



## **INTERCOMPARACIÓN NACIONAL DE FUERZA (LD-FUERZA)**

### **INFORME FINAL**

**“CALIBRACIÓN DE DINAMÓMETRO, CON RANGO DE MEDICIÓN DE 5 a 50 kgf (49 a 490 N) N, EN TRACCIÓN “**

**F-18**

Laboratorio Designado Magnitud Fuerza (LD-F)  
Instituto de Investigaciones y Control del Ejército IDIC

## RESUMEN

Esta constituye la décima segunda comparación en la magnitud de fuerza realizada por Laboratorios de Calibración de Fuerza y el Laboratorio Designado Magnitud Fuerza (LD-F) de Chile.

Esta comparación fue desarrollada para evaluar y homologar los resultados de calibración de un dinamómetro en tracción de los laboratorios participantes.

Para la comparación se utilizó un Dinamómetro marca PCE, modelo PCE-HS 50N, Número de serie 00001664 en tracción, con un alcance de medición de 50 kgf (se utilizó sólo hasta 45 kgf).

El equipo fue adquirido por el Laboratorio Designado Magnitud Fuerza para esta comparación, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el Instituto Nacional de Normalización (INN) y la Red Nacional de Metrología (RNM) al desarrollo de la magnitud en el país.

## INTRODUCCIÓN

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 disseminación 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 décima segunda comparación realizada entre los Laboratorios de calibración de la magnitud fuerza nacionales, y el LD-Fuerza de IDIC designado oficialmente como Laboratorio Custodio de los patrones nacional de la Magnitud Fuerza. 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.

## 2. OBJETIVO

Realizar una comparación en la magnitud de fuerza entre los Laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de

concordancia para la realización de la magnitud de fuerza en la calibración de un dinamómetro en tracción entre los Laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada. Complementariamente, se buscó unificar y homologar el método de calibración en los laboratorios al utilizar la misma norma como referencia, NCh 2598 (ISO 7500:2004) y conocer cómo se está aplicando esta Norma en los laboratorios. Los valores de referencia fueron propuestos por el Laboratorio Piloto.

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

## 3. CARACTERÍSTICAS DE LA COMPARACIÓN

### 3.1 DATOS GENERALES

Instrumento utilizado: Dinamómetro

Dinamómetro		
Marca	Nº serie	Carga máxima
PCE	00001664	45 kgf

### Alcance de medición de la comparación:

De 5 hasta 45 kgf (49.03 hasta 441.29 N)

### Método de calibración:

Comparación en tracción

### Puntos de medición de calibración:

5 kgf (49.03 N), 10 kgf (98.07 N), 15 kgf (147.09 N), 20 kgf (196.13 N), 25 kgf (245.17 N), 30 kgf (294.20 N), 35 kgf (343.23 N), 40 kgf (392.27 N), 45 kgf (441.29 N)

### Laboratorios participantes

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

Laboratorio de Calibración
CESMEC S.A.
SERVICIO DE METROLOGÍA INTEGRAL SpA.
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL DEL EJÉRCITO

Tabla N°1 Listado de participantes

### Programa de la comparación

La comparación se realizó en las siguientes etapas:

- Preparación de la comparación por parte del LD-F, quien realizó las mediciones previas. Con esto se establecieron los lineamientos generales de la comparación.
- El LD-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 LD-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.

## 4. RESULTADOS

Las siguientes hojas presentan los resultados de las mediciones realizadas por los laboratorios, de acuerdo a la información enviada al LD-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 ( $E_n$ ), el cual se puede calcular con el siguiente modelo:

$$E_n = \frac{X_{Lab} - X_{Labref}}{\sqrt{U_{Lab}^2 + U_{Labref}^2}}$$

Donde:

$X_{Lab}$  : es el valor de fuerza obtenido por el Laboratorio participante

$X_{Labref}$  : es el valor de fuerza (Laboratorio piloto).

$U_{Lab}$  : es la incertidumbre expandida calculada por el laboratorio participante calculada en kN para un  $k=2$ .

$U_{Labref}$  : es la incertidumbre expandida promedio calculada por el Laboratorio piloto en kN para un  $k=2$ .

**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.

### 4.1 COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO DE COMPARACIÓN

El Laboratorio Nacional realizó un estudio del comportamiento del patrón de comparación. Las mediciones 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: Calib 1, Calib 2, Calib 3, Calib 4, Calib 5, de todas estas mediciones se trabajó con el promedio.

kgf	kgf		
	Calib <sub>1</sub>	Calib <sub>2</sub>	Calib <sub>3</sub>
5	4,96	4,97	4,97
10	9,96	9,95	9,95
15	14,94	14,93	14,94
20	19,94	19,93	19,92
25	24,91	24,91	24,89
30	29,90	29,88	29,86
35	34,88	34,87	34,86
40	39,86	39,85	39,83
45	44,84	44,83	44,80

kgf	U Calib %		
	Calib <sub>1</sub>	Calib <sub>2</sub>	Calib <sub>3</sub>
5	0,23	0,23	0,23
10	0,12	0,12	0,12
15	0,08	0,08	0,08
20	0,06	0,06	0,06
25	0,05	0,05	0,05
30	0,04	0,04	0,04
35	0,04	0,04	0,04
40	0,04	0,04	0,04
45	0,03	0,03	0,03

kgf	kgf		
	Calib <sub>4</sub>	Calib <sub>5</sub>	PROMEDIO
5	4,96	4,97	4,97
10	9,94	9,94	9,95
15	14,92	14,92	14,93
20	19,92	19,92	19,93
25	24,90	24,90	24,90
30	29,88	29,88	29,88
35	34,85	34,86	34,86
40	39,83	39,85	39,84
45	44,81	44,83	44,82

kgf	U Calib %		
	Calib 4	Calib 5	PROMEDIO
5	0,23	0,23	0,23
10	0,12	0,12	0,12
15	0,08	0,08	0,08
20	0,06	0,06	0,06
25	0,05	0,05	0,05
30	0,04	0,04	0,04
35	0,04	0,04	0,04
40	0,04	0,04	0,04
45	0,03	0,03	0,03

Tabla Nº 2 Valores de fuerza calculados por el LD-F

Tabla Nº 3 Valores de incertidumbres calculados por el LD-F en %

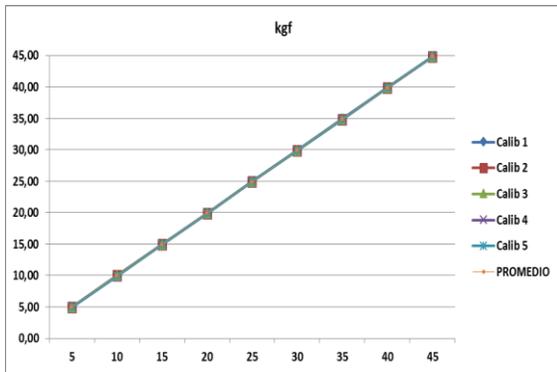


Gráfico Nº 1  
Valores de Fuerza calculados por el LD-F

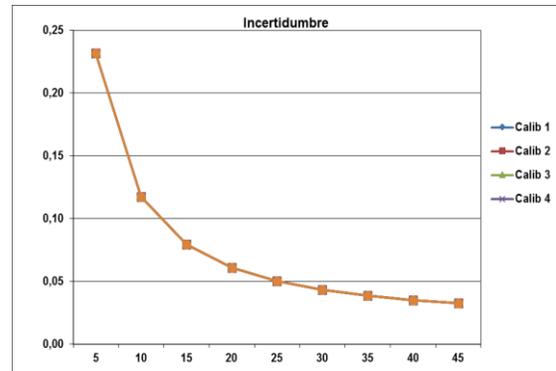


Gráfico Nº 2  
Valores de incertidumbres calculados por el LD-F

La siguiente información es la entregada por los laboratorios para su análisis (promedio, error de exactitud e incertidumbres).

kgf	F-2-18-72			F-2-18-77		
	kgf	q%	U <sub>95%</sub>	kgf	q%	U <sub>95%</sub>
5	4,97	0,54	1,56	4,96	-0,66	0,23
10	9,97	0,33	0,88	9,94	-0,46	0,12
15	14,95	0,36	0,81	14,93	-0,35	0,12
20	19,93	0,37	0,79	19,91	-0,29	0,09
25	24,91	0,37	0,78	24,89	-0,28	0,07
30	29,89	0,38	0,78	29,87	-0,28	0,06
35	34,87	0,38	0,78	34,85	-0,30	0,05
40	39,87	0,32	0,65	39,84	-0,26	0,03
45	44,83	0,37	0,75	44,82	-0,26	0,03

F-2-18-79			
kgf	kgf	q%	U <sub>95%</sub>
5	4,96	-0,66	0,23
10	9,94	-0,46	0,12
15	14,94	-0,26	0,12
20	19,93	-0,23	0,09
25	24,91	-0,23	0,07
30	29,89	-0,24	0,06
35	34,88	-0,20	0,05
40	39,86	-0,21	0,03
45	44,84	-0,22	0,03

Tabla Nº 4 Valores de errores de exactitud relativos e incertidumbres calculados por los laboratorios

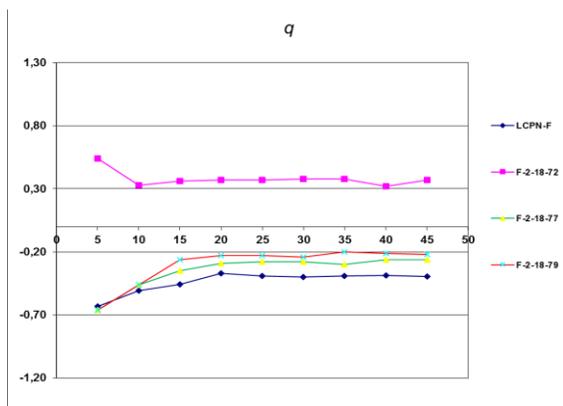


Gráfico Nº 3  
Valores de errores de exactitud relativos calculados por los laboratorios y el LD-F

kgf	q %		
	Calib <sub>1</sub>	Calib <sub>2</sub>	Calib <sub>3</sub>
5	-0,80	-0,53	-0,50
10	-0,45	-0,47	-0,45
15	-0,40	-0,45	-0,40
20	-0,31	-0,33	-0,40
25	-0,35	-0,38	-0,44
30	-0,35	-0,39	-0,46
35	-0,36	-0,38	-0,40
40	-0,35	-0,37	-0,43
45	-0,36	-0,37	-0,44

kgf	q %		
	Calib <sub>4</sub>	Calib <sub>5</sub>	PROMEDIO
5	-0,80	-0,53	-0,63
10	-0,60	-0,57	-0,51
15	-0,53	-0,51	-0,46
20	-0,40	-0,40	-0,37
25	-0,40	-0,39	-0,39
30	-0,40	-0,40	-0,40
35	-0,42	-0,40	-0,39
40	-0,42	-0,37	-0,39
45	-0,43	-0,37	-0,39

Tabla Nº 5 Valores de errores de exactitud relativos calculados por el LD-F

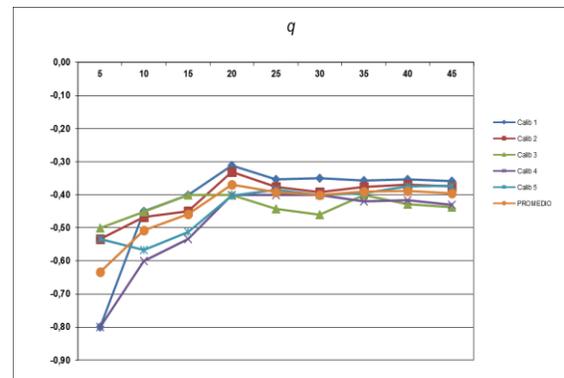
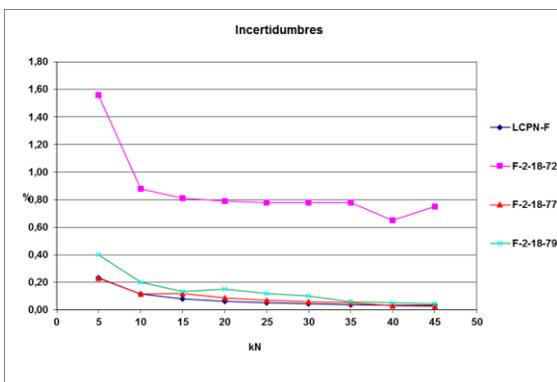


Gráfico Nº 4  
Valores de errores de exactitud relativos calculados por el LD-F



**Gráfico N° 5**  
Valores de incertidumbres calculados por los laboratorios y el LD-F

### Cálculo de error Normalizado

ERROR NORMALIZADO			
kgf	F-2-18-72	F-2-18-77	F-2-18-79
5	0,74	0,08	0,06
10	0,94	0,29	0,20
15	<b>1,01</b>	0,77	<b>1,28</b>
20	0,93	0,73	0,86
25	0,97	<b>1,28</b>	<b>1,24</b>
30	1,00	<b>1,65</b>	<b>1,48</b>
35	0,99	<b>1,41</b>	<b>2,75</b>
40	<b>1,09</b>	<b>2,81</b>	<b>2,92</b>
45	<b>1,02</b>	<b>3,25</b>	<b>3,17</b>

**Tabla N° 6** Valores de Errores Normalizados calculados para cada laboratorio participante

## 5. CONCLUSIONES

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

- 1) Para esta actividad se utilizaron masas, por lo cual los patrones de los Laboratorios participantes no presentan trazabilidad al LD-F.
- 2) El calibrando presenta una buena estabilidad (Dinamómetro) a corto plazo. Esto se puede ver claramente en la gráfica 1, curvas Calib 1, Calib 2, Calib 3, Calib 4, Calib 5, donde las calibraciones mencionadas se realizaron en diferentes fechas con pequeñas variaciones de

presión atmosférica y de humedad, las calibraciones se realizaron al principio, intermedio y al final. Este estudio demuestra la transparencia de los resultados y del equipo utilizado en la comparación.

- 3) Sólo considerando los valores medidos los tres laboratorios participantes muestran coherencia y compatibilidad con el LD-F.
- 4) De acuerdo a los resultados entregados, los tres laboratorios participantes muestran diferencias con respecto del laboratorio piloto, es decir no son compatibles con los resultados obtenidos por el LD-F.
- 5) Se observa que existe un laboratorio que entrega una incertidumbre muy alta para este tipo de calibración.
- 6) Los laboratorios presentan errores en los cálculos de los parámetros indicados en la Norma utilizada, específicamente en la forma de calcular el error de exactitud relativo ( $q$ ).
- 7) Los laboratorios que presentan no compatibilidad en los valores de errores normalizados, deberán analizar las posibles causas de las desviaciones en los resultados de calibración de este tipo de instrumentos.
- 8) Los laboratorios deberán revisar sus procedimientos de calibración y verificar si corresponden a lo indicado en la Norma de referencia utilizada para el desarrollo de ésta actividad.

## 5. AGRADECIMIENTOS

El LD -F desea agradecer a los participantes por su buena disposición durante el desarrollo de la 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] Guide ISO/IEC 17043 -Development and Operation of Laboratory Proficiency Testing.
- [3] ISO 376: 2011 -Metallic materials – ISO 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. 2014 -Guía para la elaboración de Certificados de Calibración.



**ENSAYO DE APTITUD  
ENSAYO DE TRACCIÓN A CAÑERÍAS  
DE COBRE (LD-FUERZA)  
EF-18**



# **ENSAYO DE TRACCIÓN EN CAÑERÍAS DE COBRE DE ½”**

**JUAN CHRISTIAN VILLARROEL POBLETE**

**LUIS SOTO PINTO**

**LABORATORIO DESIGNADO MAGNITUD FUERZA**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL DEL EJÉRCITO - IDIC**

# OBJETIVOS

- Evaluar grados de equivalencia y nivel, de acuerdo de las mediciones [1] de los participantes con el Laboratorio Designado de Patrones Nacionales Magnitud Fuerza, LD-F.
- Facilitar a los laboratorios participantes la ejecución de medidas de “Aseguramiento de la Calidad de los Resultados” de acuerdo a la sección 5.9 de NCh-ISO 17025.Of2005 [2].
- Facilitar el cumplimiento de uno de los requisitos del Sistema Nacional de Acreditación del INN establecido en el Doc. DA-D01 (ver en página Web INN).
- Apoyar al organismo de acreditación en la evaluación de los laboratorios de ensayo

# DESCRIPCIÓN DE ÍTEM DE ENSAYO CORRESPONDIENTE AL MENSURANDO

## PROBETA CANERÍA DE COBRE

Características de las probeta	
Diámetro Máximo	16 mm $\pm$ 0.1 mm
Longitud Máxima	400 mm $\pm$ 0.1 mm



## LABORATORIOS PARTICIPANTES

LABOMET LTDA.

LABORATORIO DE ENSAYOS MECÁNICOS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL DEL EJÉRCITO - IDIC



## Programa de la comparación

Cada Laboratorio efectuará la tracción de las muestras utilizando sus propios procedimientos de ensayo.

La Norma de referencia para efectuar este ensayo de aptitud y cálculos de resultados se basa en las normas ASTM E 8/ E 8M – 2016 a y ASTM B 88 - 2016.

Los laboratorios deberán determinar los valores de: ruptura carga máxima ( $N$ ), y Resistencia a la tracción, los valores deberán ser indicados en el Sistema Internacional.





$$E_n = \frac{X_{Lab} - X_{Labref}}{\sqrt{U_{Lab}^2 + U_{Labref}^2}}$$

Este ejercicio no fue posible de efectuar debido a que los laboratorios no declararon sus incertidumbres de ensayo.

# COMPORTAMIENTO DEL PATRÓN DE COMPARACIÓN

El laboratorio realizó 5 ensayos provenientes de una misma muestra homogénea  
A continuación se detalla los resultados de estas

Patrones utilizados	
	Incertidumbre $u$
Máquina de ensayo INSTRON	0,06 %
Pie de metro	0,01 mm

N° probeta	Lab. Referencia (MPa)
1	452,44
2	451,41
3	450,44
4	453,09

**Valores de Fluencia calculados por el laboratorio de referencia**

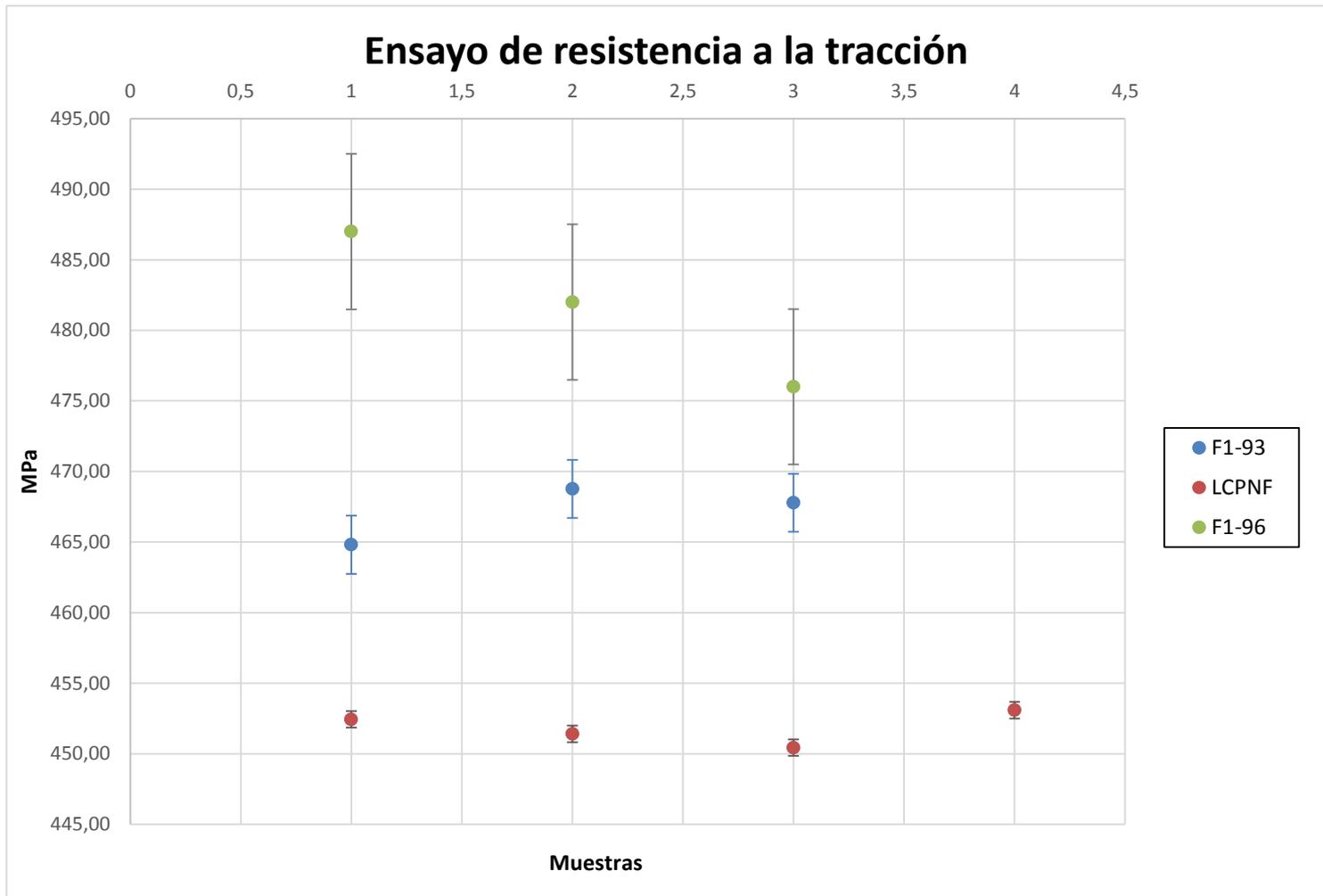
## COMPORTAMIENTO DEL PATRÓN DE COMPARACIÓN

Los laboratorios participantes realizaron el ensayo en 3 probetas homogéneas provenientes de una misma muestra

N° probeta	F-1-93 (MPa)	F-1-96 (MPa)
1	464,81	487,00
2	468,76	482,00
3	467,78	476,00

**Resultados**

**Valores de Fluencia calculados por los laboratorios participantes**



**Gráfico N° 4**

**Valores de las muestras ensayadas por los laboratorios  
Asumiendo la desviación estándar como incertidumbre  
del ensayo para los laboratorios**

# CONCLUSIONES

- Se observa un excelente análisis de los resultados obtenidos en el ensayo, considerando el valor mínimo de aprobación de resistencia para cañerías (25,31 kgf/mm<sup>2</sup>).
- Ambos laboratorios aplican las correcciones asociadas a los patrones utilizados en el ensayo (máquina de ensayo y pie de metro).
- En un futuro ensayo los laboratorios deberán declarar incertidumbre en función a la ISO GUM (Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida).
- La velocidad del ensayo se deberá controlar

