

ENSAYO DE APTITUD EN PRESIÓN NEUMÁTICA, DE 0.7 MPa A 7 MPa

Jorge C. Torres Guzmán, Pablo Olvera Arana
Centro Nacional de Metrología (CENAM), México.
km 4.5 Carretera a Los Cués Municipio El Marques, Querétaro
Teléfono +52 (442) 211 0572, fax +52 (442) 211 0578, jtorres@cenam.mx

Resumen: Se presentan los resultados del ensayo de aptitud para la calibración de una balanza de presión neumática tipo industrial con intervalo de medición de 7 MPa. En este ensayo de aptitud participaron 9 laboratorios secundarios de calibración acreditados. De los laboratorios participantes cinco obtuvieron valores absolutos iguales o menores a 1 del error normalizado.

1. INTRODUCCIÓN

Los ensayos de aptitud entre laboratorios acreditados son utilizados para demostrar el desempeño y la confiabilidad de los laboratorios en la realización de mediciones o servicios de calibración acreditados de acuerdo a la mejor capacidad de medición declarada por cada laboratorio [1].

La entidad mexicana de acreditación, a. c. para atender las necesidades de ensayos de aptitud del Subcomité de Evaluación de temperatura, presión y humedad, organizó el ensayo de aptitud en la magnitud de presión relativa hidráulica, de 0.7 MPa a 7 MPa. Este ensayo de aptitud fue coordinado y piloteado por el CENAM en su carácter de laboratorio de referencia del Sistema Nacional de Calibración (SNC).

El ensayo de Aptitud se realizó de agosto a diciembre del 2009, participaron un total de 9 laboratorios, se llevó a cabo en una ronda de mediciones.

2. OBJETIVO

El ensayo de aptitud tiene el objetivo de evaluar el desempeño y la confiabilidad de los laboratorios en la realización de mediciones o servicios de calibración acreditados relacionando el nivel de concordancia en las mediciones que realizan los laboratorios respecto a la referencia de CENAM por medio del error normalizado [2].

3. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO DE APTITUD

Los laboratorios participantes aceptados son laboratorios mexicanos acreditados o en proceso de acreditación con sistemas de medición que permiten la calibración de balanzas de presión tipo industrial donde el mensurando es la determinación del error de la balanza y que al menos pudieran medir el 80% de las presiones de calibración, desde 0.7 MPa hasta 7 MPa [3, 4].

Patrón de transferencia, (PT)

Balanza de presión tipo industrial, marca Ametek, modelo TQD-70000N, número de serie: 100187, ensamble pistón – cilindro con número de serie 43243, con intervalo de medición de 7 MPa.

Se calibró el PT de acuerdo al documento “Protocolo para el ensayo de aptitud en presión hidráulica, de 0.7 MPa a 7 MPa. Calibración de balanza de presión industrial. CENAM-EA-720-P-13/2009”.

Principales puntos a considerar en el método de medición:

- Se seleccionaron las siguientes 5 presiones del intervalo de medición: 0.7 MPa; 2.1 MPa; 3.5 MPa; 4.9 MPa y 7 MPa.
- Se realizaron cuatro mediciones de cada presión por medio de cuatro series, dos en sentido ascendente y dos en sentido descendente.
- Se realizó 1 ronda de comparación.
- Se usó aceite como fluido manométrico.

Los resultados de cada laboratorio (error e incertidumbre expandida) se compararon con los valores de referencia (establecidos por el CENAM) por medio del error normalizado. Se determinó el error y la incertidumbre establecidos por el CENAM mediante el cálculo del error promedio en las 2 calibraciones realizadas y la incertidumbre como la más grande obtenida por el CENAM para cada

presión. El criterio para evaluar a los laboratorios se hizo acorde a lo indicado en la NMX-EC-043-1-IMNC-2005. Donde los valores absolutos de error normalizado menores o iguales a 1 indican resultados satisfactorios del laboratorio participante.

El error normalizado se determinó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_N = \frac{E_L - E_R}{\sqrt{U_L^2 + U_R^2}} \quad (1)$$

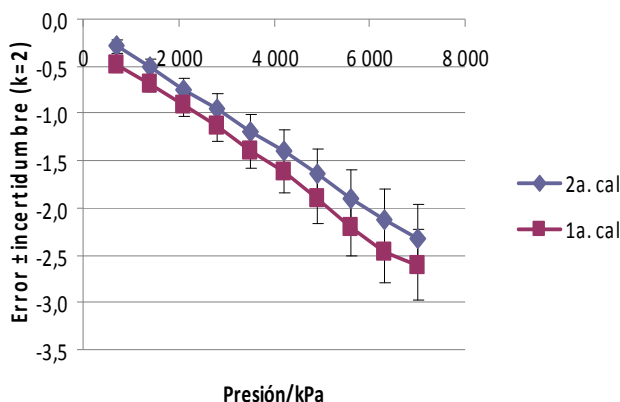
Donde:

- E_N Error normalizado, ($k = 2$).
- E_L Error del laboratorio.
- E_R Error de referencia. Promedio de los errores de las 2 calibraciones del CENAM.
- U_L Incertidumbre expandida, ($k = 2$), del laboratorio.
- U_R Incertidumbre de referencia. Incertidumbre más grande de las calibraciones realizadas por el CENAM.

Comportamiento del patrón de transferencia

El patrón de transferencia, (PT) tuvo un desempeño adecuado durante la ronda de mediciones.

La gráfica 1 muestra el comportamiento del patrón de transferencia, de acuerdo a las dos calibraciones realizadas por el CENAM. Se observa un corrimiento en el error del PT, posiblemente relacionado con algunas características que se degradaron tales como la velocidad de caída del pistón y el tiempo de giro libre.



Gráfica 1. Comportamiento del patrón de transferencia, con las 2 calibraciones realizadas por el CENAM.

4. LABORATORIOS PARTICIPANTES

En este ensayo de aptitud participaron 9 laboratorios secundarios de calibración. La tabla 1 presenta la razón social de los laboratorios participantes sin ningún orden en particular.

Razón social
Caltechnix de México, S. A. de C. V.
Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial, CIDESI
CIATEQ, A. C.
Comisión Federal de Electricidad, Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales, LAPEM
José Luz Martínez Lara
Simca Grupo Industrial, S. A. de C. V.
Calibraciones Profesionales e Ingeniería, S. A. de C. V.
Metrotecnica, S. A. de C. V.
Metrólogos Asociados, S. A. de C. V.

Tabla 1. Laboratorios participantes.

5. RESULTADOS

Los resultados de la calibración realizada por cada laboratorio participante se compararon con los valores de referencia establecidos por el CENAM.

La tabla 2 presenta las diferencias de cada laboratorio respecto al valor de referencia para el caso del error asignado al patrón de transferencia. El valor de referencia del error se determinó mediante el cálculo del error promedio de las 2 calibraciones realizadas por el CENAM.

En las tablas de resultados la asignación de claves a los laboratorios no corresponde a ningún orden y no coincide con el orden de la tabla 1.

Presión/MPa	0.7	2.1	3.5	4.9	7
Laboratorio	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
L-1	-0.92	-2.16	-1.70	-2.23	-1.04
L-2	0.64	0.99	1.29	1.85	2.56
L-3	-0.22	-0.36	-0.19	0.11	0.57
L-4	0.30	0.30	0.35	0.71	1.29
L-5	-0.04	-0.48	-0.74	-0.91	-1.50
L-6	-0.05	-0.09	-0.18	-0.24	0.06
L-7	-0.27	-0.49	-0.94	-1.31	-1.90
L-8	-0.02	0.04	0.10	0.17	0.36
L-9	0.22	0.23	0.26	0.41	0.76

Tabla 2. Diferencias de cada laboratorio participante del error asignado al PT con respecto a CENAM.

La tabla 3 presenta las incertidumbres expandidas ($k = 2$) asignadas por cada laboratorio participante al PT para cada presión de medición.

Presión/MPa	0.7	2.1	3.5	4.9	7
Laboratorio	U/kPa	U/kPa	U/kPa	U/kPa	U/kPa
L-1	0.50	0.60	0.70	0.70	0.80
L-2	0.080	0.21	0.33	0.46	0.66
L-3	0.20	0.67	1.0	1.4	2.0
L-4	0.28	0.67	1.5	1.5	2.2
L-5	0.075	0.16	0.25	0.34	0.47
L-6	0.069	0.16	0.25	0.33	0.38
L-7	0.070	0.29	0.36	0.59	0.70
L-8	0.11	0.24	1.2	1.6	2.1
L-9	0.32	0.58	0.90	1.2	1.7

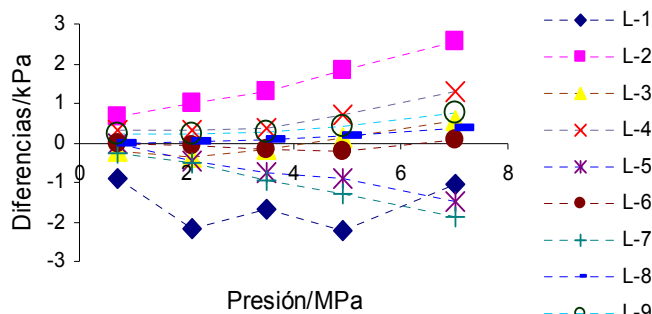
Tabla 3. Incertidumbres asignadas por los laboratorios para cada presión del PT.

La tabla 4 presenta los valores de error normalizado obtenidos por cada laboratorio, se presentan estos valores en forma negativa o positiva.

Presión/MPa	0.7	2.1	3.5	4.9	7
Laboratorio	E_N	E_N	E_N	E_N	E_N
L-1	-1.8	-3.5	-2.3	-2.9	-1.2
L-2	4.1	3.8	3.3	3.4	3.3
L-3	-0.9	-0.5	-0.2	0.1	0.3
L-4	1.0	0.4	0.2	0.5	0.6
L-5	-0.3	-2.2	-2.2	-2.0	-2.4
L-6	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	0.1
L-7	-1.7	-1.5	-2.2	-2.0	-2.3
L-8	-0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
L-9	0.6	0.4	0.3	0.3	0.4

Tabla 4. Resultados del error normalizado.

Los resultados de los laboratorios se muestran en la gráfica 2, donde se presentan las diferencias que obtuvieron los laboratorios respecto a la referencia establecida por el CENAM.



Gráfica 2. Diferencias de los laboratorios respecto a los valores de referencia en el error asignado al PT.

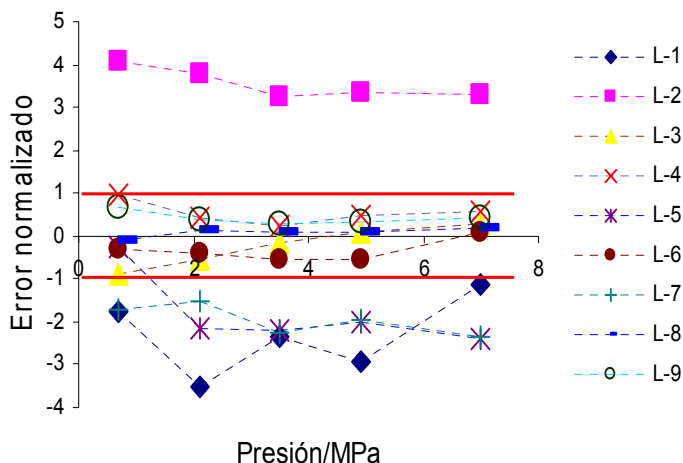
Desempeño de los laboratorios

La evaluación de desempeño de los laboratorios se estimó en base al error normalizado.

En los casos en que el valor absoluto del error normalizado sea menor o igual a la unidad, indica buena compatibilidad de los resultados del laboratorio con los valores de referencia del ensayo. Si el resultado del valor absoluto de error normalizado es mayor a 1, indica que los resultados de la calibración del laboratorio requieren correcciones o mejoras.

Criterio de aplicación del Error normalizado

- Satisfactorio:** Laboratorios que obtengan un valor absoluto de error normalizado menor o igual a 1. En la gráfica 3, que se encuentren dentro de las rayas rojas.
- No satisfactorio:** Laboratorios que obtengan un valor absoluto de error normalizado mayor que 1. En la gráfica 3, que se encuentren fuera de las rayas rojas.



Gráfica 3. Resultados del error normalizado.

6. OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

Durante el desarrollo del ensayo de aptitud el patrón de transferencia sufrió pequeños cambios en sus características de funcionamiento:

- a) La velocidad de caída del pistón aumentó debido posiblemente a fugas en el sistema por degradación de los empaques;
- b) El tiempo de giro libre del pistón disminuyó, posiblemente debido a desgaste sobre la superficie de medición de los ensambles. Sin embargo, su comportamiento es adecuado para los fines de este ensayo de aptitud ya que con los cambios la balanza mantuvo un nivel adecuado de funcionamiento que permitió la toma de lecturas en los tiempos estipulados por el protocolo.

La consideración de tomar como incertidumbre de referencia la mayor incertidumbre asignada al PT para cada presión medida de las 2 calibraciones realizadas por el CENAM, así como error de referencia al promedio del error de las 2 calibraciones realizadas por el CENAM compensan estas pequeñas diferencias.

Adicionalmente, como se puede ver en la gráfica 1, el pistón cilindro sufrió una pequeña deriva; sin embargo se mantiene un traslape de las incertidumbres con el error asignado al patrón de transferencia de las 2 calibraciones. Por lo que la consideración de utilizar la mayor incertidumbre y el promedio de cada presión medida, permite incluir esta pequeña deriva en los valores de referencia.

La incertidumbre relativa expandida asignada al patrón de transferencia por el CENAM es cercana a $7.3 \times 10^{-3} \%$ de la lectura.

7. CONCLUSIONES

El resultado final se puede considerar positivo, ya que se tuvo una buena participación de laboratorios (9) en un ensayo de aptitud para determinar el error en balanzas de presión de tipo industrial.

Por otra parte, el 56% de los laboratorios participantes (5) obtuvo resultados satisfactorios del error normalizado con $|E_N| \leq 1$. Mientras que el 44% restante (4), obtuvieron resultados del error normalizado no satisfactorio, $|E_N| > 1$.

REFERENCIAS

- [1] Torres Guzmán J. C., Guía y Lineamientos Generales para Comparaciones de Patrones de Medición, Memorias del Segundo Congreso Internacional Metrocal. Concepción, Chile. Abril 2001.
- [2] Torres Guzmán Jorge C., Olvera Pablo. Balanzas de Presión. Publicación Técnica del CENAM. CNM-MMF-PT-003. Septiembre de 2005.
- [3] Sabuga W., Bergoglio M., Rabault T., Waller B., Torres Guzman J. C., Olson D. A., Agarwal A., Kobata T., Bandyopadhyay A.K. [PTB, IMG, BNM-LNE, NPL, CENAM, NIST, INMS/NRC, NMIJ/AIST, NPLI], Final Report on Key Comparison CCM.P-K7 in the range 10 MPa to 100 MPa of Hydraulic gauge pressure. Metrologia 2005, 42, Tech. Suppl., 07005.
- [4] Torres-Guzmán J. C., Olvera-Arana P., Olson D., Hydraulic gauge pressure SIM comparison for a range up to 100 MPa. The 4th CCM International Conference on Pressure Metrology from Ultra-High Vacuum to very high pressure. Inglaterra, 2005.