

# ENSAYO DE APTITUD EN PRESIÓN HIDRÁULICA, DE 7 MPa A 70 MPa PARA BALANZAS DE PRESIÓN TIPO INDUSTRIAL

Pablo Olvera Arana, Jorge C. Torres Guzmán  
 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](mailto:jtorres@cenam.mx)

**Resumen:** El ensayo de aptitud para calibración de balanzas de presión, donde el mensurando corresponde al error de la balanza, en el intervalo de medición de 7 MPa a 70 MPa, se realizó con una balanza tipo industrial que utiliza aceite como fluido manométrico y con un sensor adicional de temperatura para facilitar las correcciones por efecto térmico para una temperatura de referencia de 20 °C.

## 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.

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 7 MPa a 70 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 6 laboratorios, se realizó 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.

## 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 de error de la balanza y que al menos pudieran medir el 80% de los puntos de calibración, desde una presión de 7 MPa a 70 MPa.

### Patrón de transferencia, (PT)

Balanza de presión tipo industrial, marca Ametek, modelo TQD-70000N, No. de serie: 100187, ensamble pistón – cilindro con número de serie 43237, con intervalo de medición de 70 MPa.

Se calibró el PT de acuerdo al documento “Protocolo para el ensayo de aptitud en presión hidráulica, de 7 MPa a 70 MPa. Calibración de balanza de presión industrial. CENAM-EA-720-P-14/2009”.

Principales puntos a considerar en el método de medición:

- Se seleccionaron 5 presiones en el intervalo de medición: 7 MPa; 21 MPa; 35 MPa; 49 MPa y 70 MPa.
- Se realizaron cuatro mediciones de cada presión por medio de cuatro series, dos en sentido ascendente y dos en descendente.
- Se realizó 1 ronda de comparación.
- Se usó aceite como fluido manométrico.

Los resultados de cada laboratorio se compararon con los de CENAM por medio del error normalizado.

Se determinó el error y la incertidumbre obtenidos por CENAM y los laboratorios a partir de las calibraciones realizadas respectivamente. Se utilizó para los cálculos el error promedio de CENAM, que corresponde al error obtenido en las 2 calibraciones realizadas en CENAM. El criterio para evaluar a los laboratorios se hizo acorde a lo indicado en la NMX-EC-043-1-IMNC-2005. De la comparación de los resultados de cada laboratorio con los valores referencia, para valores absolutos de error normalizado menores o iguales a 1 se consideran satisfactorios.

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

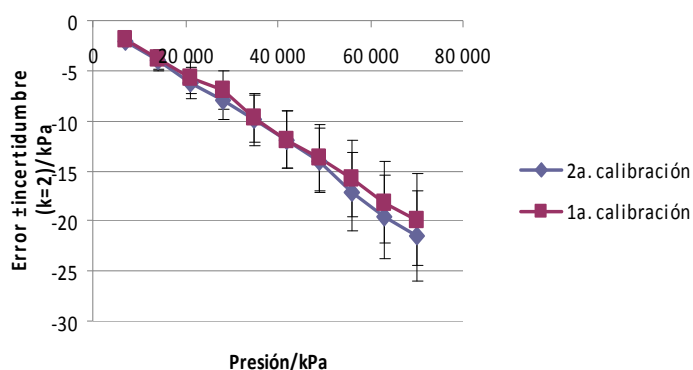
$$E_N = \frac{E_L - E_R}{\sqrt{U_L^2 + U_R^2}} \quad (1)$$

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 desempeño adecuado durante la ronda de mediciones. La gráfica 1 muestra el comportamiento del patrón de transferencia, se observa buena reproducibilidad entre las dos calibraciones.



**Gráfica 1.** Comportamiento del patrón de transferencia.

**4. LABORATORIOS PARTICIPANTES**

La tabla 1 presenta la razón social de los laboratorios participantes. La tabla muestra a los laboratorios sin un orden específico.

**Tabla 1.** Laboratorios participantes.

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
José Luz Martínez Lara
Simca Grupo Industrial, S.A. de C.V.

**5. RESULTADOS**

Los resultados obtenidos por cada laboratorio se compararon con los valores de referencia establecidos por el CENAM. El error de referencia es el promedio de los errores encontrados en las dos calibraciones realizadas por el CENAM.

La tabla 2 presenta las diferencias de cada laboratorio respecto a CENAM.

**Tabla 2.** Diferencias en error respecto a CENAM.

Presión nominal	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6
MPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
7	1,69	0,23	0,03	2,52	1,03	0,86
21	6,24	0,68	-0,07	2,68	2,08	-0,05
35	10,35	2,52	0,23	4,82	4,62	-0,58
49	13,15	0,85	-1,03	7,33	6,55	1,20
70	7,69	2,21	-0,58	10,79	10,81	4,03

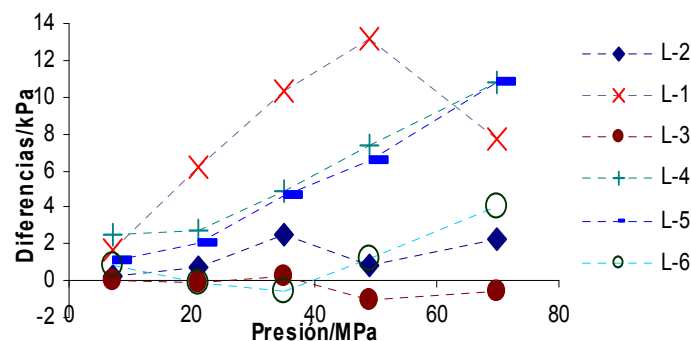
La tabla 3 presenta la incertidumbre expandida ( $k=2$ ) de los laboratorios participantes para cada punto de medición.

**Tabla 3.** Incertidumbres expandidas.

Presión nominal	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6
MPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
7	1,1	0,80	0,45	0,71	0,90	1,7
21	4,7	2,1	1,2	2,5	2,2	5,0
35	7,7	3,5	2,4	3,7	3,6	8,3
49	10	4,9	2,9	5,1	5,1	12
70	17	7,0	3,8	7,0	7,0	17

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 encontrado por cada laboratorio participante para el patrón de transferencia menos el error establecido como referencia en las calibraciones realizadas por el CENAM.



**Gráfica 2.** Diferencias en error, de los laboratorios participantes con el patrón de transferencia.

**Desempeño de los laboratorios**

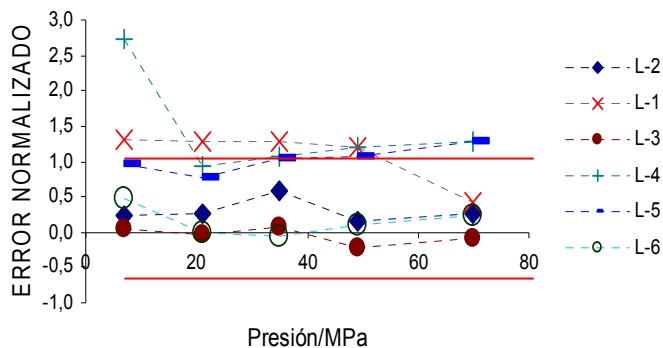
La evaluación de desempeño de los laboratorios se estimó en base al error normalizado. Valores absolutos de error normalizado menores a la unidad indican buena compatibilidad entre las mediciones respecto a CENAM. Si el resultado del valor absoluto de Error normalizado es mayor a 1 indica que el sistema de medición del laboratorio requiere hacer mejoras.

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

**Tabla 4. Valores del error normalizado**

Presión nominal	L-1	L-2	L-3	L-4	L-5	L-6
MPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
7	1,3	0,2	0,0	2,7	1,0	0,5
21	1,3	0,3	0,0	0,9	0,8	0,0
35	1,3	0,6	0,1	1,1	1,0	-0,1
49	1,2	0,1	-0,2	1,2	1,1	0,1
70	0,4	0,3	-0,1	1,3	1,3	0,2

La gráfica 3 presenta el valor de Error normalizado obtenido por los laboratorios, etiquetados por clave.



**Gráfica 3. Error normalizado.**

**Criterio de aplicación del error normalizado**

Satisfactorio: Laboratorios que obtengan un valor absoluto de error normalizado menor o igual a 1.

No satisfactorio: Laboratorios que obtengan un valor absoluto de error normalizado mayor que 1.

**6. OBSERVACIONES Y COMENTARIOS**

Durante el desarrollo del ensayo de aptitud el patrón de transferencia tuvo ligeros cambios en sus características de funcionamiento. La velocidad de caída del pistón aumentó debido posiblemente a fugas en el sistema por degradación de los empaques y por otro lado el tiempo

de giro libre del pistón disminuyó, posiblemente debido a daños sobre la superficie de medición del ensamble.

Sin embargo, su comportamiento es adecuado para los fines de este ensayo de aptitud. Se incluyeron consideraciones tales como tomar la mayor incertidumbre del CENAM como la de referencia, así como que el promedio del error de las calibraciones del CENAM fuera la referencia, esto compensan las pequeñas diferencias en las características inicial y final del patrón de transferencia.

**7. REFERENCIAS**

- [1] NMX-EC-043-1-IMNC-2005. Ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratorio-Parte 1 Desarrollo y funcionamiento de programas de ensayos de aptitud. 2005
- [2] CENAM-EA-720-P-14/2009 Protocolo para el ensayo de aptitud en presión hidráulica, de 7 MPa a 70 MPa. Calibración de balanza de presión industrial. 2009