

Correcciones de Medición de Volumen por Método Gravimétrico

En esta edición de La Guía MetAs se describen las correcciones de medición de volumen por el método gravimétrico mediante la indicación directa de un instrumento para pesar para determinar el volumen de un recipiente volumétrico. El método gravimétrico es reconocido como el método primario para la determinación de volumen en recipientes volumétricos. Por ejemplo recipientes metálicos patrones (especialmente para la clase I), recipientes de vidrio patrones de clase A, y micropipetas por debajo de 0,1 mL, etc. Existen otros métodos para la determinación del valor de masa del agua como el método de sustitución doble y simple.



El método de comparación directa y el método de cálculo geométrico son junto con el método gravimétrico, la manera por la cual puede obtenerse la medición de volumen de un recipiente volumétrico.

Método gravimétrico

El método gravimétrico consiste en determinar el valor de masa del líquido que puede contener o entregar a una marca (de aforo o medida volumétrica) o punto de referencia específico de un recipiente volumétrico. Comúnmente el agua es usada como el medio de transferencia.

Somos su Relevo a la Calidad

La Guía MetAs, es el boletín periódico de MetAs & Metrologos Asociados.

En *La Guía MetAs* se presentan noticias de la metrología, artículos e información técnica seleccionada por los colaboradores de MetAs & Metrologos Asociados, que deseamos compartir con nuestros colegas, usuarios, clientes, amigos y con todos aquellos relacionados con la metrología técnica e industrial.

Calle: Jalisco # 313. Colonia: Centro
49 000, Cd. Guzmán, Zapotlán El Grande, Jalisco, México
Teléfono & Fax: 01 (341) 4 13 61 23 & 4 14 69 12 con tres líneas
E-mail: laguiametas@metas.com.mx. Web: www.metas.com.mx

Servicios Metroológicos:

Laboratorio de Calibración:

Presión, Alto Vacío, Temperatura, Humedad, Eléctrica, Vibraciones, Masa, Densidad y Volumen

Ingeniería:

Selección de Equipos, Desarrollo de Sistemas de Medición y Software, Reparación y Mantenimiento

Gestión Metroológica:

Subcontratación de Servicios, Outsourcing, Selección de Proveedores, Confirmación Metroológica

Consultoría:

Capacitación, Entrenamiento, Asesoría, Auditorías, Ensayos de Aptitud, Sistemas de Calidad

Las mediciones de peso de la masa se realizan mediante indicación directa utilizando un instrumento para pesar. Para lo cual se pesa la masa del recipiente vacío (M_1) y después del recipiente lleno con agua destilada hasta la marca (de aforo o medida volumétrica) o punto de referencia específico (M_2); la diferencia de indicación de peso de la masa del agua en el instrumento para pesar de la masa de ambas mediciones es:

$$m_w = M_2 - M_1$$

Ecuación de corrección del método gravimétrico

Considerando correcciones por la indicación del instrumento para pesar, el empuje del aire y las correcciones por diferencia de temperatura respecto a la temperatura de referencia de 20 °C y la temperatura del recipiente durante las mediciones, para la corrección por dilatación térmica de los materiales (acero, vidrio o plástico), El volumen real de un recipiente volumétrico a verificar a la temperatura de referencia (20 °C) en mL o cm³ es:

$$V_{R20} = (M_2 - M_1) \cdot \left(\frac{1}{\rho_{agua} - \rho_a} \right) \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_m} \right) \cdot [1 - \alpha_c \cdot (t_{recipiente} - t_R)]$$

Donde:

- $M_2 - M_1$ diferencia de indicación de peso de la masa agua contenida o entregada por un recipiente volumétrico en g,
- M_2 indicación del peso de la masa del recipiente lleno con el agua en g,
- M_1 indicación del peso de la masa del recipiente vacío en g,
- ρ_{agua} densidad agua a la temperatura de la calibración en g/cm³,
- ρ_a densidad del aire en las condiciones ambientales de la medición en g/cm³,
- ρ_m densidad de las pesas en g/cm³, (valor convencional para pesas de acero inoxidable: 8 000 kg/m³ = 8 g/cm³),
- α_c coeficiente cúbico de expansión térmica del recipiente volumétrico en °C⁻¹,
- $t_{recipiente}$ temperatura del recipiente volumétrico durante la medición en °C, usualmente por simplicidad se asigna la temperatura del agua,
- t_R temperatura de referencia del recipiente volumétrico, 20 °C.

Factor de corrección por la indicación del instrumento para pesar y del efecto del empuje del aire

La indicación de un instrumento para pesar es ajustada en unidades de masa, debido a que el instrumento para pesar es ajustado a la densidad de aire normalizada de 1,2 kg/m³ por convención y a una densidad de convencional de las pesas de 8 000 kg/m³, el cual también ha sido fijado por convención. Para instrumentos para pesar fabricadas antes de 1975, la densidad de referencia de las pesas de 8 400 kg/m³ fue usada



El método gravimétrico es un método primario para la medición de volumen

también. Debido a esto los instrumentos para pesar indican la masa convencional de la masa, en lugar del valor de masa de un objeto. Para la determinación del volumen real es necesario el valor de masa del objeto.

El valor de masa (m_{objeto}) de un objeto a partir del peso indicado en el instrumento para pesar m_w , se determina mediante la ecuación:

$$m_{objeto} = m_w \frac{1 - \rho_o / \rho_m}{1 - \rho_a / \rho_{objeto}} \cdot \frac{1 - \rho_{aJ} / \rho_J}{1 - \rho_o / \rho_J}$$

Donde:

m_{objeto} masa del objeto en kg,

m_w indicación del instrumento para pesar en kg,

ρ_{objeto} densidad del objeto artefacto en kg/m^3 ,

ρ_o densidad del aire de normalizada $1,2 \text{ kg/m}^3$,

ρ_a densidad del aire durante la medición,

ρ_m densidad convencional de las pesas $8\,000 \text{ kg/m}^3$,

ρ_J densidad de las pesas en el ajuste del instrumento para pesar “auto calibración” kg/m^3 ,

ρ_{aJ} densidad del aire durante en el ajuste “auto calibración” kg/m^3 .

En la mayoría de los casos, $\rho_J = \rho_m$ puede ser cuando la densidad de la pesa de ajuste es muy cercana a la densidad convencional de las pesas de $8\,000 \text{ kg/m}^3$, y $\rho_{aJ} = \rho_a$ puede ser cuando el ajuste del instrumento para pesar se realiza antes de las mediciones. Así que la siguiente aproximación es válida a menudo.

$$m_{objeto} = m_w \cdot \frac{1 - \rho_a / \rho_m}{1 - \rho_a / \rho_{objeto}}$$

Conversión del valor de masa del agua calculada al volumen a la temperatura de medición

El volumen contenido en un recipiente volumétrico a la temperatura de medición es calculado a partir de la relación entre la masa del agua (objeto) y la densidad de la misma a la temperatura de medición:

$$V_{agua} = \frac{m_{agua}}{\rho_{agua}} = \frac{1}{\rho_{agua}} \cdot m_w \cdot \frac{1 - \rho_a / \rho_m}{1 - \rho_a / \rho_{agua}} = (M_2 - M_1) \cdot \left(\frac{1}{\rho_{agua} - \rho_a} \right) \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_m} \right)$$

Para la determinación del volumen real es necesario el valor de masa del objeto.

Factor de corrección por temperatura, relación de la expansión térmica del recipiente con la temperatura de trabajo y la temperatura de referencia (20 °C)

Cuando la temperatura de medición del recipiente es diferente a la referencia de su escala, hay que introducir una corrección por temperatura para tener en cuenta la variación producida en su volumen. Para determinar el volumen real de un recipiente volumétrico a la temperatura de referencia 20 °C se obtiene con la expresión:

$$1 - \alpha_c \cdot (t_{\text{recipiente}} - t_R)$$

Coefficiente cúbico de expansión térmica del recipiente

El coeficiente cúbico de expansión térmica se obtiene de la literatura de acuerdo con el tipo de material del cual están construidos los equipos volumétricos. Se muestran algunos coeficientes cúbicos de expansión térmica para diferentes materiales.

Material	Coefficientes Cúbicos de expansión térmica α_c
Vidrio Borosilicato Duran, Pyrex	$9,9 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
Vidrio semi-borosilicato	$14,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
Vidrio AR-Glas	$27 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
PP (polipropileno)	$450 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
PMP (polimetilpenteno)	$351 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
Plásticos	$300 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C a}$ $600 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$

Temperatura de
referencia de
volumen

20 °C

Densidad del agua y del aire

La densidad del agua es obtenida en una forma simple por la fórmula por Jones y Harris, la cual en el alcance de temperatura de 5 °C a 40 °C, es una muy buena aproximación de la fórmula de Kell. La densidad del aire puede ser calculada usando la fórmula del CIPM (1981/91) (derivada de Giacomo y modificada por Davis) o una aproximación de la fórmula.

REFERENCIAS

- (2002) Leitfaden für die Volumenbestimmung bei Referenzmessprozeduren in medizinischen Referenzlaboratorien, Teil 1: Kalibrierflüssigkeit Wasser, PTB-Mitteilungen 112, No. 2, pp.139-149.
- Giacomo, P. (1982). Equation for the determination of the density of moist air. Metrologia 18; 33-40.
- Davis R.S. (1981/1991). Equation for the determination of the density of moist air. Metrologia 29; 67-70.
- Kell G. S. (1975) Density, Thermal Expansivity, and Compressibility of Liquid Water from 0 °C to 150 °C: Correlations and Tables for Atmospheric Pressure and Saturation Reviewed and Expressed on 1968 Temperature Scale. J. Chem. Eng. Data, 20, 97-105.
- Jones F.E., Harris G. L. (1992). ITS-90 Density of Water Formulation for Volumetric Standards Calibration, Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, Volume 97, Number 3, 335-340.
- Bettin H., Spieweck F. (1990). Die Dichte des Wassers als Funktion der Temperatur nach Einführung der Internationalen Temperaturskala von 1990, PTB-Mitteilungen 100, No. 3, p. 195.
- Jones F. E., Schoonover R. M. (2002). Handbook of Mass Measurement. CRC Press.
- Kochsiek Manfred, Gläser Michael. (2000). Comprehensive Mass Metrology. Wiley-VCH.
- Soriano, B (2006). Curso: Metrología de Masa, Densidad y Volumen. MetAs & Metrólogos Asociados. Cd. Guzmán, Jalisco, México.