

Correcciones para Balanzas de Pesos Muertos

Por: Ing. Noel Gutiérrez Bautista

La balanza de presión, mejor conocida como balanza de pesos muertos, es con seguridad el patrón de referencia más ampliamente utilizado en la magnitud de presión, basa su principio de funcionamiento en método primario, dada su confiabilidad y estabilidad es utilizada para la calibración de manómetros patrón y de otras balanzas de pesos muertos, mediante el método de flotación cruzada. Frecuentemente los usuarios de balanzas de presión solicitan información acerca de cómo utilizarlas y sobre todo cómo aplicar sus correcciones. Estas correcciones pueden ser realizadas por usted, tomando como referencia esta Guía junto con los datos y resultados que se dan en el *Informe de Calibración* de su balanza de pesos muertos. La ecuación de corrección mostrada, se utiliza en balanzas de presión de tipo pesos muertos, neumáticas e hidráulicas de tipo industrial en la que las pesas están graduadas en unidad de presión, donde:

$$P = \sum P_n \cdot \frac{g_l}{g_o} \cdot \frac{1 - \rho_a / \rho_m}{1 - \rho_{an} / \rho_m} \cdot \frac{1}{1 + \alpha_{pc} \cdot (t_{pc} - t_r)}$$

- P = presión corregida a condiciones locales
- P_n = presión del conjunto de pesas a condiciones normalizadas
- g_l = aceleración local de la gravedad, en m/s²
- g_o = aceleración normalizada de la gravedad = 9,806 65 m/s²
- ρ_a = densidad del aire a condiciones locales, en kg/m³
- ρ_{an} = densidad normalizada del aire = 1,2 kg/m³
- ρ_m = densidad de las pesas, en kg/m³

Somos su Relevo a la Calidad

La Guía MetAs, es el boletín periódico del laboratorio de metrología MetAs, S.A. de C.V.

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

Calle: Jalisco # 313. Colonia: Centro
 49 000. Cd. Guzmán, Jalisco, México
 Teléfono & Fax: 01 (341) 4 13 61 23 & 4 13 16 91
 E-mail: metas@metas.com.mx. Web: www.metas.com.mx

Laboratorio de Metrología:

Presión
Alto Vacío
Temperatura
Humedad
Eléctrica
Instrumentación Industrial
Entrenamiento & Consultoría

Aceleración de la gravedad

- α_{pc} = coeficiente de expansión térmica del pistón-cilindro, en $^{\circ}\text{C}^{-1}$
 t_{pc} = temperatura del pistón-cilindro, en $^{\circ}\text{C}$
 t_r = temperatura de referencia del pistón-cilindro, en $^{\circ}\text{C}$

Las correcciones indicadas deben aplicarse a balanzas de presión con clase de exactitud de hasta el $\pm 0,02\%$ L, balanzas mejores a $\pm 0,02\%$ L requieren de correcciones adicionales, como: la deformación elástica y tensión superficial. La presión corregida es válida a la altura correspondiente al nivel de flotación del pistón (base del pistón cuando esta girando en equilibrio), por lo que de requerirse conocer la presión a una altura diferente debe corregirse por columna de fluido ($\Delta P = \rho_{\text{fluido}} \cdot g_l \cdot \Delta h$).

Corrección por presión a condiciones normalizadas

En el informe de calibración de una balanza de presión se indica como resultado de la calibración, el valor de presión a condiciones normalizadas P_n del conjunto pistón-portamasas y de cada una de sus pesas. La presión en equilibrio medida con la balanza es la sumatoria de la presión normalizada del pistón-portamasas mas el de las pesas seleccionadas. Debemos evitar usar los valores nominales como: 5; 20; 100; etc. si no que el valor normalizado: 4,998; 20,002; 99,997; etc. Las diferencias entre el valor nominal y el normalizado alcanza el mismo orden que la clase de exactitud de la balanza.

Corrección por aceleración local de la gravedad

La influencia de la aceleración de la gravedad local g_l , es la más significativa ya que contribuye hasta con el 0,3 %L de la corrección, la aceleración local de la gravedad se puede calcular de acuerdo con lo indicado en *La Guía MetAs* del mes de mayo del 2002. En el cuadro 1 se muestra el valor calculado de la aceleración de la gravedad para algunas ciudades de México.

Localidad Ciudad, Estado	Altitud m s.n.m.	Latitud ° ' "	Aceleración de la gravedad g_l en m/s^2
Toluca, Méx.	2 680	19 ° 14 ' 53 "	9,777 7
México, D.F.	2 230	19 ° 26 ' 35 "	9,779 2
Querétaro, Qro.	1 820	20 ° 35 ' 15 "	9,781 1
Cd. Guzmán, Jal.	1 520	19 ° 42 ' 10 "	9,781 5
Guadalajara, Jal.	1 550	20 ° 40 ' 35 "	9,782 0
Villahermosa, Tab.	20	17 ° 59 ' 26 "	9,785 2
Lázaro Cárdenas, Mich.	10	17 ° 57 ' 21 "	9,785 2
Manzanillo, Col.	5	19 ° 03 ' 06 "	9,785 8
Veracruz, Ver.	10	19 ° 10 ' 27 "	9,785 9
Monterrey, N.L.	530	25 ° 40 ' 16 "	9,788 4
Cd. Juárez, Chih.	1 120	31 ° 44 ' 06 "	9,791 2
Mexicali, B.C.	3	32 ° 39 ' 48 "	9,795 4

Cuadro 1. Aceleración de la gravedad, $U_{gl} = 0,01\%$ L

Corrección por empuje del aire

Principio de Arquímedes

Presión Atmosférica hPa	Humedad relativa 25 %HR			Humedad relativa 50 %HR			Humedad relativa 75 %HR		
	Temperatura ambiente			Temperatura ambiente			Temperatura ambiente		
	20 °C	23 °C	30 °C	20 °C	23 °C	30 °C	20 °C	23 °C	30 °C
700	0,829	0,820	0,800	0,827	0,817	0,795	0,824	0,814	0,790
800	0,948	0,938	0,915	0,945	0,935	0,910	0,943	0,931	0,905
900	1,067	1,056	1,030	1,064	1,052	1,025	1,062	1,049	1,020
1 000	1,186	1,173	1,145	1,183	1,170	1,140	1,181	1,167	1,135

Cuadro 2. Densidad del aire ρ_a en kg/m³

La corrección por empuje del aire se basa en el principio de Arquímedes, si, el físico y matemático griego que cuando descubrió este principio, y a la vez que al rey le habían cambiado su corona de oro por plata, salió corriendo desnudo de la tina del baño exclamando “¡Eureka!” (¡lo he hallado!).

La fuerza debida al empuje del aire depende de la densidad del aire a condiciones locales y de la densidad de las pesas que flotan en él, esta corrección puede ser del orden del 0,015 %L, la densidad del aire se calcula en función de: la presión atmosférica, temperatura ambiente y humedad relativa local. En el cuadro 2 se muestran una relación de resultados del cálculo de densidad del aire a diferentes condiciones ambientales.

La densidad normalizada del aire es igual a 1,2 kg/m³.

La incertidumbre en la densidad del aire es del orden del $\pm 0,1$ %L para las incertidumbres de las condiciones ambientales mostradas en el cuadro 3.

Condición ambiental		U $k = 2$
Presión atmosférica	hPa	± 1
Temperatura ambiente	°C	$\pm 0,5$
Humedad relativa	%HR	± 2
Densidad del aire ρ_a	kg/m ³	$\pm 0,001$

Cuadro 3. Incertidumbre de la densidad del aire

Material de las pesas	Densidad ρ_m kg/m ³
Aluminio	2 710
Kirksite (aleación Zinc)	6 700
Acero inoxidable	7 895
Bronce	8 390

Cuadro 4. Densidad de las pesas

El juego de pesas cilíndricas, se fabrican comúnmente en los materiales indicados en el cuadro 4, junto con su valor típico de densidad.

Expansión térmica

Corrección por expansión térmica del ensamble pistón-cilindro

El área del ensamble pistón-cilindro (esfera-tobera en balanzas neumáticas de bola) se incrementa con el aumento de la temperatura, el coeficiente de expansión térmica del pistón-cilindro es resultado de la suma del coeficiente de expansión térmica del material del pistón mas el coeficiente de expansión térmica del material del cilindro, en el cuadro 5 se muestran las combinaciones de materiales mas comunes en ensambles pistón-cilindro.

Material		α_{pe} ppm/°C
Pistón	Cilindro	
Cerámica	Acero	16,7
Acero Inox.	Acero	24,3
Acero	Acero	28,0
Acero Inox.	Bronce	29,4
Acero	Bronce	32,0

Cuadro 5. Coeficiente de expansión térmica del ensamble pistón-cilindro

Esta corrección puede ser hasta del 0,01 %L para una diferencia de temperatura de 3 °C.

Sistema de referencia	Temperatura t_r °C
Internacional Europeo	20
Inglés Americano	23

Cuadro 6. Temperatura de referencia

La temperatura de referencia para la cual se especifica el área del ensamble pistón-cilindro, esta en función del origen de la tecnología utilizada para el desarrollo de la balanza, esta temperatura de referencia se muestra en el cuadro 6.

Referencias

- Aranda, Víctor. (1999). Curso. Metrología de presión. MetAs, metrologos asociados. México.
- ASME PTC 19.2. (1964). Suplemento. Instruments and apparatus. Part 2 pressure measurements. ASME, American Society of Mechanical Engineers.
- EAL-G26. (1997). Norma europea. Calibration of pressure balances. 1a edición, julio 1997. EAL, European cooperation for Accreditation of Laboratories.
- NMX-CH-58. (1994). Norma mexicana. Instrumentos de medición - manómetros con elemento elástico - método de calibración con balanza de pesos muertos. SCFI, Secretaría de comercio y fomento industrial. DGN, Dirección General de Normas.
- NOM-Z-60. (1985). Norma oficial mexicana. Mediciones de presión-terminología. SCFI, Secretaría de comercio y fomento industrial. DGN, Dirección General de Normas.
- OIML R 110. (1994). Recomendación internacional. Pressure balances. OIML, Organisation Internationale de Métrologie Légale.
- Reader's Digest. (1981). Gran diccionario enciclopédico ilustrado. Seleccion del Reader's Digest México.