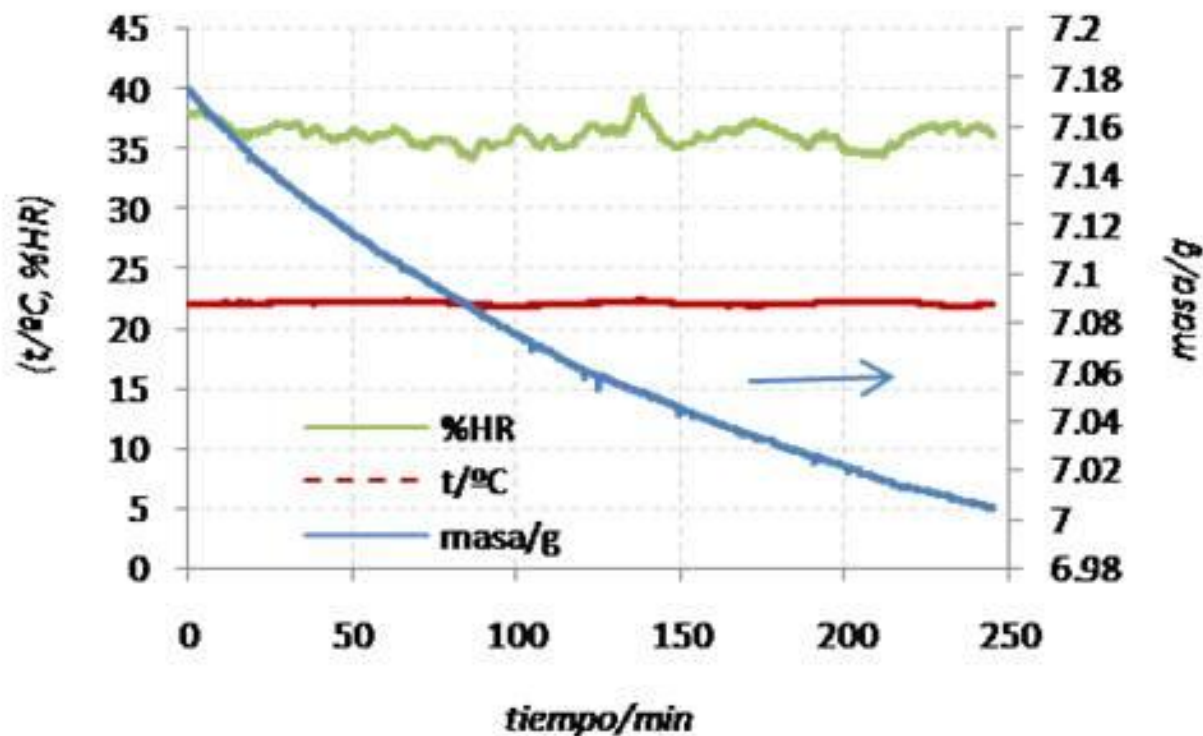
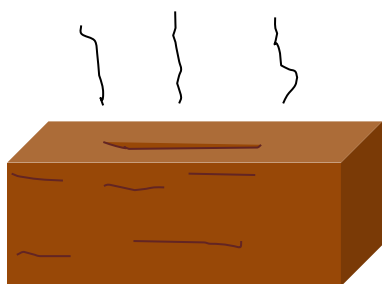
$$\Delta_{H_2O} = m_h \frac{(\% H_f - \% H_i)}{(100 - \% H_f)}$$

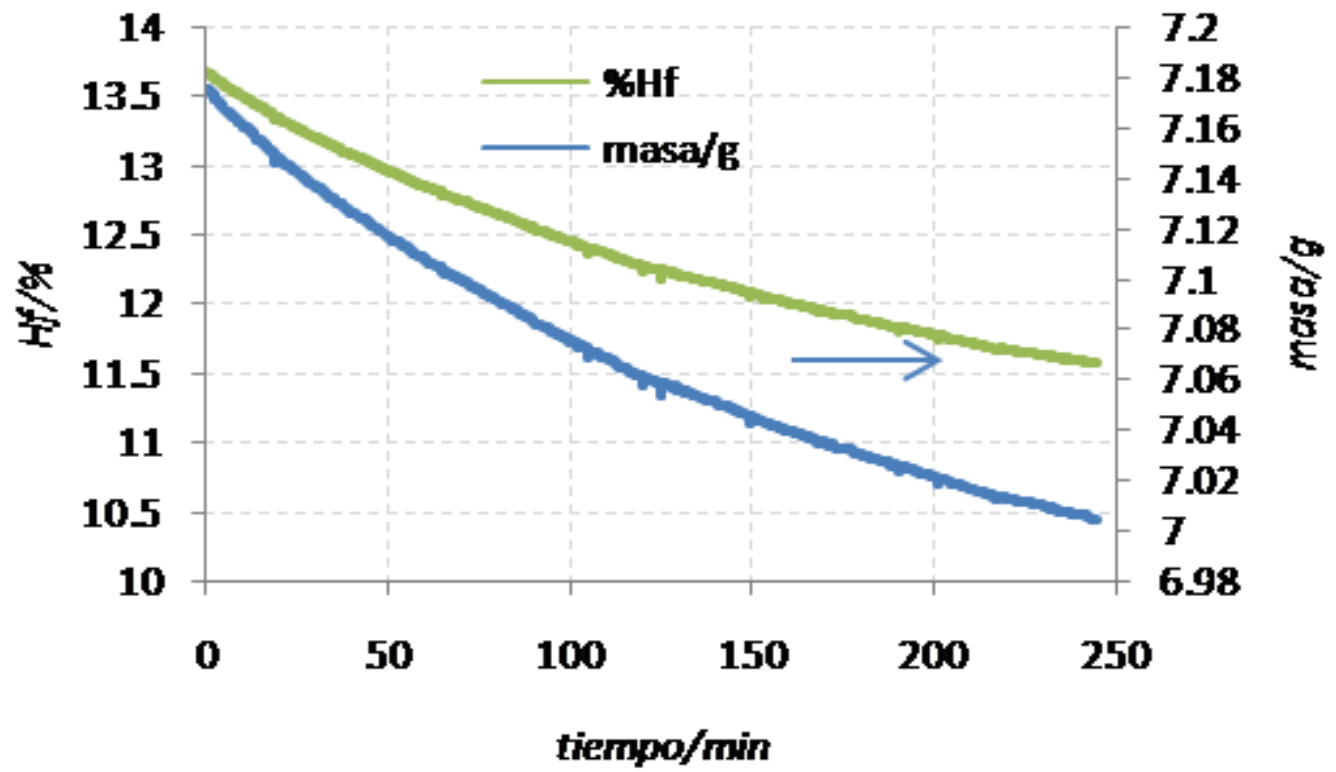
$$\% H_f = \frac{m_h \% H_i + 100 \Delta_{H_2O}}{(m_h + \Delta_{H_2O})}$$

Aplica en el transporte de granos



# Secado de una muestra en una “atmósfera” de baja humedad relativa





$H_f$  está dada en base húmeda

# Conclusiones

- El valor del contenido de humedad es inequívoco cuando se especifica la base de la masa usada.
- $H_{bh}$  permite obtener una escala acotada en el intervalo de 0 % a 100 %. Se usa en el intercambio comercial, desarrollo de instrumentos, calibración, etcétera.
- Para medidores de granos de manera convencional se usa el término de contenido de humedad en base húmeda.
- $H_{bs}$  permite generar una escala lineal y tiene mayor utilidad en investigación u otras áreas.
- Las relaciones obtenidas de contenido de humedad tienen amplia aplicación en el manejo de granos (cosecha, transporte, almacenamiento etc.).

- Existen otras aplicaciones tanto industriales como metrológicas donde es importante el uso de las expresiones del contenido de humedad, en particular en procesos de humectación o secado.

# Referencias

- [1] Vocabulario Internacional de Metrología  
Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM).

<http://www.cenam.mx/paginas/vim.aspx>