



ENSAYO DE APTITUD PARA LA CALIBRACIÓN DE MÁQUINAS DE ENSAYO A COMPRESIÓN, DE 10 kN a 100 kN

*Juan Christian Villarroel Poblete*¹, *Luis Soto Pinto*², *Manuel LLadser Prado*³

¹ Instituto de Investigaciones y Control del Ejército, Santiago, Chile, christian.villarroel@idic.cl

² Instituto de Investigaciones y Control del Ejército, Santiago, Chile, luis.soto@idic.cl

³ Instituto Nacional de Normalización, Unidad de Coordinación Red Nacional de Metrología, Santiago, Chile, manuel.lladser@inn.cl

Abstract: Esta constituye la cuarta comparación en la magnitud de fuerza realizada por Laboratorios de Calibración de Fuerza y el Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales Fuerza Chile..

Key words: calibración, máquinas de ensayo, comparación, LCPN-F.

1. INTRODUCCIÓN

A La cadena de trazabilidad de las mediciones de la industria debe realizarse con niveles adecuados de incertidumbre de acuerdo a las necesidades propias de cada país. La participación en las comparaciones entre los Laboratorios de calibración, permite asegurar el grado de equivalencia de las mediciones entre los Laboratorios como una diseminación correcta de la magnitud. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, de los sistemas de medición se fortalecen con las comparaciones entre Laboratorios. Los resultados que aquí se presentan corresponden a la cuarta comparación realizada entre los Laboratorios de calibración de magnitud fuerza nacionales y el LCPN-Fuerza de IDIC designado oficialmente Laboratorio custodio del patrón nacional. La participación en esta comparación de los Laboratorios del país permite conocer la compatibilidad de las mediciones y la competencia del personal acreditado en los Laboratorios integrantes de la Red de Metrología, supervisada por el INN, además poder vincular posteriormente estos resultados a la comparación internacional en calibración de máquinas de ensayo del Sistema Interamericano de Metrología SIM.

2. OJETIVO

Realizar una comparación en la magnitud de fuerza entre los Laboratorios de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la realización de la magnitud de fuerza en una máquina de ensayos entre los Laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada. Complementariamente, se buscó unificar el método de calibración en los Laboratorios al utilizar la misma norma de referencia, NCh 2598 (ISO 7500) y conocer cómo se está aplicando esta Norma entre los Laboratorios, los valores de referencia fueron propuestos por

el Laboratorio Piloto, el mensurando de la calibración de la máquina fue el error del instrumento bajo calibración respecto al valor de referencia del Laboratorio participante.

La comparación se llevó a cabo durante el mes de Diciembre de 2010, las calibraciones que realizó el LCPN-F fueron al inicio, en la mitad y al final del ensayo.

3. CARACTERÍSTICAS DE LA COMPARACIÓN

3.1 DATOS GENERALES

Instrumento utilizado (patrón de transferencia)

1 máquina de ensayos

Máquina de ensayos			
Marca	Modelo	Nº serie	Resolución
INSTRON	5582	5582P8704	0,01 kN

Alcance de medición de la comparación

De 10 hasta 100 kN

Método de calibración :

Comparación

Puntos de medición de calibración:

20 kN, 40 kN, 60 kN, 80 kN y 100 kN

Laboratorios participantes

Los Laboratorios participantes se indican en la tabla 1, ellos utilizaron sus propios patrones de calibración (transductores de fuerza, celdas de carga, etc.) para esta comparación.

LABORATORIO
CESMEC S.A.
SERVICIO DE METROLOGIA INTEGRAL Ltda.
UNIVERSIDAD DE CHILE, IDIEM
UNIVERSIDAD CENTRAL, LEMUC
UNIVERSIDAD DEL BIO – BIO, UBB
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL DEL EJÉRCITO, IDIC

Tabla 1

Listado de Laboratorios participantes

Programa de la comparación

La comparación se realizó en las siguientes etapas:

- Preparación. El LCPN-F realizó las mediciones previas. Con lo cual se establecieron los lineamientos generales de la comparación.
- El LCPN-F y el INN establecen la documentación base y las actividades a realizar.
- Se establecen las bases del protocolo.
- Se establece un marco de comunicación entre el LCPN-F, INN y los Laboratorios a fin de atender consultas sobre la comparación.
- Los Laboratorios participantes realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas.
- LCPN-F ejecutó la segunda medición en el equipo empleado para la comparación, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación, ver figura 1.
- Se efectúa la ronda de medición final en el LCPN-F.

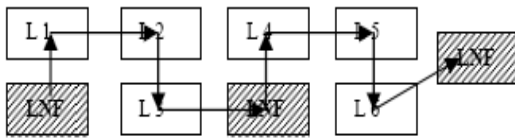


Fig. 1. Esquema de la comparación

4. RESULTADOS

Las siguientes hojas presentan los resultados de las mediciones realizadas por los Laboratorios, de acuerdo a la información enviada al LCPN-F.

Este trabajo consideró la evaluación de los resultados de calibración de los Laboratorios participantes, y la aplicación de la norma.

Para fines de este trabajo, se usó para la evaluación de los resultados, el valor de Error Normalizado (En) 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:

xlab es el valor obtenido por el Laboratorio participante.

xref es el valor de referencia (Laboratorio piloto).

Ulab es la incertidumbre expandida calculada por el Laboratorio participante.

Uref es la incertidumbre expandida calculada por el Laboratorio piloto.

De acuerdo al modelo de error normalizado si $|E_n| \leq 1$ los resultados entre ambos Laboratorios son compatibles y si $|E_n| > 1$, los resultados no son aceptables.

En la sección final 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 sus resultados. Lo anterior tiene por objetivo que los Laboratorios revisen sus resultados e identifiquen posibles oportunidades de mejora.

3.2 Comportamiento del patrón de comparación

El Laboratorio Nacional realizó un estudio del comportamiento del patrón de comparación. Las mediciones iniciales se realizaron al inicio de la comparación, entre Laboratorios y al final de la ronda. Los datos obtenidos se presentan gráficamente y se encuentran rotulados con LCPN-F1, LCPNF2, LCPNF3, de todas estas mediciones se trabajó con el promedio (LCPN-F).

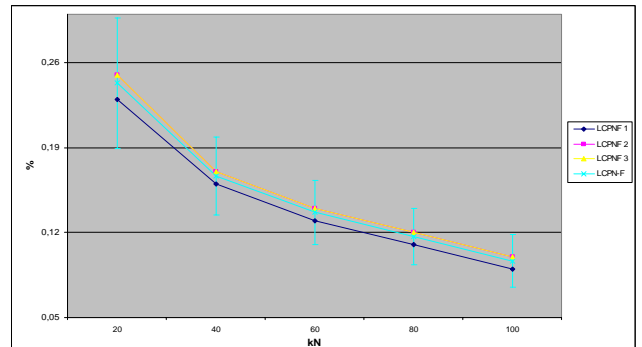
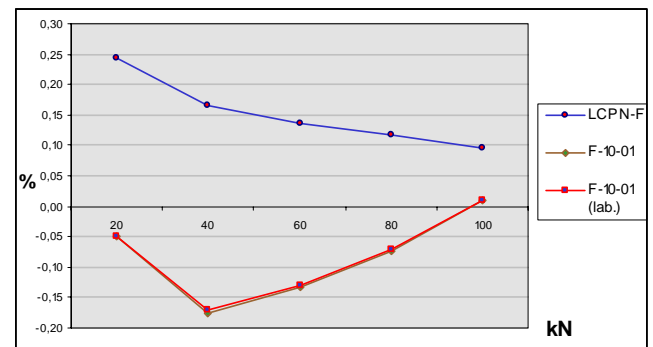


Fig. 2. Gráfico promedio mediciones LCPNF

El valor promedio de las lecturas del LCPN-F es el promedio de las tres calibraciones (inicial, intermedia y final). La incertidumbre del Laboratorio piloto es considerando las incertidumbre de las tres calibraciones y de la deriva observada en la máquina de ensayos.

Los siguientes gráficos representan los resultados de calibración de cada Laboratorio v/s el LCPN-F. Además se incluye el cálculo del error de exactitud (q) realizado por el LCPN-F con los datos entregados por los participantes.



kN	20	40	60	80	100
q Lab	-0,05	-0,17	-0,13	-0,07	0,01
q Lab 2	-0,05	-0,17	-0,13	-0,07	0,01
q LCPNF	0,24	0,17	0,14	0,12	0,10

Fig. 3 Error de exactitud (q)

q Lab : error calculado por el Laboratorio

q Lab 2 : error del Laboratorio calculado por el LCPNF

q LCPNF: error calculado por el LCPNF

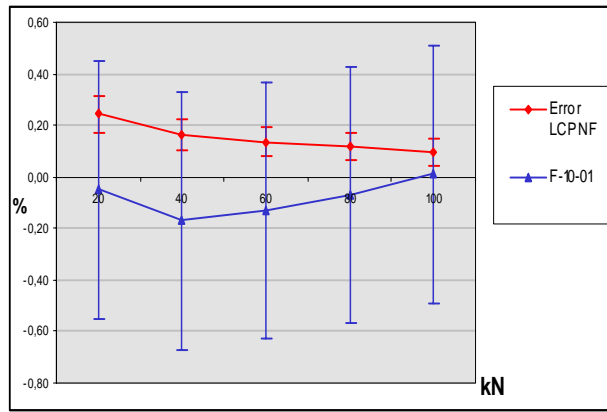


Fig. 4. Error de exactitud (q) con incertidumbre calculada

kN	20	40	60	80	100
U_{lab}	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
U_{ref}	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05

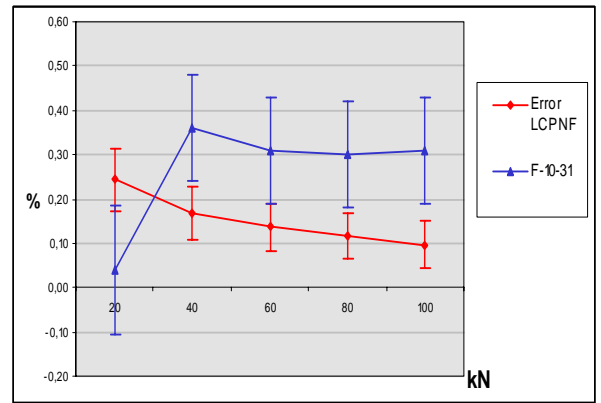
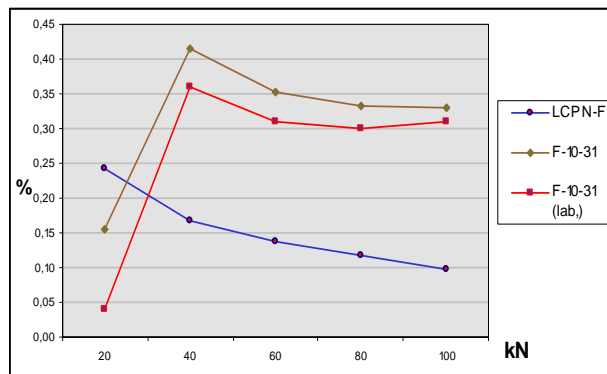


Fig. 6 Error de exactitud (q) con incertidumbre calculada

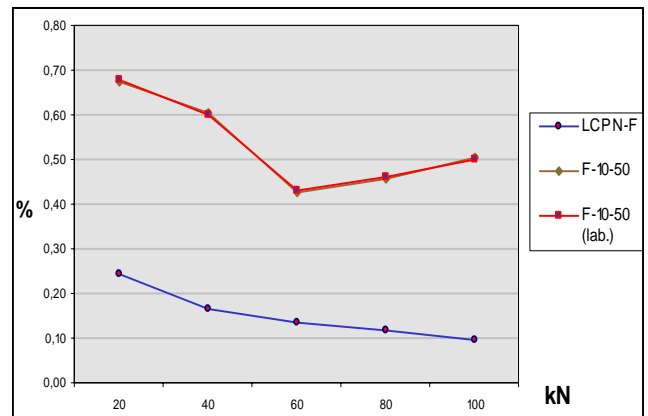
kN	20	40	60	80	100
U_{lab}	0,14	0,12	0,12	0,12	0,12
U_{ref}	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05



kN	20	40	60	80	100
q Lab	0,04	0,36	0,31	0,30	0,31
q Lab 2	0,16	0,41	0,35	0,33	0,33
q LCPNF	0,24	0,17	0,14	0,12	0,10

Fig. 5 Error de exactitud (q)

q Lab : error calculado por el Laboratorio
 q Lab 2 : error del Laboratorio calculado por el LCPNF
 q LCPNF: error calculado por el LCPNF



kN	20	40	60	80	100
q Lab	0,68	0,40	0,43	0,46	0,50
q Lab 2	0,68	0,60	0,43	0,46	0,50
q LCPNF	0,24	0,17	0,14	0,12	0,10

Fig. 7 Error de exactitud (q)

q Lab : error calculado por el Laboratorio
 q Lab 2 : error del Laboratorio calculado por el LCPNF
 q LCPNF: error calculado por el LCPNF

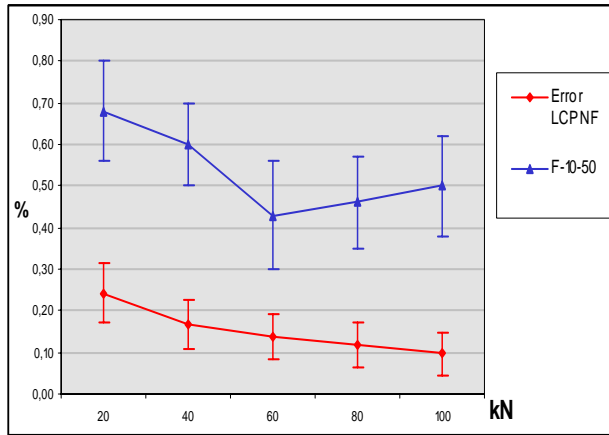


Fig. 8 Error de exactitud (q) con incertidumbre calculada

kN	20	40	60	80	100
U_{lab}	0,12	0,10	0,13	0,11	0,12
U_{ref}	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05

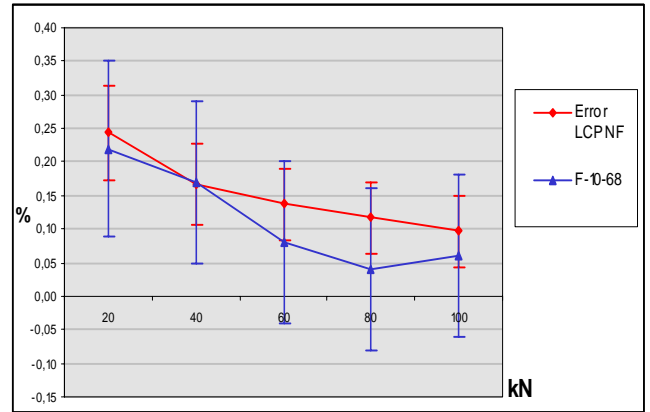
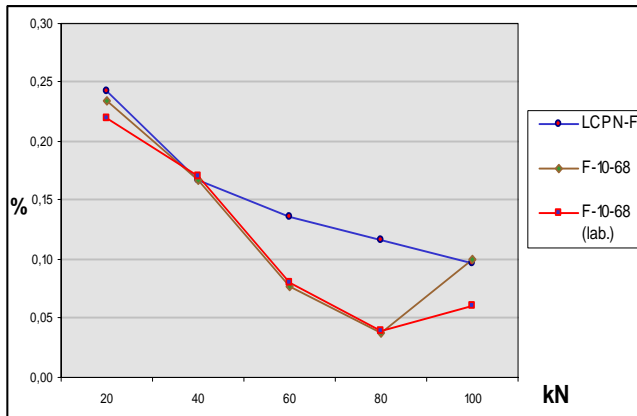


Fig. 10 Error de exactitud (q) con incertidumbre calculada

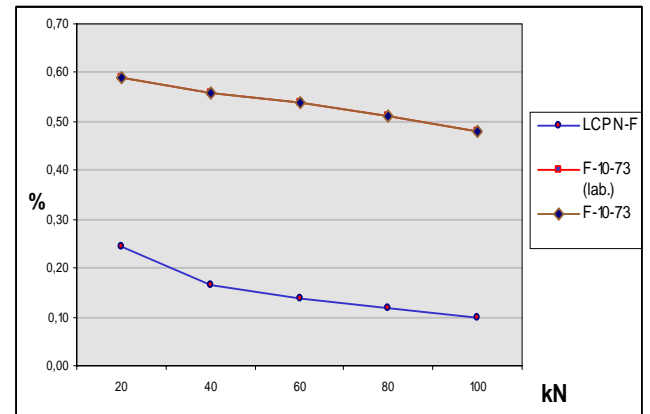
kN	20	40	60	80	100
U_{lab}	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12
U_{ref}	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05



kN	20	40	60	80	100
q Lab	0,22	0,17	0,08	0,04	0,06
q Lab 2	0,23	0,17	0,08	0,04	0,10
q LCPNF	0,24	0,17	0,14	0,12	0,10

Fig. 9 Error de exactitud (q)

q Lab : error calculado por el Laboratorio
 q Lab 2 : error del Laboratorio calculado por el LCPNF
 q LCPNF: error calculado por el LCPNF



kN	20	40	60	80	100
q Lab	0,59	0,56	0,54	0,51	0,48
q Lab 2	0,59	0,56	0,54	0,51	0,45
q LCPNF	0,24	0,17	0,14	0,12	0,10

Fig. 11 Error de exactitud (q)

q Lab : error calculado por el Laboratorio
 q Lab 2 : error del Laboratorio calculado por el LCPNF
 q LCPNF: error calculado por el LCPNF

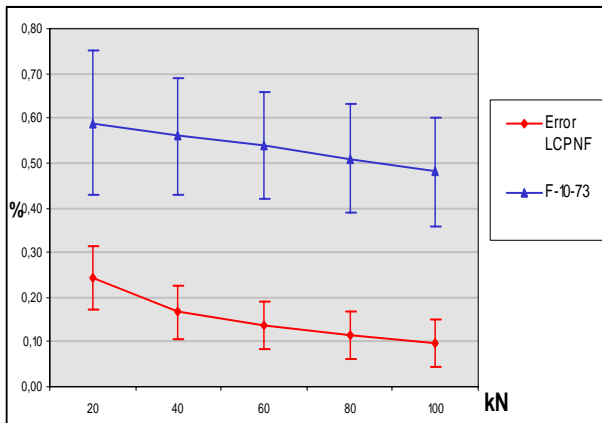


Fig. 12 Error de exactitud (q) con incertidumbre calculada

kN	20	40	60	80	100
U_{lab}	0,16	0,13	0,12	0,12	0,12
U_{ref}	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05

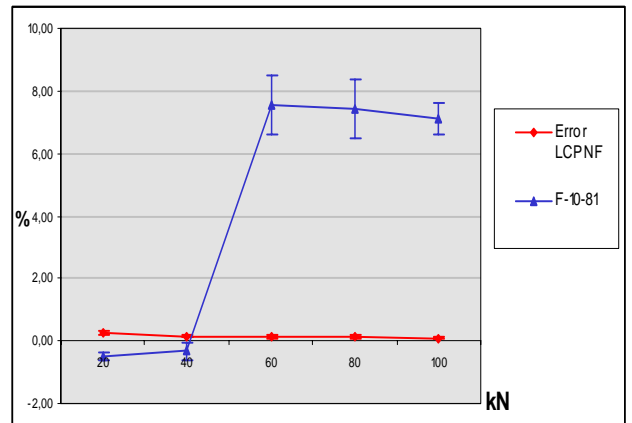
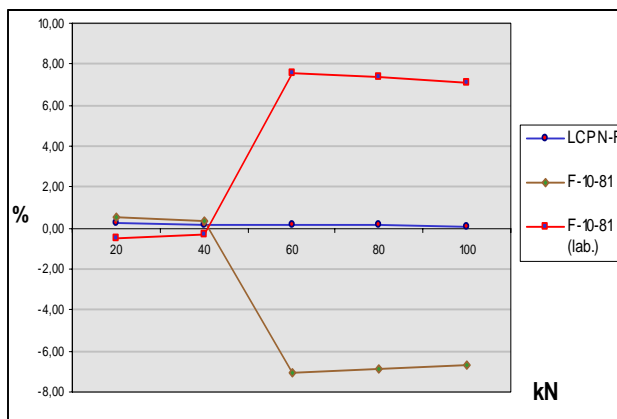


Fig. 14 Error de exactitud (q) con incertidumbre calculada

kN	20	40	60	80	100
U_{lab}	0,13	0,26	0,96	0,94	0,51
U_{ref}	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05



kN	20	40	60	80	100
q Lab	-0,50	-0,33	7,56	7,42	7,13
q Lab 2	0,50	0,33	-7,02	-6,90	-6,66
q LCPNF	0,24	0,17	0,14	0,12	0,10

Fig. 13 Error de exactitud (q)

q Lab : error calculado por el Laboratorio
 q Lab 2 : error del Laboratorio calculado por el LCPNF
 q LCPNF: error calculado por el LCPNF

Errores relativos

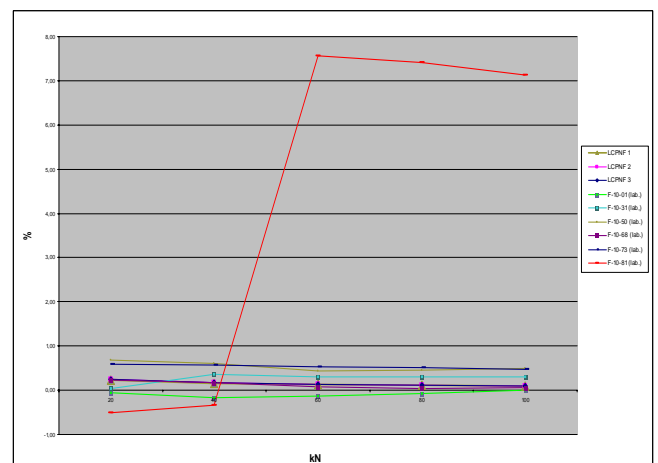


Fig. 15 Error de exactitud (q)

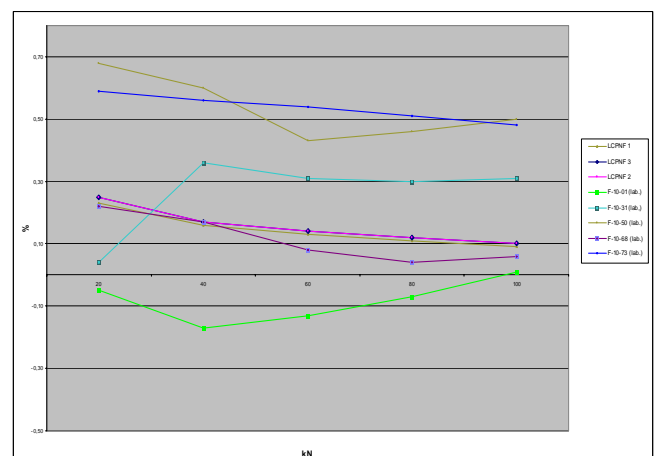


Fig. 16 Error de exactitud (q) (sin incluir F-10-81)

Los gráficos anteriores representan los errores de exactitud calculados por los Laboratorios

Cálculo de errores Normalizados

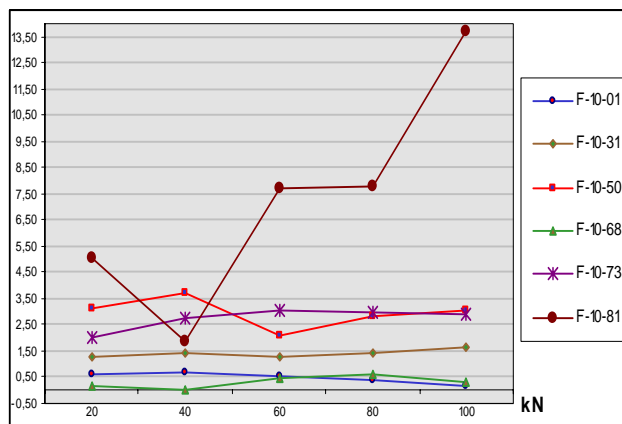


Fig. 17 Error Normalizado (q) calculado por los Laboratorios

F-10-01	F-10-31	F-10-50	F-10-68	F-10-73	F-10-81
0,58	1,27	3,14	0,16	1,99	5,03
0,67	1,43	3,72	0,02	2,75	1,86
0,53	1,31	2,09	0,43	3,07	7,72
0,37	1,40	2,81	0,58	3,00	7,76
0,17	1,62	3,07	0,28	2,92	13,72

Tabla 2
valores calculados E_n

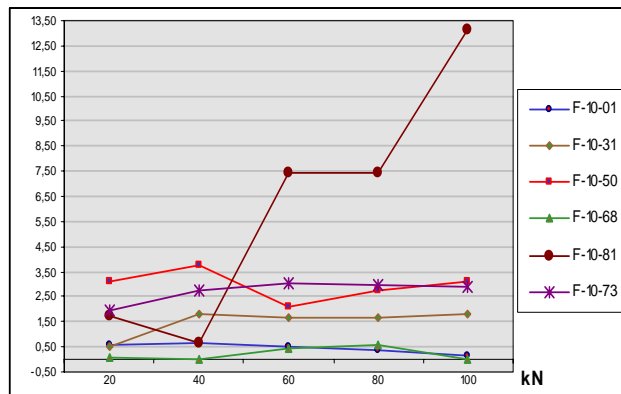


Fig. 18 Error Normalizado (q) calculado por los Laboratorios

F-10-01	F-10-31	F-10-50	F-10-68	F-10-73	F-10-81
0,58	0,55	3,11	0,06	1,99	1,76
0,68	1,83	3,75	0,00	2,75	0,63
0,54	1,63	2,07	0,45	3,07	7,45
0,38	1,64	2,77	0,60	3,00	7,46
0,17	1,78	3,09	0,03	2,92	13,17

Tabla 3
valores calculados E_n

En las Tablas N° 1 y N° 2, se presentan los datos calculados de Error Normalizado de la comparación para los valores del error relativo de exactitud con valores calculados por los Laboratorios y con los valores del error relativo de exactitud con valores calculados por el LCPN-F.

Los cuales fueron calculados directamente de las tablas de datos proporcionadas por los Laboratorios participantes, con ellas se calculó el error normalizado, usando como valor de referencia el promedio de las calibraciones efectuadas por el LCPN-F.

5. CONCLUSIONES

De los resultados que obtuvo el Laboratorio Piloto en las diferentes calibraciones, se puede observar:

1) Las calibraciones realizadas durante el periodo de la comparación muestran una buena estabilidad del equipo (maquina de ensayos) a corto plazo, sin existir mayores variaciones de lectura asociadas a los cambios de temperatura. Esto se puede ver claramente en la gráfica 1, curvas LCPN1, LCPN2 y LCPN3, donde las calibraciones mencionadas se realizaron en diferentes fechas con pequeñas variaciones de presión atmosférica y de humedad. Este estudio demuestra la transparencia del equipo utilizado como patrón de comparación a estos efectos y la confiabilidad por la estabilidad del mismo para los fines de esta comparación.

2) Todos los Laboratorios participantes presentan trazabilidad al LCPN-F.

3) No Existe una buena compatibilidad en la calibración de este tipo de instrumentos entre los Laboratorios que participaron en la comparación, esto se puede apreciar en las tablas N° 1 y N° 2 y sus gráficos respectivos.

4) Los resultados calculados por algunos Laboratorios no coinciden con los valores calculados por el LCPN-F.

5) Los resultados de incertidumbres calculados por algunos Laboratorios no corresponden al valor mínimo de incertidumbre de calibración de patrones (según ISO 376) entregado por el LCPN-F, correspondiente a clase de exactitud 1.

AGRADECIMIENTOS

El LCPN-F agradece a todos los laboratorios participantes por el interés demostrado en participar en esta actividad.

REFERENCIAS

- [1] NCh ISO 2598/1. Of 2009: Materiales metálicos – Verificación de máquinas de ensayos estáticos uniaxiales – Parte 1: Máquinas de ensayo tracción / compresión – Verificación y calibración del sistema de medición de fuerza.
- [2] ISO/IEC 17043 - Development and Operation of Laboratory Proficiency Testing.
- [3] ISO 376: 2004 - Metallic materials – Calibration of force-proving instruments used for the verification of uniaxial testing machines.
- [4] NCh 2450. Of 1998 - Vocabulario de Términos Fundamentales y Generales de Metrología.

[5] NCh 2451. Of. 1999 - Guía para la elaboración de Certificados de Calidad.