

ENSAYO DE APTITUD EN PRESIÓN NEUMÁTICA, DE 20 kPa A 500 kPa, PARA CALIBRACIÓN DE MANÓMETROS DIGITALES

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 en presión relativa neumática para la calibración de un manómetro digital hasta 500 kPa. En este ensayo participaron 12 laboratorios secundarios de calibración. Los resultados fueron excelentes; al comparar las mediciones obtenidas por los laboratorios con los valores de referencia (establecidos por el CENAM) mediante el error normalizado, solo un laboratorio obtuvo dos puntos de medición con valor mayor a 1 y menores a 2.

1. INTRODUCCIÓN

Los ensayos de aptitud a 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 uno de ellos [1, 2, 3].

El Centro Nacional de Metrología organizó el ensayo de aptitud en la magnitud de presión relativa neumática, de 20 kPa a 500 kPa. Este ensayo de aptitud fue coordinado y piloteado por el CENAM en su carácter de laboratorio de referencia del Sistema Nacional de Calibración (SNC).

Se realizó de abril a junio del 2009, participaron 12 laboratorios en una ronda de mediciones.

2. OBJETIVO

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.

3. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

Los participantes son laboratorios mexicanos acreditados o en proceso de acreditación con sistemas de medición que permiten la calibración de manómetros digitales donde el mensurando es la determinación de error del instrumento y que al menos pudieran medir el 80% de los puntos de calibración de presión en el intervalo seleccionado, de 20 kPa a 500 kPa.

Patrón de transferencia (PT)

Manómetro digital, marca Krystal, modelo AX 33, No. de serie: 3799-840506, con intervalo de medición de 500 kPa.

Se calibró el PT de acuerdo al documento "Protocolo para el ensayo de aptitud en presión neumática, de 20 kPa a 500 kPa. Calibración de manómetro digital. CENAM-EA-720-P-15/2009".

Principales puntos considerados:

- Se midieron 10 puntos en el intervalo de medición: 20 kPa; 100 kPa; 150 kPa; 200 kPa; 250 kPa; 300 kPa; 350 kPa; 400 kPa; 450 kPa; 500 kPa.
- Se realizaron cuatro mediciones de cada punto por medio de cuatro series, dos en sentido ascendente y dos en descendente.
- Se realizó 1 ronda de comparación.
- Se usó gas como fluido manométrico.

Para la determinación de los valores de referencia se utilizó el error promedio de CENAM, que corresponde al error obtenido en las 2 calibraciones realizadas. Cada laboratorio participante, a partir de las calibraciones que realizaron, envió a CENAM su determinación de error y de incertidumbre.

El criterio para evaluar a los laboratorios fue seleccionado en concordancia con lo indicado en la NMX-EC-043-1-IMNC-2005. Para los valores absolutos de error normalizado menores o iguales a 1 se considera resultados satisfactorios.

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

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

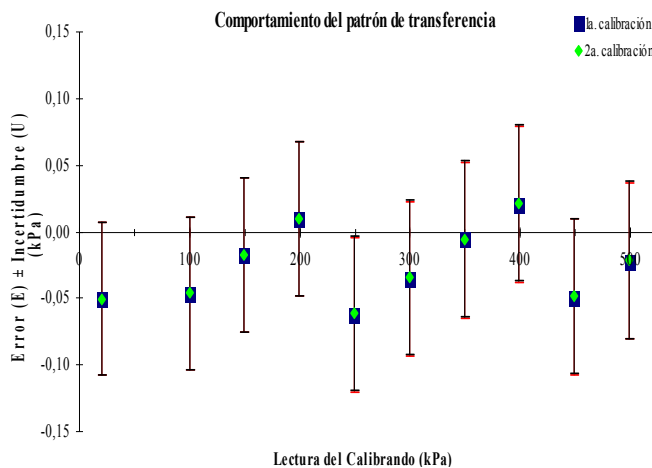
Donde:

- 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 buen desempeño durante la ronda de mediciones.

La gráfica 1 muestra el comportamiento del patrón de transferencia. El comportamiento se observa con referencia a las 2 calibraciones realizadas en CENAM. La primera calibración se realizó al principio del ensayo de aptitud y la segunda al final, después de la participación de todos los laboratorios.



Gráfica 1. Comportamiento del patrón de transferencia.

En la gráfica 1 se puede observar una buena reproducibilidad entre las dos calibraciones realizadas en CENAM.

4. LABORATORIOS PARTICIPANTES

Los laboratorios participantes en este ensayo de aptitud se presentan en la tabla 1. En la tabla se presenta la razón social de cada laboratorio sin ningún orden en especial.

Razón social
Calibraciones Profesionales e Ingeniería, S. A. de C. V.
Instituto Mexicano del Petróleo Laboratorio Institucional de Metrología
Tecnología y Metrología Industrial S. A. de C. V.
Nueva Aeronáutica Profesional, S. A. de C. V.
Fujisan Survey, S. A. de C. V.
Seico Soluciones Integrales, S. A. de C. V.
CIATEC, A. C.
Metrología del Golfo, S. A. de C. V.
Alteq de México, S. A. de C. V.
Servicio de Calibración, S. A. de C. V.
INYMET S. A. de C. V.
CFE- Central Laguna Verde Laboratorio de Metrología

Tabla 1. Laboratorios participantes.

5. RESULTADOS

Los resultados de cada laboratorio se compararon con el error promedio de las calibraciones en CENAM. La tabla 2 presenta las diferencias de cada laboratorio respecto a CENAM. Se presentan los resultados de las mediciones por laboratorio en el intervalo de medición en dos secciones.

Lab.	20 kPa	100 kPa	150 kPa	200 kPa	250 kPa
L-01	0.020	0.036	0.007	-0.020	0.052
L-02	0.000	0.017	-0.033	-0.030	0.026
L-03	0.050	-0.154	-0.183	-0.210	-0.138
L-04	0.040	0.076	0.037	0.030	0.062
L-05	0.050	0.046	0.017	0.060	0.062
L-06	0.064	0.177	0.155	0.004	0.233
L-07	0.050	0.036	0.007	-0.020	0.052
L-08	0.030	0.016	-0.063	-0.060	-0.018
L-09	-0.017	-0.025	0.017	-0.063	0.030
L-10	0.006	0.036	0.007	-0.020	0.052
L-11	0.030	0.031	0.005	-0.019	0.051
L-12	-0.020	-0.124	-0.223	-0.340	-0.018
Lab.	300 kPa	350 kPa	400 kPa	450 kPa	500 kPa
L-01	-0.015	-0.034	-0.091	-0.041	-0.048
L-02	0.016	-0.035	-0.026	0.025	0.008
L-03	-0.065	-0.394	-0.421	-0.351	-0.178
L-04	0.045	-0.034	-0.031	-0.001	0.102
L-05	0.035	0.006	-0.021	0.049	0.022
L-06	0.043	-0.053	0.115	0.121	-0.007
L-07	-0.015	-0.034	-0.091	-0.041	-0.048
L-08	0.025	-0.024	-0.081	0.059	0.032
L-09	0.029	0.001	0.048	0.110	0.100
L-10	-0.015	-0.034	-0.091	-0.041	-0.048
L-11	0.024	-0.006	-0.035	0.030	-0.001
L-12	-0.025	-0.104	-0.081	-0.001	-0.018

Tabla 2. Diferencias respecto a CENAM.

La tabla 3 presenta la incertidumbre expandida estimada ($k = 2$) por participante para cada punto.

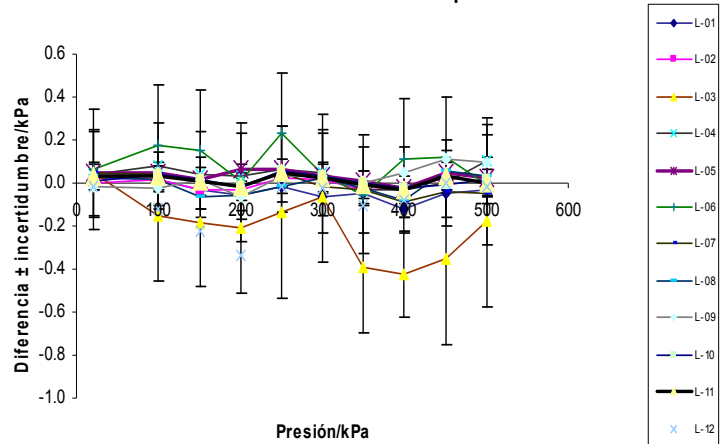
Lab.	20 kPa	100 kPa	150 kPa	200 kPa	250 kPa
L-01	0.146	0.108	0.103	0.135	0.109
L-02	0.223	0.220	0.253	0.313	0.244
L-03	0.200	0.300	0.300	0.300	0.400
L-04	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
L-05	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
L-06	0.279	0.279	0.279	0.279	0.279
L-07	0.060	0.060	0.060	0.060	0.090
L-08	0.060	0.060	0.060	0.070	0.070
L-09	0.148	0.148	0.148	0.179	0.148
L-10	0.058	0.060	0.062	0.065	0.069
L-11	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064
L-12	0.560	0.560	0.560	0.570	0.570
Lab.	300 kPa	350 kPa	400 kPa	450 kPa	500 kPa
L-01	0.060	0.292	0.229	0.229	0.280
L-02	0.342	0.303	0.244	0.244	0.244
L-03	0.300	0.300	0.200	0.400	0.400
L-04	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
L-05	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
L-06	0.279	0.279	0.279	0.279	0.279
L-07	0.070	0.090	0.080	0.150	0.110
L-08	0.070	0.080	0.080	0.090	0.090
L-09	0.179	0.179	0.148	0.148	0.179
L-10	0.073	0.078	0.084	0.141	0.095
L-11	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064
L-12	0.570	0.560	0.570	0.560	0.570

Tabla 3. Incertidumbre expandida.

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

La diferencia se determinó como la resta del error del patrón de transferencia encontrado por cada laboratorio participante menos el error estimado por el CENAM.

Diferencias de los laboratorios respecto a CENAM



Gráfica 2. Diferencias respecto a CENAM.

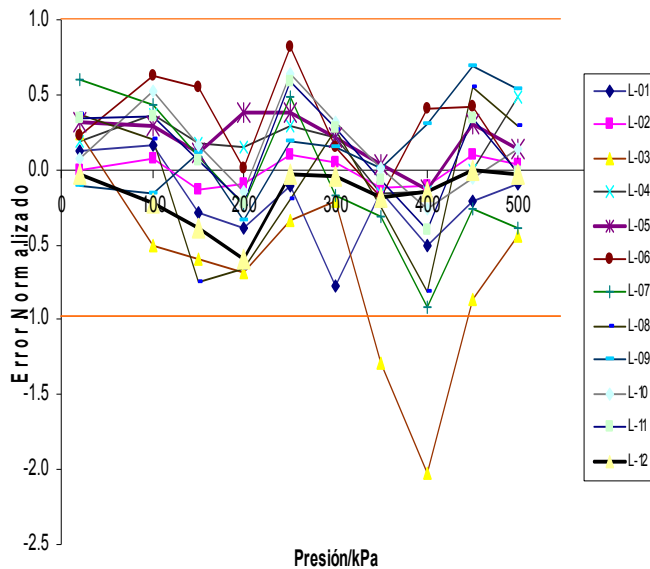
Desempeño de los laboratorios

La evaluación de desempeño se estimó en base al error normalizado. Valores absolutos de error normalizado menores a la unidad indican buena compatibilidad; valores absolutos mayores a 1 indican que el sistema de medición del laboratorio requiere hacer mejoras. La tabla 4 presenta los valores de error normalizado por laboratorio.

Lab.	20 kPa	100 kPa	150 kPa	200 kPa	250 kPa
L-01	0.1	0.2	-0.3	-0.4	-0.1
L-02	0.0	0.1	-0.1	-0.1	0.1
L-03	0.2	-0.5	-0.6	-0.7	-0.3
L-04	0.2	0.4	0.2	0.1	0.3
L-05	0.3	0.3	0.1	0.4	0.4
L-06	0.2	0.6	0.5	0.0	0.8
L-07	0.6	0.4	0.1	-0.2	0.5
L-08	0.4	0.2	-0.8	-0.7	-0.2
L-09	-0.1	-0.2	0.1	-0.3	0.2
L-10	0.1	0.5	0.2	-0.2	0.6
L-11	0.3	0.4	0.1	-0.2	0.6
L-12	0.0	-0.2	-0.4	-0.6	0.0
Lab.	300 kPa	350 kPa	400 kPa	450 kPa	500 kPa
L-01	-0.8	-0.1	-0.5	-0.2	-0.1
L-02	0.0	-0.1	-0.1	0.1	0.0
L-03	-0.2	-1.3	-2.0	-0.9	-0.4
L-04	0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.5
L-05	0.2	0.0	-0.1	0.3	0.1
L-06	0.2	-0.2	0.4	0.4	0.0
L-07	-0.2	-0.3	-0.9	-0.3	-0.4
L-08	0.3	-0.2	-0.8	0.5	0.3
L-09	0.2	0.0	0.3	0.7	0.5
L-10	0.3	0.0	-0.3	-0.1	0.1
L-11	0.3	-0.1	-0.4	0.3	0.0
L-12	0.0	-0.2	-0.1	0.0	0.0

Tabla 4. Error normalizado.

La gráfica 3 presenta el valor de error normalizado obtenido por los laboratorios participantes para cada presión medida en este ensayo de aptitud. Las líneas rojas indican el límite de compatibilidad con los valores de referencia. Los laboratorios están etiquetados por clave.



Gráfica 3. Error normalizado.

Criterio de aplicación del error normalizado

- Satisfactorio: Laboratorios que obtuvieron un valor absoluto del error normalizado menor o igual a 1.
- No satisfactorio: Laboratorios que obtuvieron un valor absoluto del error normalizado mayor que 1.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de la empresa INYMET por facilitar el manómetro utilizado como patrón de transferencia en este ensayo de aptitud.

7. OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

Durante el desarrollo del ensayo de aptitud el patrón de transferencia tuvo muy ligeros cambios en sus características de funcionamiento, por lo que su comportamiento es adecuado para los fines de este ensayo de aptitud.

Para el análisis de los resultados los valores establecidos como referencia fueron los del CENAM con las siguientes consideraciones:

- a) Se tomó la mayor incertidumbre del CENAM como la de referencia.
- b) El promedio del error de las calibraciones realizadas por el CENAM se tomó como la referencia.

8. CONCLUSIONES

En total cada laboratorio analizó 10 puntos y de los 12 laboratorios participantes solo 1 laboratorio obtuvo 2 puntos con valor absoluto del error normalizado superiores a 1.

Se considera que los resultados de este ensayo de aptitud son muy buenos para el Sistema de Nacional de Calibración ya que el 92% de los laboratorios participantes obtuvo resultados compatibles con los de referencia. El único laboratorio que tuvo valores superiores a 1 del error normalizado obtuvo el 80% de sus valores compatibles.

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 J. C., Olvera P., Forastieri J., Jungman D., Comparación de Baja Presión entre México y Argentina. Memorias de Segundo Congreso Internacional Metrocal. Concepción, Chile. Abril de 2001.
- [3] Olvera P., Torres Guzmán J. C., Informe de la Comparación SNC.P - 7 MPa en el alcance de medición de 0,7 MPa a 7 MPa de Presión Neumática. Memorias del XX Congreso Nacional de Metrología, Normalización y Certificación. Mérida, Yucatán, México. Octubre 2005.