

ENSAYOS DE APTITUD PARA LA CALIBRACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A TRACCIÓN, DE 0.2 kN A 2 kN Y DE 1.5 kN A 15 kN

Jorge Torres Guzmán, Alejandro Cárdenas Moctezuma
 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 de 2 ensayos a tracción entre laboratorios acreditados. Se tuvo una buena participación (5 y 7 laboratorios) y los resultados son satisfactorios teniendo en los 2 ensayos más del 80% 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 dos ensayos de aptitud en la calibración de máquinas de ensayos a tracción, de 0.2 kN a 2 kN y el otro de 1.5 kN a 15 kN. En estos ensayos de aptitud el CENAM fue el laboratorio piloto.

El código de identificación del CENAM para estos ensayos de aptitud son el CENAM-EA-720-F-11/2009 y el CENAM-EA-720-F-12/2009, respectivamente.

2. OBJETIVO

Estos ensayos de aptitud tuvieron 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 [1]; los valores de referencia fueron los propuestos por el laboratorio piloto. El mensurando de la calibración de la máquina en este ensayo fue el error del instrumento bajo calibración respecto al valor de referencia.

Los ensayos de aptitud se llevaron a cabo durante los meses de octubre a diciembre de 2009, se realizaron 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 (para cada uno de los ensayos a tracción se utilizó la misma máquina cambiando el alcance de medición).

Máquina de Ensayos a 2 kN y a 15 kN			
Marca	Modelo	Número de serie	Resolución
Satec Systems	60 HVL	1393	1 N (2 kN) 10 N (15 kN)

b) Alcance de medición de los ensayos:

de 0.2 kN hasta 2 kN y de 1.5 kN hasta 15 kN.

c) Método de calibración: comparación.

d) Puntos de medición de calibración:

i) 0.2 kN, 0.4 kN, 0.6 kN, 0.8 kN, 1.0 kN, 1.2 kN, 1.4 kN, 1.6 kN, 1.8 kN y 2.0 kN.

ii) 1.5 kN, 3.0 kN, 4.5 kN, 6.0 kN, 7.5 kN, 9.0 kN, 10.5 kN, 12.0 kN, 13.5 kN y 15.0 kN.

4. LABORATORIOS PARTICIPANTES.

En el ensayo de aptitud a 2 kN participaron cinco laboratorios secundarios de calibración los cuales se incluyen en la Tabla 1.

En el ensayo de aptitud a 15 kN participaron siete laboratorios secundarios de calibración los cuales se incluyen en la Tabla 2.

Laboratorio
CIATEC A.C.
Metrolab S.A. de C.V.
Caltechnix de México S.A. de C.V.
Omar Israel Morales García
Representaciones y distribuciones FAL, S. A. de C. V.

Tabla 1. Laboratorios participantes en 2 kN.

Laboratorio
Metrodaji, Equipos y Mediciones, S.A de C.V.
Comisión Federal de Electricidad, Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales
Metrolab S.A. de C.V.
Caltechnix de México S.A. de C.V.
Grupo CTT, S.A. de C.V.
Centro de Investigaciones en Óptica, A.C.
Sevilla Covarrubias y Asociados, S.C.

Tabla 2. Laboratorios participantes en 15 kN.

5. RESULTADOS.

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

Estos ensayos de aptitud sólo consideraron 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 estos ensayos, se usó para la evaluación de los resultados, el valor del error normalizado (E_n), el cual se puede calcular con el siguiente modelo (1),

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

Donde:

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

x_{ref} es el valor de referencia, del laboratorio piloto,

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

U_{ref} es la incertidumbre expandida de referencia, del laboratorio piloto.

De acuerdo al modelo del error normalizado ecuación 1, 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), [2, 3].

Las Tablas 3 y Tabla 4 (respectivamente para cada uno de los 2 ensayos de aptitud a tracción) muestra los resultados de los laboratorios participantes con la información enviada por ellos y que corresponden a las figuras anteriores y en las conclusiones 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 con el objetivo de que el laboratorio revise los resultados que reportó e identifique oportunidades de mejora.

El valor promedio de las lecturas del laboratorio piloto es el promedio de las dos calibraciones (al principio y al final de la ronda de cada uno de los dos ensayos) y de la verificación intermedia realizadas. La incertidumbre del laboratorio piloto es considerando las incertidumbres de las dos calibraciones y de la deriva observada, para cada una de las máquinas utilizadas como instrumento de comparación en los ensayos.

Fuerza kN	CENAM			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	Error % L	U_E k=2 % L	E_n
0.2	0.52	±0.538	0.74	±0.451	0.318	0.00	±5.500	-0.094	0.47	±1.248	-0.034	
0.4	0.26	±0.272	0.27	±0.257	0.042	-0.25	±2.750	-0.184	0.35	±0.558	0.140	
0.6	0.34	±0.184	0.16	±0.187	-0.677	-0.33	±1.833	-0.365	0.27	±0.493	-0.131	
0.8	0.13	±0.140	0.09	±0.145	-0.213	-0.38	±1.375	-0.365	0.27	±0.408	0.326	
1.0	0.30	±0.115	0.06	±0.160	-1.216	-0.30	±1.100	-0.546	0.24	±0.368	-0.166	
1.2	0.17	±0.098	0.05	±0.078	-0.970	-0.25	±0.917	-0.455	0.25	±0.267	0.279	
1.4	0.15	±0.087	0.24	±0.081	0.758	-0.29	±0.786	-0.546	-0.02	±0.658	-0.242	
1.6	0.06	±0.078	0.21	±0.047	1.618	-0.25	±0.688	-0.455	0.02	±0.462	-0.101	
1.8	0.06	±0.072	0.25	±0.051	2.229	-0.22	±0.611	-0.455	0.05	±0.424	-0.025	
2.0	0.10	±0.067	0.30	±0.054	2.359	-0.20	±0.550	-0.545	0.06	±0.375	-0.098	

Fuerza kN	CENAM			D			F		
	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
0.2	0.52	±0.538	0.56	±1.022	0.038	0.10	±0.980	-0.374	
0.4	0.26	±0.272	0.22	±0.697	-0.047	0.10	±0.880	-0.173	
0.6	0.34	±0.184	0.23	±0.501	-0.213	0.10	±0.880	-0.266	
0.8	0.13	±0.140	0.14	±0.447	0.022	-0.05	±0.860	-0.206	
1.0	0.30	±0.115	0.13	±0.405	-0.414	0.02	±0.850	-0.331	
1.2	0.17	±0.098	0.24	±0.587	0.111	0.00	±0.850	-0.198	
1.4	0.15	±0.087	0.36	±0.426	0.484	-0.10	±0.860	-0.284	
1.6	0.06	±0.078	0.33	±0.393	0.669	-0.11	±0.860	-0.202	
1.8	0.06	±0.072	0.37	±0.399	0.760	-0.13	±0.850	-0.220	
2.0	0.10	±0.067	0.40	±0.342	0.849	-0.12	±0.850	-0.260	

Tablas 3. Resultados obtenidos por los laboratorios. Intervalo de medición de 2 kN.

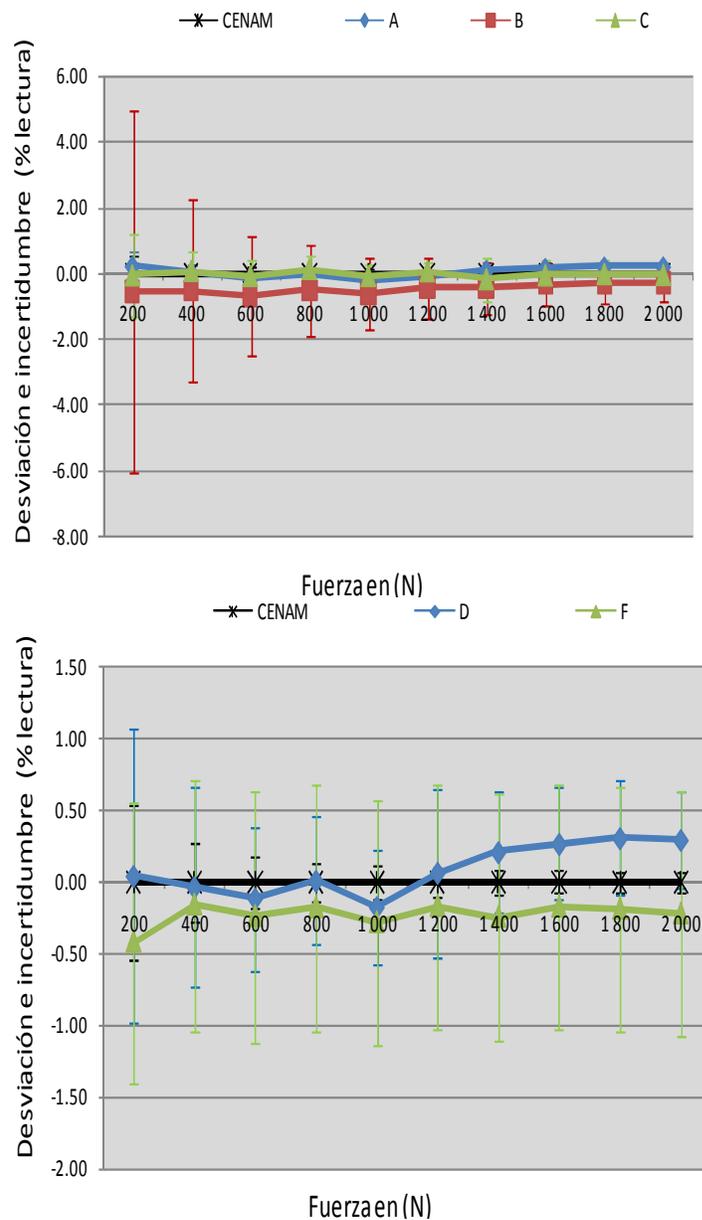
Fuerza kN	CENAM			A			B			C		
	Error %L	$U_L, k=2$ %L	E_N	Error %L	$U_L, k=2$ %L	E_N	Error %L	$U_L, k=2$ %L	E_N	Error %L	$U_L, k=2$ %L	E_N
1.5	0.74	±0.714	0.153	0.87	±0.393	0.153	-0.13	±5.400	-0.160	1.09	±0.391	0.424
3.0	0.70	±0.359	0.394	0.86	±0.197	0.394	-0.03	±2.700	-0.271	0.47	±0.598	-0.331
4.5	0.69	±0.241	0.582	0.86	±0.165	0.582	0.02	±1.800	-0.368	0.50	±0.255	-0.537
6.0	0.69	±0.183	0.425	0.78	±0.127	0.425	0.07	±1.350	-0.454	0.62	±0.265	-0.188
7.5	0.68	±0.149	0.340	0.76	±0.159	0.340	0.08	±1.080	-0.552	0.54	±0.078	-0.843
9.0	0.68	±0.126	0.321	0.74	±0.152	0.321	0.12	±0.900	-0.613	0.53	±0.066	-1.029
10.5	0.68	±0.110	0.253	0.72	±0.145	0.253	0.16	±0.771	-0.661	0.61	±0.057	-0.522
12.0	0.68	±0.099	0.285	0.73	±0.144	0.285	0.18	±0.675	-0.734	0.63	±0.050	-0.380
13.5	0.67	±0.090	0.166	0.70	±0.138	0.166	0.19	±0.600	-0.795	0.63	±0.045	-0.416
15.0	0.67	±0.083	0.164	0.70	±0.141	0.164	0.19	±0.547	-0.869	0.66	±0.040	-0.203

Fuerza kN	CENAM			D			E			F			G		
	Error %L	$U_L, k=2$ %L	E_N												
1.5	0.74	±0.714	0.68	±0.430	-0.073	0.68	±0.398	-0.070	0.80	±0.223	0.079	0.67	±0.048	-0.104	
3.0	0.70	±0.359	0.53	±0.730	-0.214	0.66	±0.300	-0.096	0.67	±0.220	-0.088	0.67	±0.045	-0.102	
4.5	0.69	±0.241	0.49	±0.430	-0.408	0.66	±0.300	-0.074	0.67	±0.220	-0.076	---	---	---	
6.0	0.69	±0.183	0.50	±0.480	-0.360	0.67	±0.300	-0.056	0.67	±0.220	-0.065	0.67	±0.063	-0.096	
7.5	0.68	±0.149	0.53	±0.400	-0.355	0.67	±0.300	-0.043	0.67	±0.220	-0.056	0.67	±0.063	-0.092	
9.0	0.68	±0.126	0.53	±0.400	-0.355	0.67	±0.300	-0.032	0.76	±0.220	0.302	0.67	±0.063	-0.088	
10.5	0.68	±0.110	0.53	±0.270	-0.505	0.66	±0.300	-0.039	0.74	±0.220	0.267	0.67	±0.063	-0.083	
12.0	0.68	±0.099	0.55	±0.250	-0.468	0.67	±0.300	-0.029	0.75	±0.220	0.307	0.67	±0.063	-0.079	
13.5	0.67	±0.090	0.56	±0.240	-0.448	0.67	±0.300	-0.021	0.81	±0.480	0.287	0.67	±0.063	-0.075	
15.0	0.67	±0.083	0.56	±0.230	-0.467	0.64	±0.300	-0.097	0.85	±0.480	0.368	0.67	±0.063	-0.071	

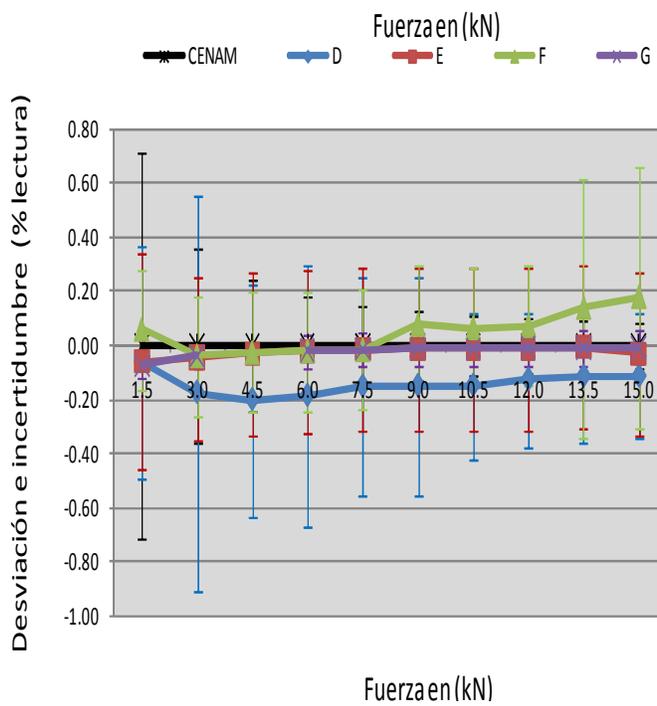
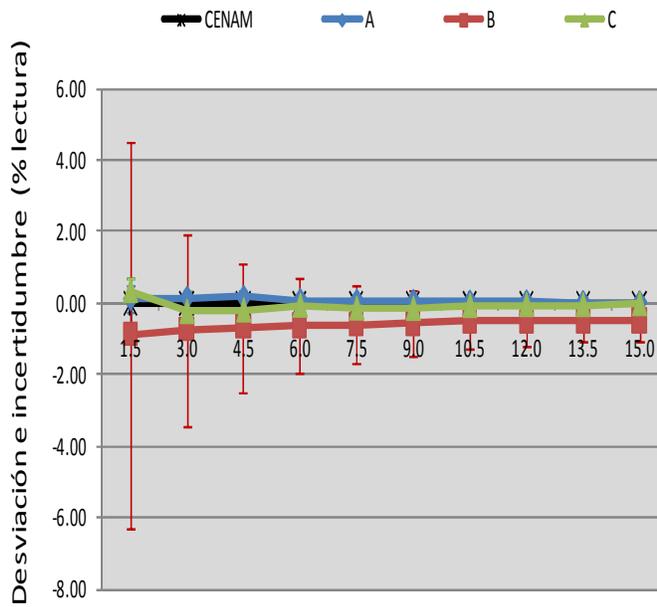
Tablas 4. Resultados obtenidos por los laboratorios. Intervalo de medición de 15 kN.

En las siguientes figuras se presentan las gráficas correspondientes a la desviación relativa e incertidumbre (Figuras 1, 2) y al valor del error normalizado E_N (Figuras 3 y 4) contra los valores de referencia. Para cada uno de los dos ensayos de aptitud a tracción realizados.

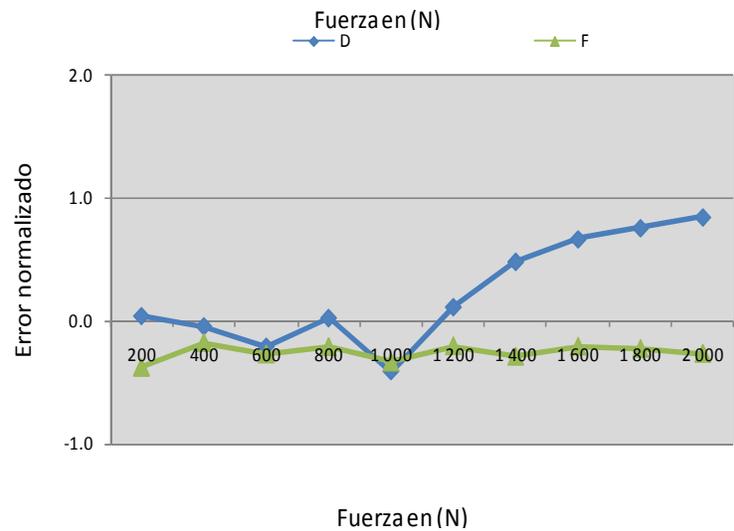
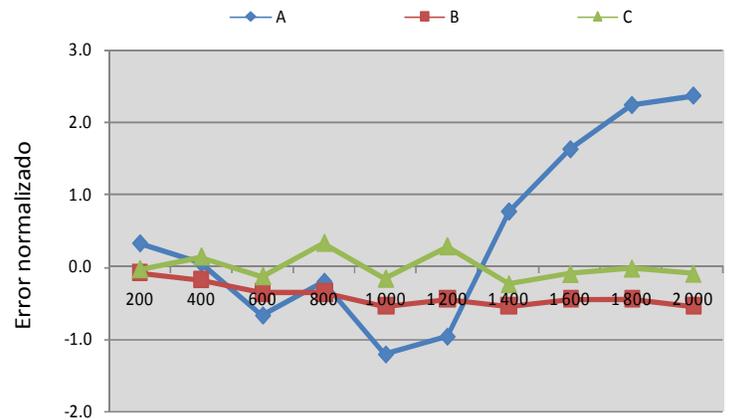
Los resultados se analizan con la información tal y como fue enviada por los laboratorios participantes en cada uno de los ensayos.



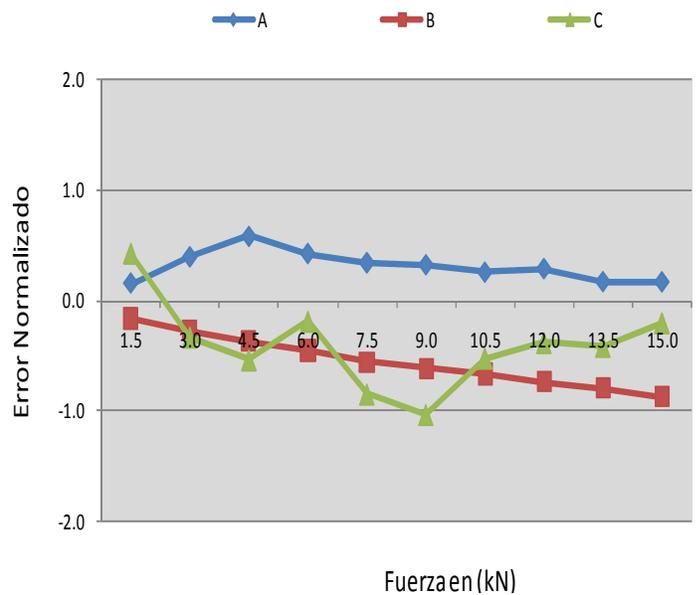
Figuras 1. Desviación relativa e incertidumbres informadas por cada laboratorio. Intervalo de medición de 2 kN.

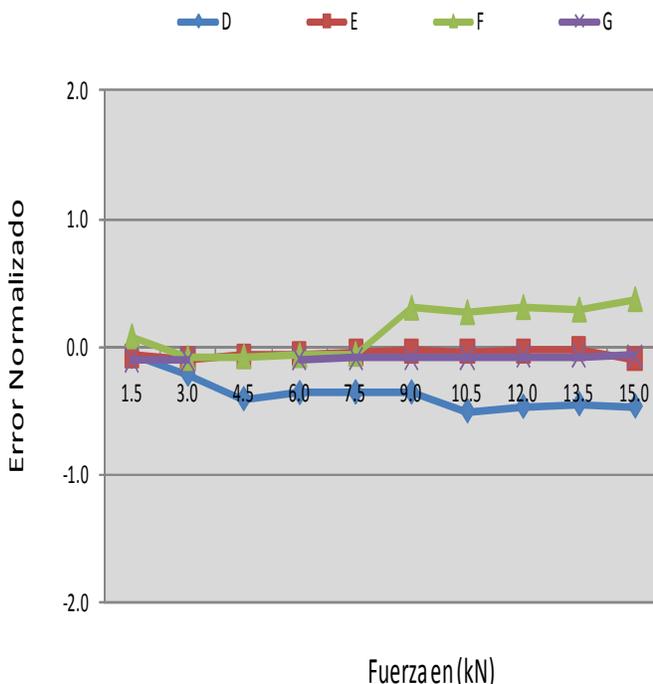


Figuras 2. Desviación relativa e incertidumbres informadas por cada laboratorio. Intervalo de medición de 15 kN.



Figuras 3. Error Normalizado para los laboratorios participantes en el intervalo de medición de 2 kN.





Figuras 4. Error Normalizado para los laboratorios participantes en el intervalo de medición de 15 kN.

6. OBSERVACIONES Y COMENTARIOS.

Una vez analizados los resultados y la información enviada por cada uno de los laboratorios, para cada uno de los dos ensayos de aptitud en calibración de máquinas a tracción, 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 los resultados, hubo laboratorios que:

- No evalúa reproducibilidad.
- La repetibilidad la evalúa de manera diferente a la guía de fuerza de eme, 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 en cada ensayo de aptitud, se observó que existen confusiones en conceptos metroológicos como es vocabulario y estimación de incertidumbres, así como en 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, considerando que la metodología fue diferente a la norma NMX CH 7500-1:2008.

En el ensayo de 2 kN, participaron 5 laboratorios de los cuales 4 (80 %) tienen todos los puntos de medición menor o igual a 1 en valor absoluto del error normalizado y 1 (20 %) tienen 4 o menos puntos de medición mayor a 1 en valor absoluto del error normalizado.

En el ensayo de 15 kN, participaron 7 laboratorios de los cuales 6 (85 %) tienen todos los puntos de medición menor o igual a 1 en valor absoluto en error normalizado y 1 (15 %) tiene 1 punto de medición mayor a 1 en valor absoluto en error normalizado.

REFERENCIAS.

[1] TORRES Guzmán J. C., *Comparaciones de Patrones de Medición*. IV Congreso Internacional y XVI Nacional de Metrología y Normalización. Guadalajara, México. Octubre 2000.

[2] 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.

[3] 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.