

# ENSAYO DE APTITUD PARA LA CALIBRACIÓN DE MÁQUINAS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN, DE 20 kN A 200 kN

Jorge Torres, Alejandro Cárdenas  
 Centro Nacional de Metrología, CENAM  
 km 4.5 carretera a Los Cués, El Marqués, Querétaro, México  
 (52) 442 211 0500, fax (52) 442 211 0578 jtorres@cenam.mx; acardena@cenam.mx

**Resumen:** En este artículo se presentan los detalles de los resultados del ensayo a compresión entre laboratorios acreditados. Se tuvo una buena participación (9 laboratorios) y los resultados sin ser excelentes son satisfactorios teniendo en el ensayo más del 50% de los laboratorios con valores compatibles con los establecidos de referencia.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La entidad mexicana de acreditación, a. c. (*ema*) para atender las necesidades de ensayos de aptitud del Subcomité de Evaluación de fuerza y par torsional, solicitó al Centro Nacional de Metrología (CENAM) organizara un ensayo de aptitud en la calibración de máquinas de ensayos a compresión, de 20 kN a 200 kN. En este ensayo de aptitud el CENAM es el laboratorio piloto.

El código de identificación interno del CENAM para este ensayo de aptitud es el CENAM-EA-720-F-009/2009.

## 2. OBJETIVO.

Este ensayo de aptitud tuvo como objetivo determinar la proximidad de concordancia de los resultados de calibración de una máquina de ensayos entre los laboratorios acreditados, o en proceso de acreditación, vía una comparación; los valores de referencia fueron los propuestos por el laboratorio piloto [1, 2, 3]. El mensurando de la calibración de la máquina en este ensayo fue el error del instrumento bajo calibración respecto al valor de referencia del laboratorio participante.

El ensayo de aptitud se llevó a cabo durante los meses de octubre a diciembre de 2009, se realizó en dos rondas de mediciones. Las calibraciones que realizó el CENAM fueron al inicio, al final de la primera ronda y al final del ensayo.

## 3. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO DE APTITUD.

- a) Instrumento utilizado (patrón de transferencia):  
 1 máquina de ensayos.

Máquina de Ensayos			
Marca	Modelo	Número de serie	Resolución
Satec Systems	60 HVL	1393	100 N

- b) Alcance de medición del ensayo:  
 de 20 kN hasta 200 kN  
 c) Método de calibración: comparación  
 d) Puntos de medición de calibración:  
 20 kN, 40 kN, 60 kN, 80 kN, 100 kN, 120 kN,  
 140 kN, 160 kN, 180 kN y 200 kN.

## 4. LABORATORIOS PARTICIPANTES.

Nueve laboratorios secundarios de calibración participaron en este ensayo de aptitud.

Laboratorio
ABACO Ingeniería de Instrumentación y Electrónica Industrial, S.A. de C.V.
Caltechnix de México S.A. de C.V.
CIATEC A.C.
Comisión Federal de Electricidad, Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales
DAVI Equipo de Laboratorio para Construcción S.A. de C.V.*
Impulsora Tlaxcalteca de Industrias, S.A. de C.V.
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
Metrodaji, Equipos y Mediciones, S.A de C.V.
Metrolab S.A. de C.V.

**Tabla 1. Laboratorios participantes.**

**5. RESULTADOS.**

Las siguientes hojas presentan los resultados de las mediciones realizadas por los laboratorios, de acuerdo a la información enviada al CENAM.

Este ensayo de aptitud sólo consideró la evaluación de los resultados de calibración de los laboratorios participantes, no se evaluó ninguna otra característica técnica o administrativa de los mismos.

Para fines de este ensayo, se usó para la evaluación de los resultados, el valor del error normalizado ( $E_n$ ), el cual se puede calcular con el siguiente modelo,

$$E_n = \frac{x_{lab} - x_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (1)$$

Donde:

$x_{lab}$  es el valor obtenido por el laboratorio participante,

$x_{ref}$  es el valor de referencia (laboratorio piloto),

$U_{lab}$  es la incertidumbre expandida estimada por el laboratorio y

$U_{ref}$  es la incertidumbre expandida obtenida por el laboratorio piloto.

De acuerdo al modelo del error normalizado, si  $|E_n| \leq 1$  los resultados entre ambos laboratorios son aceptables y si  $|E_n| > 1$  los resultados no son aceptables. (NMX-EC-043-1-IMNC-2005).

Las Tablas 2, 3 y 4, muestra los resultados de los laboratorios participantes con la información enviada por ellos y que corresponden a las figuras anteriores.

En la sección 6 observaciones y comentarios, se mencionan de manera general las situaciones que, de acuerdo a la evaluación de los resultados enviados por los laboratorios, pueden ser causa de errores en la medición o en los cálculos de los resultados. Lo anterior tiene el objetivo de que los laboratorios revisen sus resultados e identifiquen posibles oportunidades de mejora.

CENAM											
Fuerza kN	A			B			C				
	Error % L	$U_{E,k=2}$ % L	$E_N$	Error % L	$U_{E,k=2}$ % L	$E_N$	Error % L	$U_{E,k=2}$ % L	$E_N$		
20	0.52	±0.539	1.16	±0.325	1.017	0.43	±0.335	-0.147	0.29	±0.610	-0.280
40	0.51	±0.274	0.93	±0.265	1.098	0.36	±0.208	-0.442	0.17	±0.163	-1.057
60	0.34	±0.187	0.79	±0.221	1.539	0.30	±0.177	-0.153	0.19	±0.113	-0.670
80	0.38	±0.145	0.71	±0.194	1.373	0.24	±0.164	-0.627	0.24	±0.091	-0.804
100	0.40	±0.120	0.68	±0.173	1.319	0.21	±0.158	-0.956	0.28	±0.079	-0.870
120	0.34	±0.105	0.67	±0.153	1.821	---	---	---	0.05	±0.409	-0.686
140	0.36	±0.094	0.66	±0.154	1.656	---	---	---	0.09	±0.306	-0.843
160	0.38	±0.086	0.65	±0.145	1.631	---	---	---	0.14	±0.304	-0.748
180	0.39	±0.080	0.66	±0.143	1.624	---	---	---	0.19	±0.260	-0.750
200	0.40	±0.076	0.67	±0.139	1.705	---	---	---	0.22	±0.220	-0.785

CENAM											
Fuerza kN	E			F			H				
	Error % L	$U_{E,k=2}$ % L	$E_N$	Error % L	$U_{E,k=2}$ % L	$E_N$	Error % L	$U_{E,k=2}$ % L	$E_N$		
20	0.52	±0.539	0.46	±0.527	-0.074	-0.40	±0.920	-0.861	0.82	±0.600	0.371
40	0.51	±0.274	0.43	±0.291	-0.191	-0.20	±0.510	-1.225	0.46	±0.600	-0.077
60	0.34	±0.187	0.33	±0.162	-0.046	-0.23	±0.420	-1.239	0.41	±0.600	0.106
80	0.38	±0.145	0.42	±0.360	0.114	-0.05	±0.470	-0.874	0.33	±0.600	-0.079
100	0.40	±0.120	0.52	±0.332	0.326	0.04	±0.310	-1.094	0.34	±0.600	-0.096
120	0.34	±0.105	0.40	±0.255	0.227	0.07	±0.330	-0.770	0.34	±0.600	0.001
140	0.36	±0.094	0.36	±0.242	-0.013	0.11	±0.250	-0.936	0.33	±0.600	-0.046
160	0.38	±0.086	0.46	±0.248	0.298	0.16	±0.290	-0.718	0.34	±0.600	-0.061
180	0.39	±0.080	0.35	±0.299	-0.117	0.19	±0.370	-0.531	0.34	±0.600	-0.091
200	0.40	±0.076	0.48	±0.146	0.486	0.21	±0.310	-0.601	0.35	±0.600	-0.083

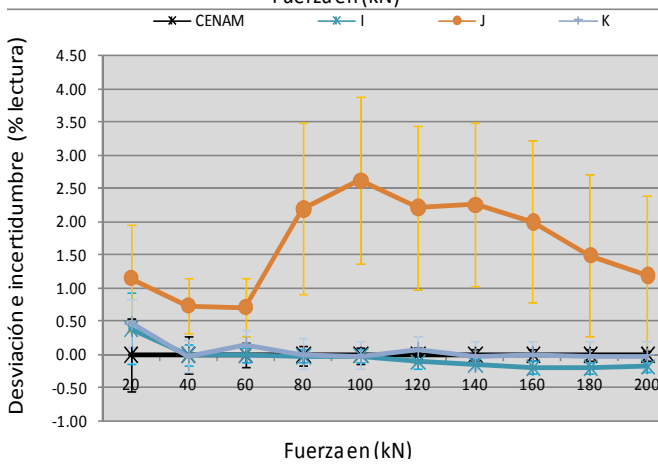
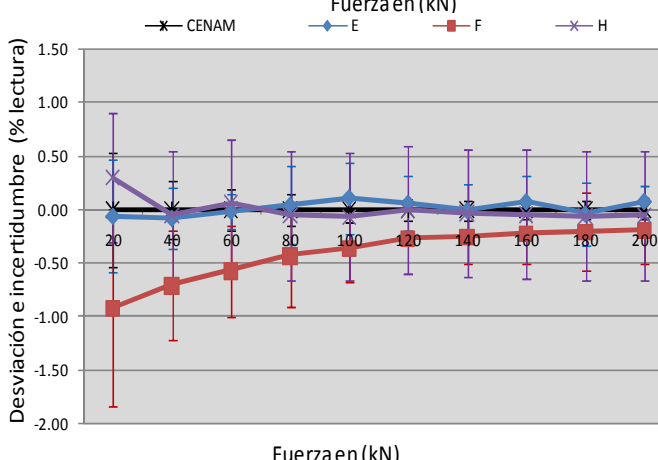
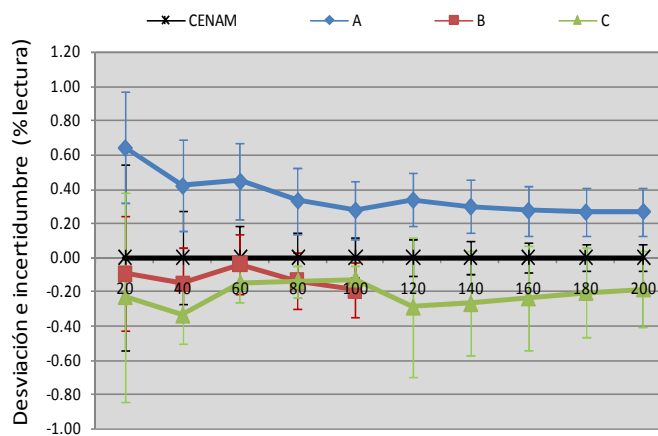
  

CENAM											
Fuerza kN	I			J			K				
	Error % L	$U_{E,k=2}$ % L	$E_N$	Error % L	$U_{E,k=2}$ % L	$E_N$	Error % L	$U_{E,k=2}$ % L	$E_N$		
20	0.52	±0.539	0.92	±0.535	0.522	1.67	±0.802	1.191	1.00	±0.363	0.740
40	0.51	±0.274	0.52	±0.150	0.019	1.25	±0.413	1.496	0.50	±0.250	-0.025
60	0.34	±0.187	0.35	±0.106	0.042	1.06	±0.431	1.532	0.50	±0.225	0.548
80	0.38	±0.145	0.37	±0.102	-0.081	2.58	±1.292	1.692	0.40	±0.227	0.076
100	0.40	±0.120	0.40	±0.087	-0.057	3.03	±1.253	2.087	0.40	±0.212	-0.015
120	0.34	±0.105	0.24	±0.119	-0.602	2.56	±1.232	1.799	0.42	±0.210	0.343
140	0.36	±0.094	0.23	±0.083	-1.041	2.62	±1.228	1.836	0.36	±0.208	-0.012
160	0.38	±0.086	0.20	±0.104	-1.348	2.38	±1.216	1.643	0.39	±0.210	0.045
180	0.39	±0.080	0.20	±0.084	-1.621	1.89	±1.210	1.237	0.39	±0.206	-0.009
200	0.40	±0.076	0.23	±0.075	-1.630	1.60	±1.211	0.988	0.40	±0.206	-0.008

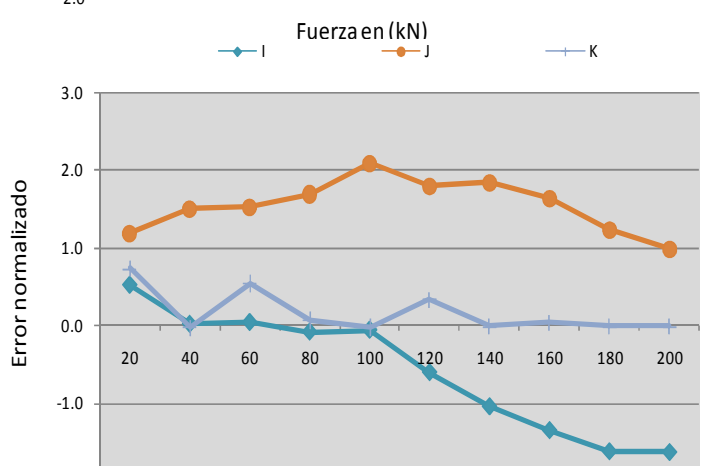
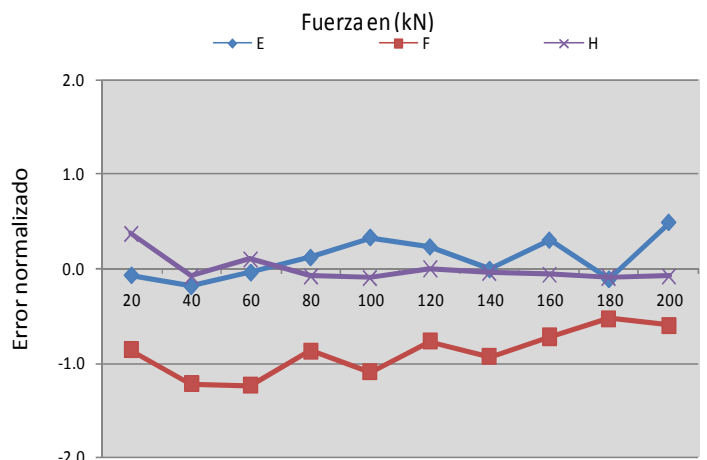
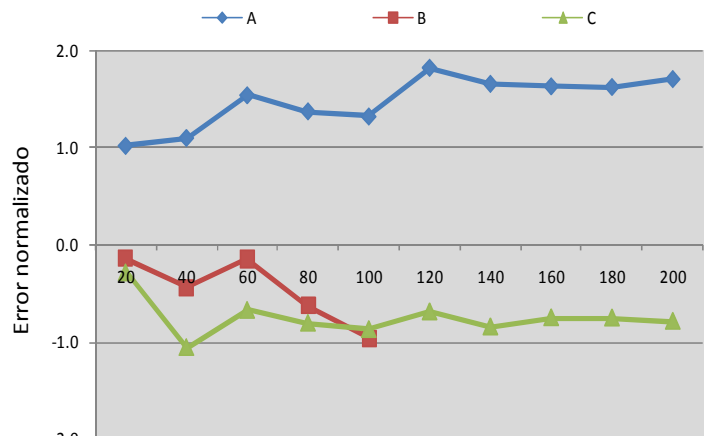
**Tablas 2, 3 y 4. Resultados obtenidos por laboratorio.**

En las siguientes figuras se encuentran las gráficas correspondientes a la desviación relativa e incertidumbre (Figuras 1, 2, 3) y al valor del error normalizado  $E_n$  (Figuras 4, 5 y 6) contra los valores de referencia, esto analizado con los resultados tal y como fueron enviados por los laboratorios.

El valor promedio de las lecturas del laboratorio piloto es el promedio de las dos calibraciones (al principio y al final) y de la verificación intermedia realizadas. La incertidumbre del laboratorio piloto es considerando las incertidumbres de las dos calibraciones y de la deriva observada en la máquina de ensayos.



**Figuras 1, 2 y 3. Desviación relativa e incertidumbres.**



**Figuras 4, 5 y 6. Error Normalizado.**

**6. OBSERVACIONES Y COMENTARIOS.**

Una vez analizados los resultados y la información enviada por cada uno de los laboratorios, se tuvieron las siguientes observaciones generales.

Algunos laboratorios no enviaron:

- La información adicional.
- La información referente a su CMC declarado.
- La información completa del análisis de incertidumbres de las mediciones (hojas de cálculo).
- Las lecturas realizadas.

Con respecto a resultados hubo laboratorios que:

- No se evalúa reproducibilidad.
- La repetibilidad se evalúa de manera diferente a la guía de fuerza de ema, y de la guía para la expresión de incertidumbres (GUM).
- Se combinan lecturas en posición cero con las otras dos posiciones en el cálculo de la repetibilidad.
- Se promedian las cinco series directamente.
- No se realizaron las cinco series de medición indicadas.
- En los cálculos se utiliza la  $U$  del certificado, no la de la acreditación.

## 7. CONCLUSIONES.

Con los resultados obtenidos de este ensayo de aptitud, se observó que existen confusiones en conceptos metrológicos como es vocabulario y estimación de incertidumbres en algunos laboratorios. Algunos laboratorios también tienen dudas con el proceso de calibración, efectos de instalación, toma de lecturas y herramientas para el análisis y estimación de incertidumbres (hojas de cálculo).

Se recomienda capacitar al personal que realiza las calibraciones de forma constante y evaluar su habilidad para realizar este tipo de mediciones.

Participaron 9 laboratorios de los cuales 4 (44%) tienen todos los puntos de medición menor o igual a 1 en valor absoluto del error normalizado, 1 laboratorio (11%) solo tiene 1 punto apenas arriba de 1 en valor absoluto del error normalizado. Solo un laboratorio participante (11%) tuvo todos sus puntos arriba de 1 en valor absoluto del error normalizado. De todos los laboratorios y todos los puntos de medición solo un solo valor comparado de un laboratorio estuvo apenas arriba de 2 en valor absoluto del error normalizado.

Los resultados generales, sin ser excelentes, se pueden considerar como buenos ya que se identificaron las posibles acciones de mejora.

Adicionalmente, después de la presentación del informe final del ensayo de aptitud se organizó un taller para laboratorios secundarios en la magnitud de fuerza, lo que cierra las posibles acciones preventivas que permitan una mayor y mejor compatibilidad entre las mediciones realizadas por los laboratorios acreditados.

## REFERENCIAS.

- [1] CÁRDENAS Moctezuma A., TORRES Guzmán J. C., *Ensayos de aptitud en la magnitud fuerza, alcances de medición de 100 kN y 500 kN, para laboratorios del SNC, 2007*. XXI Congreso Nacional de Metrología, Normalización y Evaluación de la Conformidad. Octubre, 2007.
- [2] TORRES Guzmán J. C., *Comparaciones de Patrones de Medición*. IV Congreso Internacional y XVI Nacional de Metrología y Normalización. Guadalajara, México. Octubre 2000.
- [3] CÁRDENAS Moctezuma A., RAMÍREZ D., TORRES Guzmán J. C., *Resultados de los Ensayos de Aptitud en la Magnitud Fuerza para Laboratorios del SNC (100 kN y 0.5 MN)*. Simposio de Metrología 2006. Querétaro, Qro.