



**RED NACIONAL DE METROLOGÍA**  
**UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN**  
**LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES**  
**NACIONALES**  
**MAGNITUD PRESIÓN**  
**INFORME “A”**

**ENSAYO DE APTITUD NACIONAL**

**P2-24**

**CALIBRACIÓN DE MANÓMETRO DIGITAL DE PRESIÓN**  
**PRESIÓN RELATIVA NEGATIVA**

**Rango de medición: -100 kPa a 0 kPa**

**Medio de transmisión gas**

**mayo 2024 - diciembre 2024**

## ENSAYO DE APTITUD – PRESION

Marcial Espinoza. Angel Flores  
Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPN-PRESION), Chile.  
Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera n°11087.  
Teléfonos 56 (2) 2383 1966, 56 (2) 2383 1850,  
e-mails [marcial.espinoza@enaer.cl](mailto:marcial.espinoza@enaer.cl) [angel.flores@enaer.cl](mailto:angel.flores@enaer.cl)

**Resumen:** El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales- Presión ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Perteneiente a La Red Nacional de Metrología realiza el **Ensayo** de Aptitud 2024. Para ello se ha elegido un instrumento cuyo rango permite ser calibrado por la mayoría de los Laboratorios acreditados por el INN en la magnitud Presión, además de otros laboratorios de calibración no-acreditados. Las características del instrumento a utilizar fueron acordadas en taller de cierre del ensayo P-23, mientras que la comparación se llevó a cabo desde mayo 2024 a diciembre 2024. Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un manómetro digital, el alcance de medición es de -100 kPa a 0 kPa, clase de exactitud  $\pm 0,05\%$  del alcance de medición y una resolución de 0,01 kPa. El instrumento fue facilitado por el LCPN-Presión ENAER Chile, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el INN en el marco de la Red de Metrología de Chile.

## INTRODUCCION

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 Metrología, permite asegurar el grado de equivalencia de las mediciones entre los laboratorios acreditados por la RNM con una diseminación correcta de las mediciones. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza en las mediciones, tanto en el ámbito Nacional como en el Internacional, se fortalece con las comparaciones entre laboratorios.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a Ensayo de Aptitud 2024 íntegramente realizada entre los laboratorios de presión nacionales y el LCPN-Presión de ENAER designado oficialmente laboratorio custodio del patrón nacional de Chile. 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.

## OBJETIVO

Realizar una comparación en el ámbito metrológico de la magnitud de presión entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la magnitud presión entre los laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada.

Complementariamente, se buscó unificar los métodos de calibración en los laboratorios al utilizar la misma guía de referencia, DKD-R6-1 y conocer la capacidad de medición de presión que tiene el país empleando como referente para la magnitud el LCPN-P de ENAER como Laboratorio Nacional designado por el Estado de Chile.

## DATOS GENERALES

### Patrón Viajero.

Como patrón Viajero de comparación se utilizó un manómetro digital de presión relativa negativa rango de -100 kPa a 0 kPa .

El instrumento patrón viajero fue facilitado por LCPN-P de ENAER.

<b>Tipo de Instrumento :</b>	Manómetro digital
<b>Modelo:</b>	CPG1500
<b>No. de serie:</b>	1 <sup>o</sup> 00B93HZIF
<b>Alcance de Medición:</b>	-100 kPa a 275 kPa
<b>Unidad de medición:</b>	kPa.
<b>Resolución:</b>	0,01
<b>Clase de exactitud:</b>	±0,05 % (del alcance total)
<b>Medio de transmisión</b>	GAS (Aire )
<b>Fabricante:</b>	WIKA

Tabla 1. Patrón Viajero de comparación.

Las características del estándar Primario utilizado del LCPN- P para calibrar el patrón viajero en este ensayo de aptitud EA P2-24 se presentan en la tabla 2.

LCPN-P Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Área efectiva Pistón-cilindro S-488 ( m <sup>2</sup> )	Gravedad local ms <sup>-2</sup>	Alcance de medición	Incertidumbre relativa (lectura), k=2
Estándar Primario	Balanza de Peso Muerto	Pressurements	8,06339 x 10 <sup>-5</sup>	9,794 247	-100 kPa	0,30 Pa + 4 * 10 <sup>-5</sup> *pe(kPa)

Tabla 2.- Patrón Nacional utilizado para calibrar el patrón viajero

## Laboratorios participantes y programa de comparación EA P2-24 (-100 kPa)

Al ensayo de aptitud presión lograron incorporarse 16 laboratorios.

PILOTO LCPN ENAER			22-07-2024	26-07-2024
1	CIDE-USACH		12-08-2024	16-08-2024
2	Servincal Chile SpA.		19-08-2024	22-08-2024
3	INDUTECNICA CHACON S.I.C SpA		22-08-2024	27-08-2024
4	METROCAL (Metrología y Calidad Spa)		27-08-2024	30-08-2024
5	DTS SPA		30-08-2024	04-09-2024
6	VIGNOLA INGENIERIA INDUSTRIAL LIMITADA		04-09-2024	09-09-2024
7	Servicio de Metrología Integral Spa		09-09-2024	12-09-2024
PILOTO LCPN ENAER			12-09-2024	23-09-2024
8	Metrological SpA		23-09-2024	26-09-2024
9	CESMEC S.A.		26-09-2024	01-10-2024
10	VETO Y CÍA. LTDA.		01-10-2024	04-10-2024
11	WIKA Chile SpA		04-10-2024	09-10-2024
12	LABORATORIOS DAVIS S.A. (sólo gas -90 kPa)		09-10-2024	11-10-2024
PILOTO LCPN ENAER			11-10-2024	18-10-2024
13	Sociedad Lem Laboratorios & Asistencia Técnica Ltda.		18-10-2024	25-10-2024
14	ASMAR TALCAHUANO		28-10-2024	05-11-2024
PILOTO LCPN ENAER			12-11-2024	19-11-2024
15	ENAER		25-11-2024	29-11-2024
PILOTO LCPN ENAER			02-12-2024	10-12-2024

De acuerdo a la cantidad de participantes del EA P2-24 el Laboratorio Piloto (ENAER) y el INN establecen la documentación base y actividades a realizar.

- a) Preparación: El Laboratorio Piloto (ENAER) realizó las mediciones iniciales. Con lo cual estableció los lineamientos generales de la comparación, calibrando el Patrón Viajero en tres oportunidades.
- b) Los 13 laboratorios participantes del ensayo de aptitud P2-24 realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas.
- c) El instrumento viajero fue calibrado por el piloto en 10 oportunidades y en fechas distintas de acuerdo a la programación descrita.
- d) El Laboratorio Piloto (ENAER) realizó las mediciones finales de acuerdo a la programación descrita. Con lo cual se completó el ciclo de mediciones realizadas por el Piloto.
- e) El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos para los fines de este ensayo.
- f) El 12 de diciembre de 2024 el LCPN-P de ENAER emite un informe final "A" que contiene el análisis y conclusiones de la comparación con los resultados obtenidos por los laboratorios participantes, se hace llegar éste informe al INN quién lo distribuye a cada participante.

## RESULTADOS

### Comportamiento del patrón de comparación

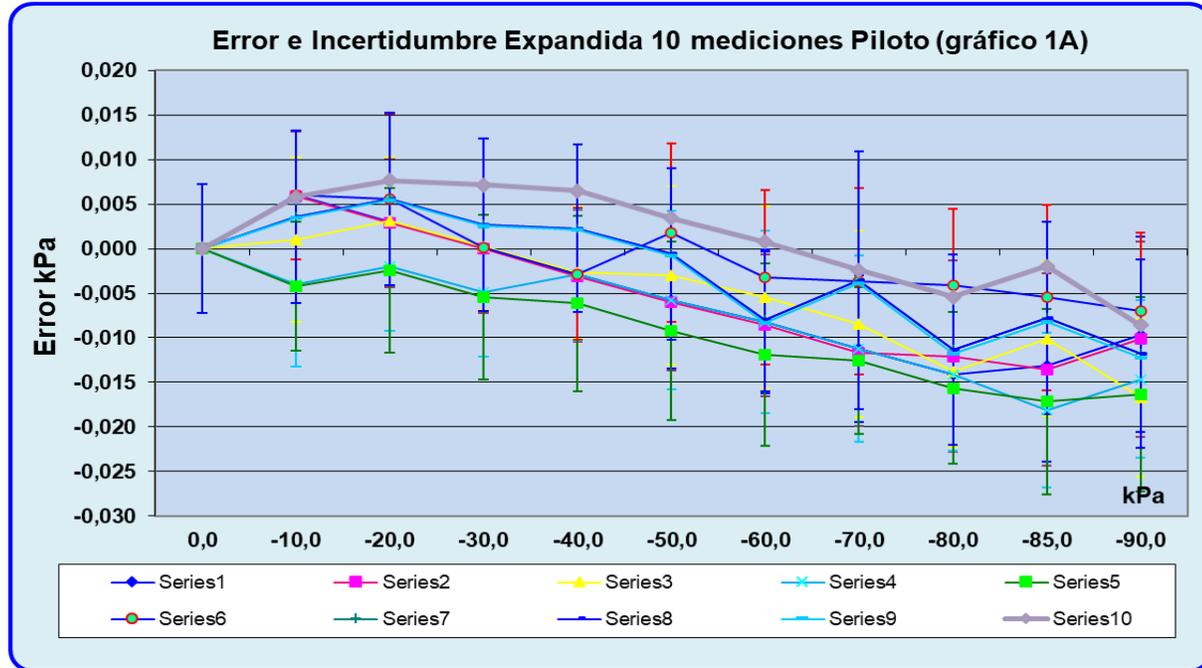


Gráfico 1A.Piloto: Error e incertidumbre 10 mediciones Laboratorio LCPN-P.

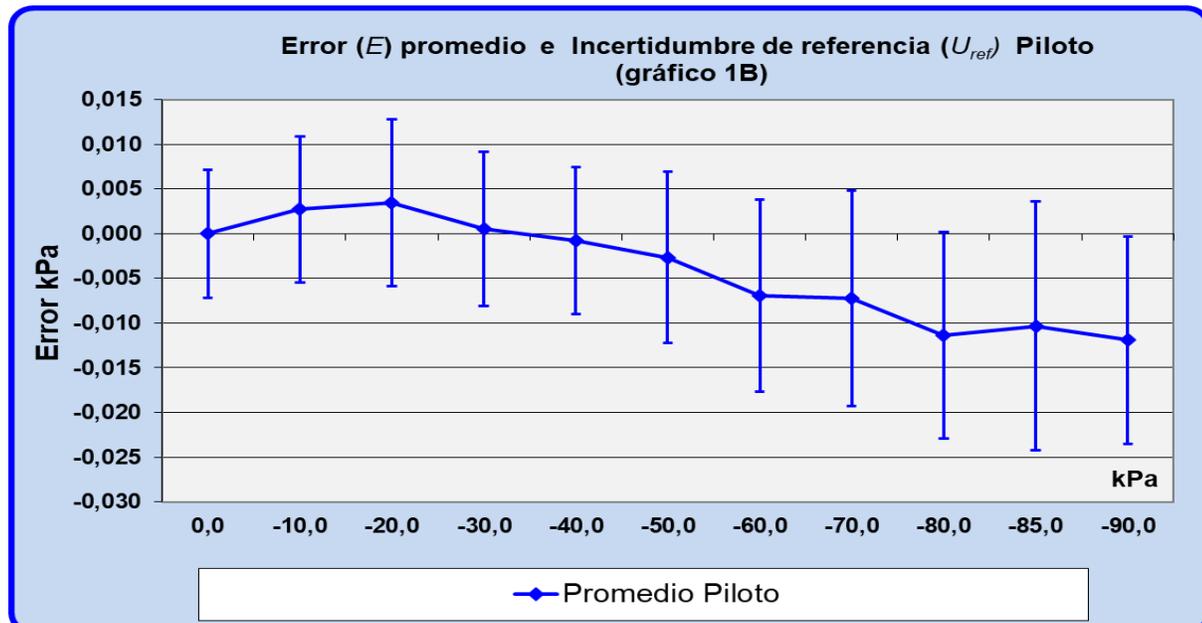


Gráfico 1B.Piloto: Error promedio e incertidumbre 10 mediciones Laboratorio LCPN-P.

**Deriva del patrón viajero:** El laboratorio designado de la magnitud Presión (ENAER) realizó un estudio de la deriva del patrón viajero calibrado en 10 oportunidades en 5 fechas distintas.

Las calibraciones realizadas durante el periodo de la comparación muestran una buena estabilidad del instrumento a corto plazo. Las calibraciones mencionadas se realizaron en diferentes fechas hasta los -90 kPa, el error de medición y la presión aplicada se relacionan linealmente, con pendiente negativa. Este comportamiento fue consistente en las 10 mediciones realizadas.

La incertidumbre por deriva se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$u_{\text{deriva}} = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

Donde:

$d =$  Diferencia entre dos calibraciones sucesivas

La incertidumbre por deriva se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$u_{\text{deriva}} = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

Donde:

$d =$  Diferencia entre dos calibraciones sucesivas

Para el caso específico de este ensayo de aptitud, la deriva total del equipo se calculó en base a la diferencia máxima en cada punto entre las 8 mediciones (calibraciones realizadas por el piloto), obteniendo una deriva máxima de **0,0051 kPa**, lo que representa un **0,0051 %** respecto de la escala total del instrumento. Esta cifra es **9,8 veces menor** que la exactitud declarada para el instrumento.

Este estudio demuestra la confiabilidad y estabilidad del instrumento utilizado como patrón viajero para los efectos y fines de esta comparación.

### Datos de las mediciones de los participantes EA P2-24 -100 kPa

En la Tabla 3 se presentan los datos de la comparación para los valores del error promedio  $E$ , y en la tabla 4 se encuentran las incertidumbres de medición asociada para los diferentes puntos de presión nominal encontrados por los laboratorios participantes.

Los valores que en el resto de este documento se usan para representar los resultados obtenidos por LCPN-P (Piloto), para el error y la incertidumbre combinada, son el máximo de las lecturas realizadas en diferentes fechas de toma de lectura en el laboratorio de LCPN-P.

$$E_{ENAER} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad U_{ENAER} = \max(U_i; U_n)$$

Para el cálculo de la incertidumbre de referencia  $U_{ref}$  para el ensayo de aptitud se agregó una componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de deriva del patrón, según la ecuación.

$$U_{ref} = 2 \times \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

*Desempeño de los participantes, cuyo patrón utilizado puede ser:*

- *Balanza de Peso Muerto ( B P M )*
- *Manómetro patrón digital (Test G)*
- *Transductor o sensor de presión con indicador digital (TX)*

Error promedio de cada participante														
Presión	Error % FS	Error	P2-24-											
kPa	LCPN	LCPN	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118
0	0,000%	0,000	0,000			0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,005	0,003	-0,005	-0,001
-10	-0,003%	0,003	0,019			0,010	0,011	0,000	0,009	-0,003	0,005	0,005	0,000	0,016
-20	-0,003%	0,003	0,008			0,000	0,012	0,000	0,007	0,000	0,008	-0,002	0,000	0,012
-30	-0,001%	0,001	0,003			0,005	0,006	0,000	0,005	0,006	0,005	-0,005	-0,015	0,008
-40	0,001%	-0,001	0,007			0,005	0,005	-0,010	0,006	0,012	-0,005	-0,008	-0,002	0,008
-50	0,003%	-0,003	0,012			0,002	0,004	-0,010	0,001	-0,012	0,005	-0,018	-0,007	0,009
-60	0,007%	-0,007	0,008			0,002	-0,002	-0,010	-0,003	0,000	0,005	-0,020	-0,005	0,006
-70	0,007%	-0,007	-0,001			-0,002	-0,005	-0,010	-0,005	0,004	-0,005	-0,007	0,007	0,008
-80	0,011%	-0,011	-0,006			0,000	-0,007	-0,020	-0,007	0,005	-0,005	-0,012	-0,015	0,005
-90	0,010%	-0,010	-0,003			0,000	-0,008	0,000	-0,009	0,011	0,000	-0,009	0,009	-0,001
-100	0,012%	-0,012	0,003			-0,002	-0,011	0,000	-0,014	0,015	0,000	-0,004	-0,013	-0,003

Tabla 3. Error promedio, E, obtenido en cada punto.

U total de cada Laboratorio Participante														
Presión	U % FS	U Referencia	P2-24-											
kPa	LCPN	LCPN	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118
0	-0,007%	0,0072	0,2104			0,0222	0,0128	0,0400	0,0119	0,0091	0,0668	0,0284	0,0183	0,0262
-10	-0,008%	0,0082	0,2368			0,0250	0,0143	0,0400	0,0117	0,0192	0,0668	0,0290	0,0183	0,0262
-20	-0,009%	0,0093	0,2748			0,0222	0,0143	0,0400	0,0122	0,0156	0,0666	0,0283	0,0183	0,0262
-30	-0,009%	0,0087	0,3172			0,0229	0,0165	0,0400	0,0134	0,0189	0,0668	0,0290	0,0191	0,0262
-40	-0,008%	0,0082	0,3387			0,0229	0,0172	0,0400	0,0137	0,0204	0,0668	0,0278	0,0210	0,0262
-50	-0,010%	0,0095	0,3149			0,0222	0,0165	0,0400	0,0128	0,0553	0,0668	0,0289	0,0194	0,0262
-60	-0,011%	0,0107	0,2387			0,0246	0,0201	0,0400	0,0118	0,0407	0,0668	0,0277	0,0191	0,0262
-70	-0,012%	0,0121	0,1361			0,0271	0,0201	0,0400	0,0139	0,0331	0,0668	0,0289	0,0194	0,0262
-80	-0,012%	0,0115	0,0813			0,0311	0,0182	0,0400	0,0142	0,0369	0,0668	0,0283	0,0191	0,0262
-90	-0,014%	0,0139	0,0802			0,0313	0,0201	0,0000	0,0147	0,0303	0,0663	0,0296	0,0183	0,0262
-100	-0,012%	0,0116	0,0993			0,0203	0,0152	0,0000	0,0150	0,0392	0,0664	0,0283	0,0218	0,0262

Tabla 4. Incertidumbre promedio U, obtenida en cada punto.

<b>U<sub>Res-ensayo</sub> Laboratorios Participantes</b>													
Presión	<i>U<sub>res</sub></i>	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-
kPa	LCPN	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118
0,0	2,89E-03	2,89E-03			2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	5,77E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03
-10,0	2,89E-03	2,89E-03			2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	5,77E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03
-20,0	2,89E-03	2,89E-03			2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	5,77E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03
-30,0	2,89E-03	2,89E-03			2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	5,77E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03
-40,0	2,89E-03	2,89E-03			2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	5,77E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03
-50,0	2,89E-03	2,89E-03			2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	5,77E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03
-60,0	2,89E-03	2,89E-03			2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	5,77E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03
-70,0	2,89E-03	2,89E-03			2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	5,77E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03
-80,0	2,89E-03	2,89E-03			2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	5,77E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03
-90,0	2,89E-03	2,89E-03			2,89E-03	2,89E-03	0,00E+00	2,89E-03	2,89E-03	5,77E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03
-100,0	2,89E-03	2,89E-03			2,89E-03	2,89E-03	0,00E+00	2,89E-03	2,89E-03	5,77E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03

Tabla 5. Incertidumbre por resolución del equipo en ensayo.

<b>U<sub>Histéresis</sub> Laboratorios Participantes</b>															
Presión	% FS	<i>U<sub>histéresis</sub></i>	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	
kPa	LCPN	Piloto	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118	
0,0	0,0000%	0,00000	0,00000				0,00000	0,00000	0,00000	0,00289	0,00000	0,00289	0,00144	0,00000	0,00000
-10,0	-	0,00043	0,00000				0,00000	0,00144	0,00000	0,00289	0,00592	0,00289	0,00433	0,00029	0,00072
-20,0	0,0012%	0,00115	0,00000				0,00000	0,00144	0,00000	0,00289	0,00433	0,00144	0,00289	0,00000	0,00130
-30,0	-	0,00087	0,00289				0,00289	0,00433	0,00000	0,00289	0,00563	0,00289	0,00433	0,00289	0,00087
-40,0	0,0009%	0,00101	0,00000				0,00289	0,00577	0,00000	0,00289	0,00592	0,00289	0,00144	0,00433	0,00000
-50,0	-	0,00043	0,00000				0,00144	0,00433	0,00000	0,00289	0,00996	0,00289	0,00289	0,00144	0,00130
-60,0	0,0004%	0,00000	0,00000				0,00144	0,00722	0,00000	0,00289	0,00548	0,00289	0,00000	0,00289	0,00245
-70,0	-	0,00043	0,00000				0,00144	0,00722	0,00000	0,00289	0,00606	0,00289	0,00289	0,00144	0,00144
-80,0	0,0004%	0,00058	0,00000				0,00289	0,00577	0,00000	0,00289	0,00318	0,00289	0,00289	0,00274	0,00130
-90,0	-	0,00087	0,00000				0,00000	0,00722	0,00000	0,00289	0,00087	0,00000	0,00433	0,00000	0,00173
-100,0	0,0006%	0,00087	0,00000				0,00000	0,00722	0,00000	0,00289	0,00087	0,00000	0,00433	0,00000	0,00173
	0,0009%	0,00087	0,00000				0,00000	0,00722	0,00000	0,00289	0,00087	0,00000	0,00433	0,00000	0,00173
	0,0000%	0,00000	0,00000				0,00144	0,00289	0,00000	0,00289	0,00058	0,00144	0,00289	0,00144	0,00000

Tabla 6. Incertidumbre por histéresis del equipo en ensayo.

Presión	% FS	$U_{\text{repetibilidad}}$	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-
kPa	LCPN	LCPN	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118
0,0	0,0000%	0,00000	0,00000			0,00000	0,00000	0,00000	0,00289	0,00000	0,00289	0,00289	0,00000	0,00000
-10,0	-0,0039%	0,00394	0,00000			0,00577	0,00289	0,00000	0,00289	0,00606	0,00289	0,00000	0,00029	0,00029
-20,0	-0,0033%	0,00333	0,00289			0,00000	0,00289	0,00289	0,00289	0,00462	0,00289	0,00000	0,00000	0,00231
-30,0	-0,0037%	0,00370	0,00289			0,00000	0,00289	0,00289	0,00289	0,00606	0,00289	0,00000	0,00000	0,00115
-40,0	-0,0038%	0,00380	0,00000			0,00000	0,00000	0,00289	0,00289	0,00693	0,00289	0,00000	0,00289	0,00058
-50,0	-0,0040%	0,00398	0,00000			0,00289	0,00289	0,00289	0,00289	0,02540	0,00289	0,00289	0,00289	0,00115
-60,0	-0,0035%	0,00351	0,00000			0,00289	0,00289	0,00289	0,00000	0,01905	0,00289	0,00000	0,00000	0,00087
-70,0	-0,0042%	0,00418	0,00000			0,00289	0,00289	0,00289	0,00289	0,01472	0,00289	0,00289	0,00289	0,00231
-80,0	-0,0038%	0,00378	0,00000			0,00289	0,00289	0,00289	0,00289	0,01761	0,00289	0,00000	0,00029	0,00029
-90,0	-0,0051%	0,00512	0,00000			0,00000	0,00289	0,00000	0,00289	0,01443	0,00000	0,00289	0,00029	0,00231
-100,0	-0,0032%	0,00322	0,00000			0,00289	0,00289	0,00000	0,00289	0,01905	0,00000	0,00000	0,00577	0,00087

Tabla 7. Incertidumbre por repetibilidad del equipo en ensayo.

$U_{\text{Desv cero}}$ Laboratorios Participantes														
Presión	% FS	$U_{\text{desv 0}}$	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-
kPa	LCPN	LCPN	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118
0,0	0,0000%	0,00000	0,00000			0,00000	0,00000	0,00000	0,00144	0,00000	0,00289	0,00289	0,00000	0,00000
-10,0	0,0000%	0,00000	0,00000			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00289	0,00289	0,00000	0,00000
-20,0	0,0000%	0,00000	0,00000			0,00000	0,00000	0,00000	0,00144	0,00000	0,00289	0,00289	0,00000	0,00000
-30,0	0,0000%	0,00000	0,00000			0,00000	0,00000	0,00000	0,00289	0,00000	0,00289	0,00289	0,00000	0,00000
-40,0	0,0000%	0,00000	0,00000			0,00000	0,00000	0,00000	0,00289	0,00000	0,00289	0,00289	0,00000	0,00000
-50,0	0,0000%	0,00000	0,00000			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00289	0,00289	0,00000	0,00000
-60,0	0,0000%	0,00000	0,00000			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00289	0,00289	0,00000	0,00000
-70,0	0,0000%	0,00000	0,00000			0,00000	0,00000	0,00000	0,00144	0,00000	0,00289	0,00289	0,00000	0,00000
-80,0	0,0000%	0,00000	0,00000			0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00289	0,00289	0,00000	0,00000
-90,0	0,0000%	0,00000	0,00000			0,00000	0,00000	0,00000	0,00144	0,00000	0,00289	0,00289	0,00000	0,00000
-100,0	0,0000%	0,00000	0,00000			0,00000	0,00000	0,00000	0,00144	0,00000	0,00289	0,00289	0,00000	0,00000

Tabla 8. Incertidumbre por desviación de cero del equipo en ensayo.

U <sub>estabilidad</sub> Laboratorios Participantes														
Presión	% FS	u <sub>desv 0</sub>	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-
kPa	LCPN	LCPN	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118
0,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-10,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-20,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-30,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-40,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-50,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-60,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-70,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-80,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-90,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00000	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-100,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00000	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
<b>Estabilidad</b>		<b>0,0100</b>	<b>5,7,E-03</b>			<b>0,E+00</b>	<b>0,0100</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>1,4,E-03</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>

Tabla 9. Incertidumbre por estabilidad del equipo en ensayo.

UPatrón = 1		B P M	Test G	Test G	Test G	TX	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	Test G
Presión	% FS	u <sub>patrón</sub>	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-
kPa	LCPN	LCPN	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118
0,0	0,0000%	0,00E+00	1,05E-01			8,99E-03	3,50E-03	1,70E-02	4,00E-04	2,00E-03	1,40E-02	1,00E-02	5,00E-03	3,50E-03
-10,0	0,0006%	-6,24E-04	1,18E-01			8,99E-03	3,50E-03	1,70E-02	8,60E-04	2,00E-03	1,40E-02	1,00E-02	5,00E-03	3,50E-03
-20,0	0,0006%	-6,24E-04	1,37E-01			8,99E-03	3,50E-03	1,70E-02	1,32E-03	2,00E-03	1,40E-02	1,00E-02	5,00E-03	3,50E-03
-30,0	0,0006%	-6,24E-04	1,58E-01			8,99E-03	3,50E-03	1,70E-02	1,78E-03	2,00E-03	1,40E-02	1,00E-02	5,00E-03	3,50E-03
-40,0	0,0006%	-6,24E-04	1,69E-01			8,99E-03	3,50E-03	1,70E-02	2,24E-03	2,00E-03	1,40E-02	1,00E-02	5,00E-03	3,50E-03
-50,0	0,0006%	-6,24E-04	1,57E-01			9,68E-03	3,50E-03	1,70E-02	2,70E-03	2,00E-03	1,40E-02	1,00E-02	5,00E-03	3,50E-03
-60,0	0,0007%	-7,49E-04	1,19E-01			1,10E-02	3,50E-03	1,70E-02	3,16E-03	2,00E-03	1,40E-02	1,00E-02	5,00E-03	3,50E-03
-70,0	0,0009%	-8,74E-04	6,74E-02			1,24E-02	3,50E-03	1,70E-02	3,62E-03	2,00E-03	1,40E-02	1,00E-02	5,00E-03	3,50E-03
-80,0	0,0010%	-9,99E-04	3,96E-02			1,37E-02	3,50E-03	1,70E-02	4,08E-03	2,00E-03	1,40E-02	1,00E-02	5,00E-03	3,50E-03
-90,0	0,0011%	-1,06E-03	3,90E-02			1,44E-02	3,50E-03	0,00E+00	4,31E-03	2,00E-03	1,40E-02	1,00E-02	5,00E-03	3,50E-03
-100,0	0,0011%	-1,12E-03	4,88E-02			7,48E-03	3,50E-03	0,00E+00	4,54E-03	2,00E-03	1,40E-02	1,00E-02	5,00E-03	3,50E-03
<b>UPatrón = 2</b>	<b>kPa</b>	<b>-2,25E-03</b>	<b>1,0E-02</b>			<b>1,4E-03</b>	<b>7,0E-03</b>	<b>1,6E-02</b>	<b>1,0E-04</b>	<b>4,0E-03</b>	<b>1,4E-02</b>	<b>2,0E-02</b>	<b>1,0E-02</b>	<b>7,0E-03</b>

Tabla 10. Incertidumbre del patrón utilizado de cada laboratorio participante.

Ures std	B P M	Test G	Test G	Test G	TX	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	Test G
Patrón = 1	PILOTO	0,01	1	0,1	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01	0,001
Presión	Ures patrón	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-
kPa	LCPN	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118
0,0	NO	2,89E-03			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04
-10,0	APLICA	2,89E-03			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04
-20,0		2,89E-03			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04
-30,0		2,89E-03			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04
-40,0		2,89E-03			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04
-50,0		2,89E-03			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04
-60,0		2,89E-03			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04
-70,0		2,89E-03			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04
-80,0		2,89E-03			2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04
-90,0		2,89E-03			2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04
-100,0		2,89E-03			2,89E-04	2,89E-04	0,00E+00	2,89E-04	2,89E-04	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-03	2,89E-04

Tabla 11. Incertidumbre por resolución del patrón utilizado por cada laboratorio participante.

Uderiva Laboratorios Participantes			Test G	Test G	Test G	TX	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	Test G
Presión	% FS	Uderiva	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-
kPa	LCPN	LCPN	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118
0,0	0,000000%	0,00E+00	2,5E-03			5,1E-03	3,5E-03	7,6E-03	5,8E-05	0,0E+00	2,7E-02	5,8E-03	5,8E-03	1,6E-03
-10,0	0,000257%	-2,57E-05	2,5E-03			5,1E-03	3,5E-03	7,6E-03	5,8E-05	3,7E-05	2,7E-02	5,8E-03	5,8E-03	1,6E-03
-20,0	0,000129%	-2,57E-05	2,5E-03			5,1E-03	3,5E-03	7,6E-03	5,8E-05	7,5E-05	2,7E-02	5,8E-03	5,8E-03	1,6E-03
-30,0	0,000086%	-2,57E-05	2,5E-03			5,1E-03	3,5E-03	7,6E-03	5,8E-05	1,1E-04	2,7E-02	5,8E-03	5,8E-03	1,6E-03
-40,0	0,000064%	-2,57E-05	2,5E-03			5,1E-03	3,5E-03	7,6E-03	5,8E-05	1,5E-04	2,7E-02	5,8E-03	5,8E-03	1,6E-03
-50,0	0,000051%	-2,57E-05	2,5E-03			1,6E-03	3,5E-03	7,6E-03	5,8E-05	1,9E-04	2,7E-02	5,8E-03	5,8E-03	1,6E-03
-60,0	0,000043%	-2,57E-05	2,5E-03			1,6E-03	3,5E-03	7,6E-03	5,8E-05	2,2E-04	2,7E-02	5,8E-03	5,8E-03	1,6E-03
-70,0	0,000037%	-2,57E-05	2,5E-03			1,6E-03	3,5E-03	7,6E-03	5,8E-05	2,6E-04	2,7E-02	5,8E-03	5,8E-03	1,6E-03
-80,0	0,000032%	-2,57E-05	2,5E-03			4,5E-03	3,5E-03	7,6E-03	5,8E-05	3,0E-04	2,7E-02	5,8E-03	5,8E-03	1,6E-03
-90,0	0,000029%	-2,57E-05	2,5E-03			4,5E-03	3,5E-03	0,0E+00	5,8E-05	3,4E-04	2,7E-02	5,8E-03	5,8E-03	1,6E-03
-100,0	0,000026%	-2,57E-05	2,5E-03			4,5E-03	3,5E-03	0,0E+00	5,8E-05	3,7E-04	2,7E-02	5,8E-03	5,8E-03	1,6E-03

Tabla 12. Incertidumbre por deriva del patrón utilizado de cada laboratorio.

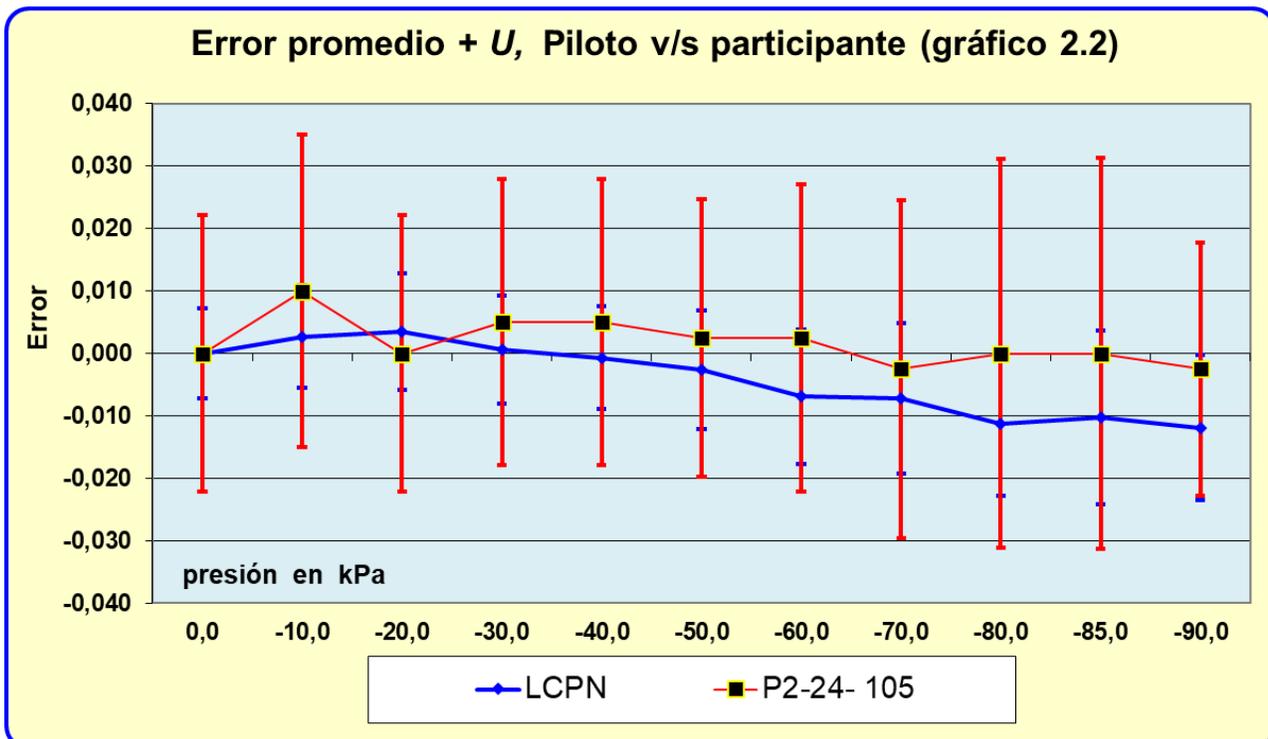
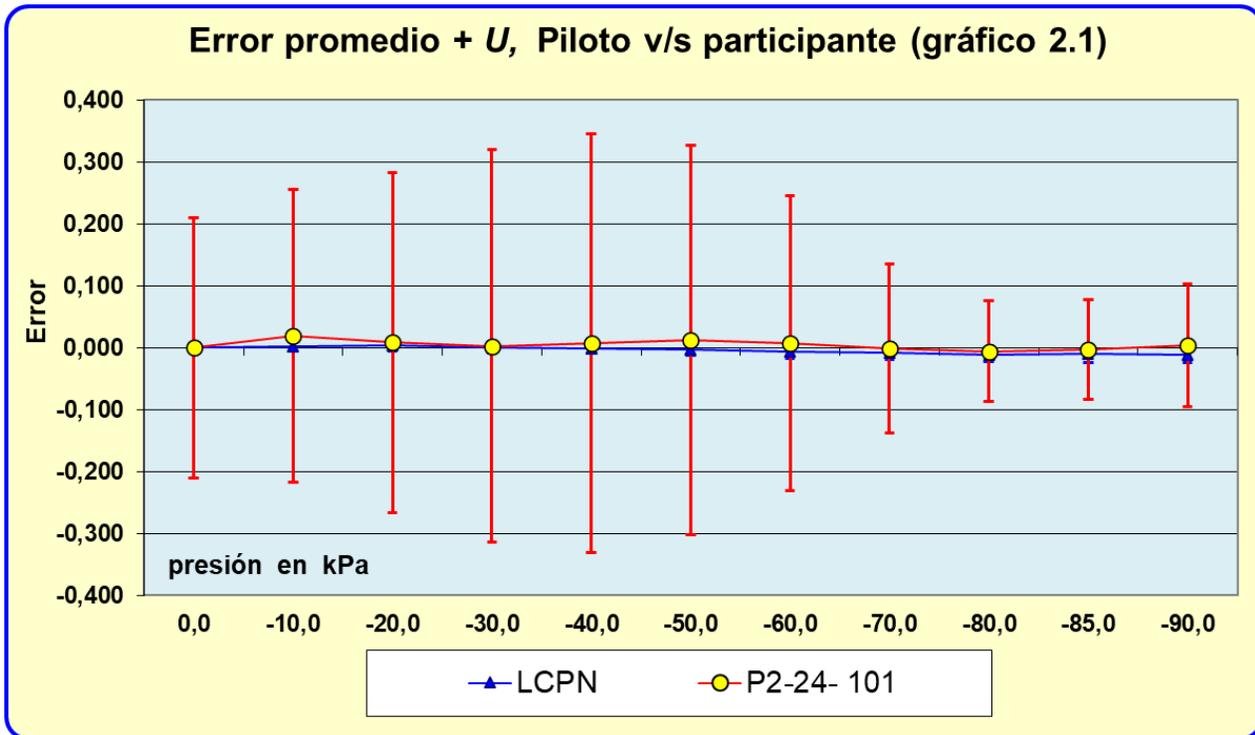
		<b>UDiff altura Laboratorios Participantes</b>												
Presión	% FS	$u\Delta h$	P2-24-101	P2-24-103	P2-24-104	P2-24-105	P2-24-107	P2-24-108	P2-24-110	P2-24-111	P2-24-112	P2-24-114	P2-24-117	P2-24-118
kPa	LCPN	LCPN												
0,0	0,000001%	8,77E-07	8,12E-03			1,84E-06	3,27E-07	1,86E-02	1,07E-05	8,77E-07	9,63E-03	-1,34E-06	4,08E-07	4,39E-07
-10,0	0,000003%	2,96E-06	8,12E-03			1,78E-06	3,19E-06	1,86E-02	1,10E-05	2,96E-06	9,63E-03	1,60E-06	-2,53E-06	2,50E-06
-20,0	0,000007%	6,80E-06	8,12E-03			1,72E-06	6,04E-06	1,88E-02	1,20E-05	6,80E-06	9,63E-03	4,55E-06	-5,46E-06	5,43E-06
-30,0	0,000011%	1,06E-05	8,12E-03			1,66E-06	8,90E-06	1,88E-02	1,36E-05	1,06E-06	9,63E-03	7,49E-06	-8,39E-06	8,36E-06
-40,0	0,000014%	1,45E-05	8,12E-03			1,60E-06	1,18E-05	1,88E-02	1,56E-05	1,45E-05	9,63E-03	1,04E-05	-1,13E-05	1,13E-05
-50,0	0,000018%	1,83E-05	8,12E-03			1,54E-06	1,46E-05	1,88E-02	1,79E-05	1,83E-05	9,63E-03	1,34E-05	-1,43E-05	1,42E-05
-60,0	0,000022%	2,22E-05	8,12E-03			1,48E-06	1,75E-05	1,88E-02	2,03E-05	2,22E-05	9,63E-03	1,63E-05	-1,72E-05	1,72E-05
-70,0	0,000026%	2,60E-05	8,12E-03			1,42E-06	2,03E-05	1,88E-02	2,28E-05	2,60E-05	9,63E-03	1,92E-05	-2,01E-05	2,01E-05
-80,0	0,000030%	2,98E-05	8,12E-03			1,36E-06	2,32E-05	1,88E-02	2,54E-05	2,98E-05	9,63E-03	2,22E-05	-2,31E-05	2,30E-05
-90,0	0,000032%	3,18E-05	8,12E-03			1,34E-06	2,46E-05	0,00E+00	2,67E-05	3,18E-05	9,63E-03	2,37E-05	-2,45E-05	2,45E-05
-100,0	0,000034%	3,37E-05	8,12E-03			1,31E-06	2,60E-05	0,00E+00	2,80E-05	3,37E-05	9,63E-03	2,51E-05	-2,60E-05	2,59E-05
	<b>U = mm</b>	<b>5,0</b>	<b>0,8</b>			<b>0,E+00</b>	<b>5,0</b>	<b>0,E+00</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>2,E-03</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>

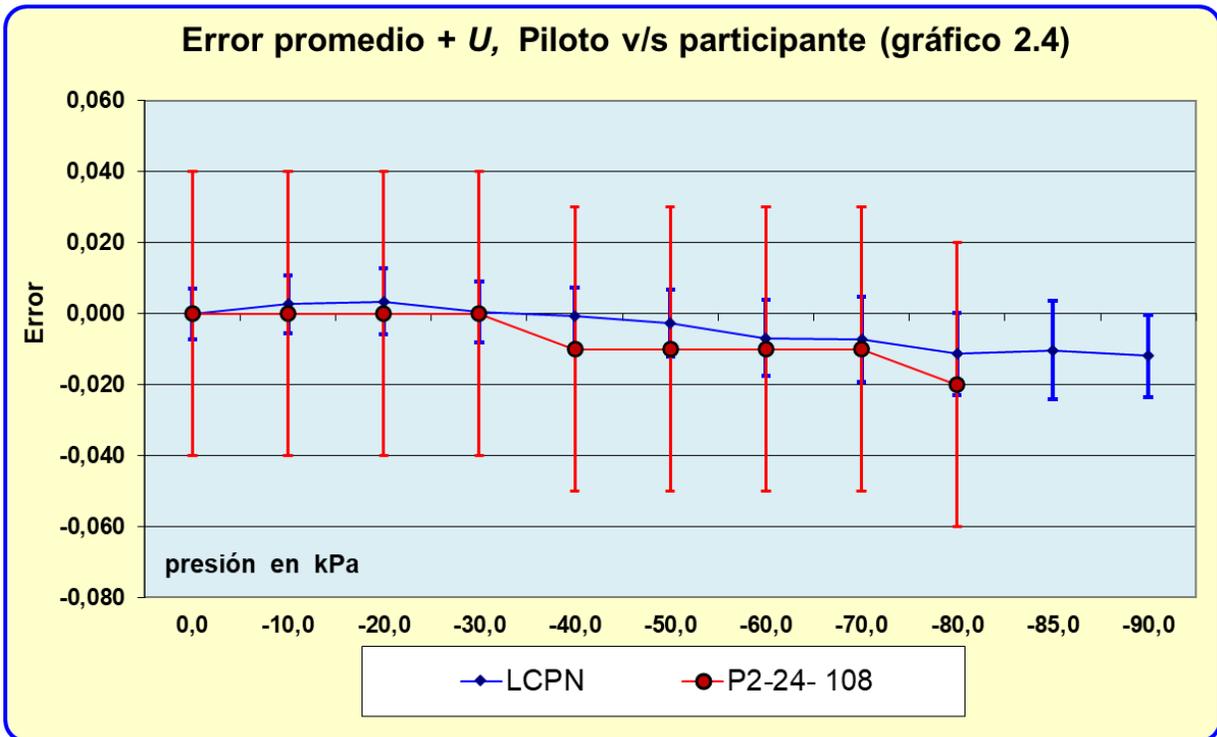
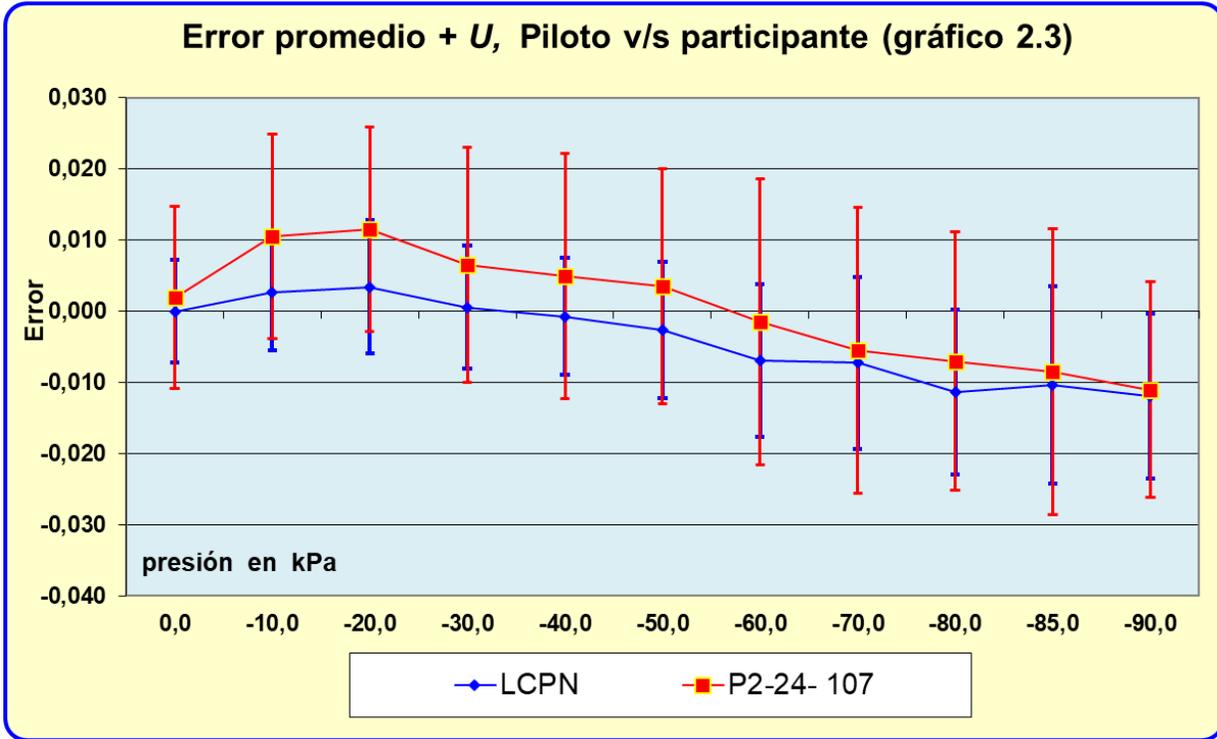
Tabla 13. Incertidumbre por diferencia de altura entre el equipo en ensayo y el patrón utilizado, se destacan en color naranja con inconsistencia de cálculos.

<b>MCM Laboratorios Participantes</b>			Test G	Test G	Test G	TX	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	Test G
Presión	% FS	<b>MCM</b>	P2-24-101	P2-24-103	P2-24-104	P2-24-105	P2-24-107	P2-24-108	P2-24-110	P2-24-111	P2-24-112	P2-24-114	P2-24-117	P2-24-118
kPa	LCPN	LCPN												
0,0	0,00000%	0,0000	0,5000			0,0018	0,1000	0,0300	0,040	0,025	0,067	0,005	1,000	0,026
-10,0	0,00187%	-0,0019	0,5000			0,0020	0,1000	0,0300	0,040	0,025	0,067	0,050	1,000	0,026
-20,0	0,00187%	-0,0019	0,5000			0,0021	0,1000	0,0300	0,040	0,025	0,067	0,100	1,000	0,026
-30,0	0,00187%	-0,0019	0,5000			0,0023	0,1000	0,0300	0,040	0,025	0,067	0,150	1,000	0,026
-40,0	0,00187%	-0,0019	0,5000			0,0024	0,1000	0,0300	0,040	0,025	0,067	0,200	1,000	0,026
-50,0	0,00187%	-0,0019	0,5000			0,0026	0,1000	0,0300	0,040	0,025	0,067	0,250	1,000	0,026
-60,0	0,00225%	-0,0022	0,5000			0,0027	0,1000	0,0300	0,040	0,025	0,067	0,300	1,000	0,026
-70,0	0,00262%	-0,0026	0,5000			0,0029	0,1000	0,0300	0,040	0,025	0,067	0,350	1,000	0,026
-80,0	0,00300%	-0,0030	0,5000			0,0031	0,1000	0,0300	0,040	0,025	0,067	0,400	1,000	0,026
-90,0	0,00318%	-0,0032	0,5000			0,0031	0,1000	0,0000	0,040	0,025	0,067	0,425	1,000	0,026
-100,0	0,00337%	-0,0034	0,5000			0,0032	0,1000	0,0000	0,040	0,025	0,067	0,450	1,000	0,026
	<b>MCM v/s Ustd</b>	<b>1,50</b>	<b>50,0</b>			<b>0,11</b>	<b>14,29</b>	<b>0,E+00</b>	<b>23</b>	<b>6,25</b>	<b>2,39</b>	<b>2,51</b>	<b>100</b>	<b>4</b>
	<b>min (k=2)</b>													

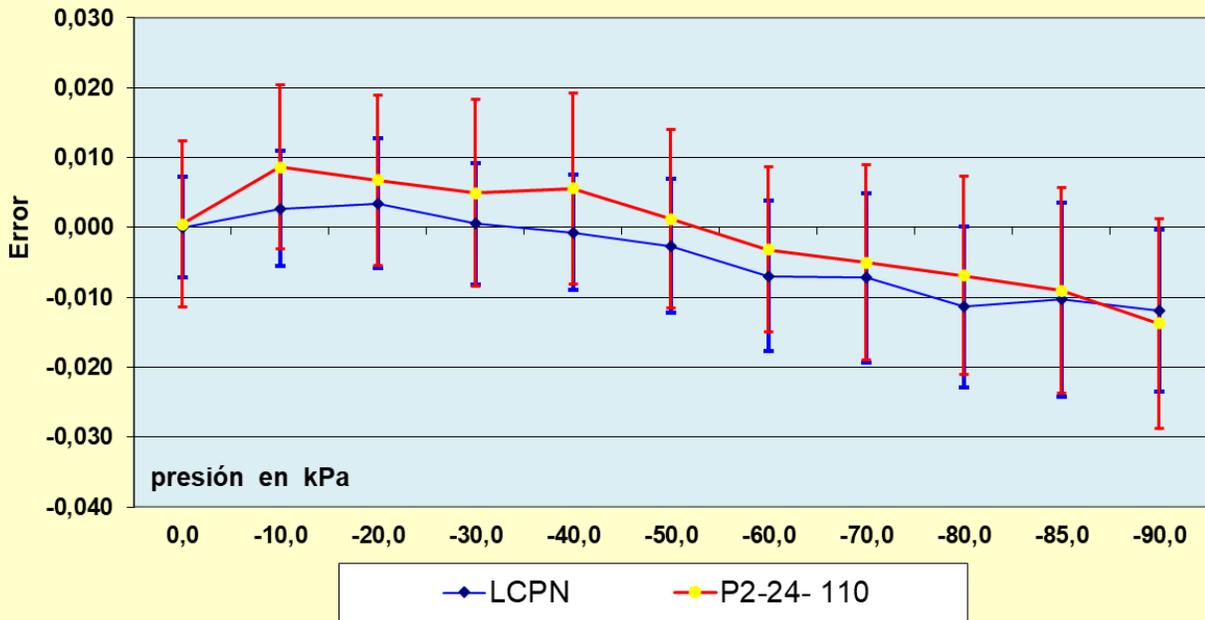
Tabla 14. Mejor capacidad de medición de acuerdo al patrón utilizado de cada laboratorio participante, se destacan en color naranja los participantes con MCM subvalorada y sobrevalorada.

Los gráficos 2.1 al 2.10 registran Error promedio + U, Piloto v/s participante.

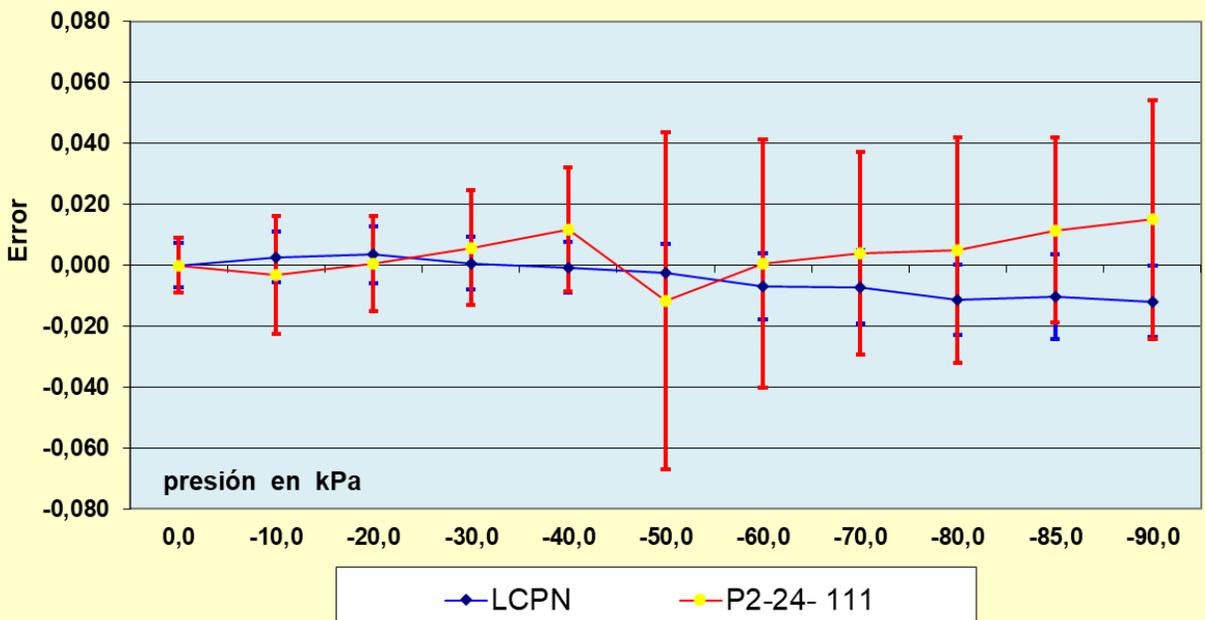




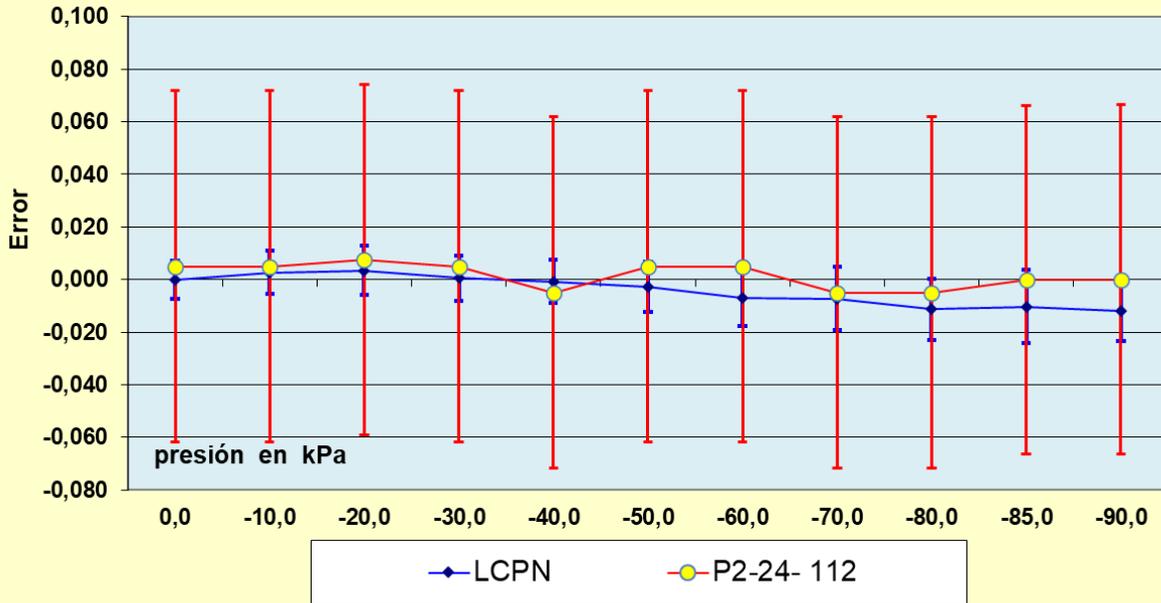
**Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.5)**



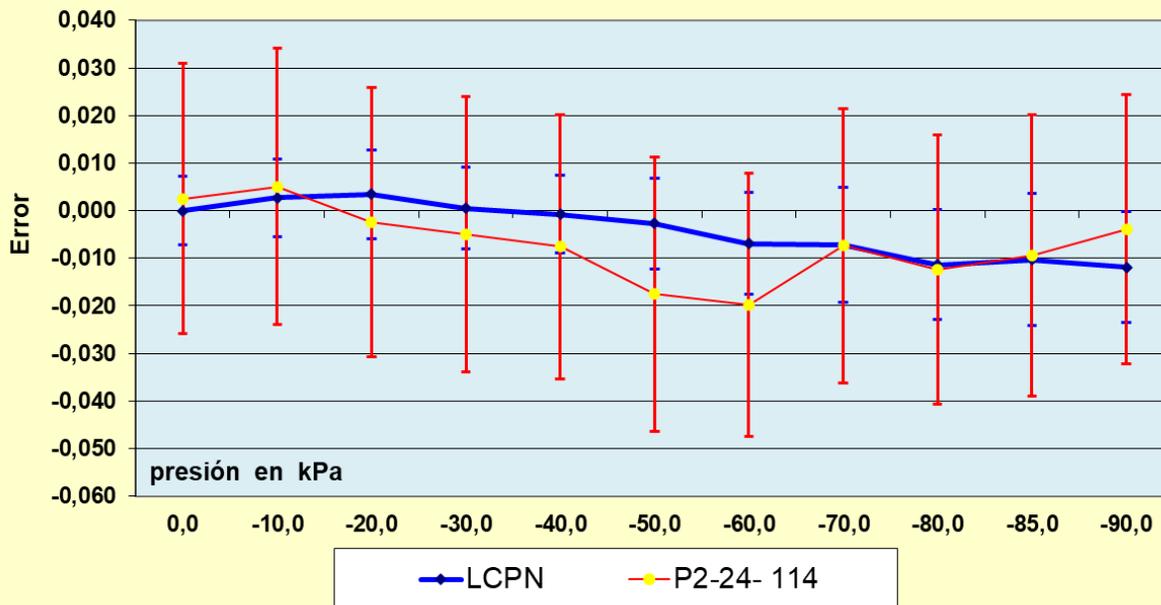
**Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.6)**



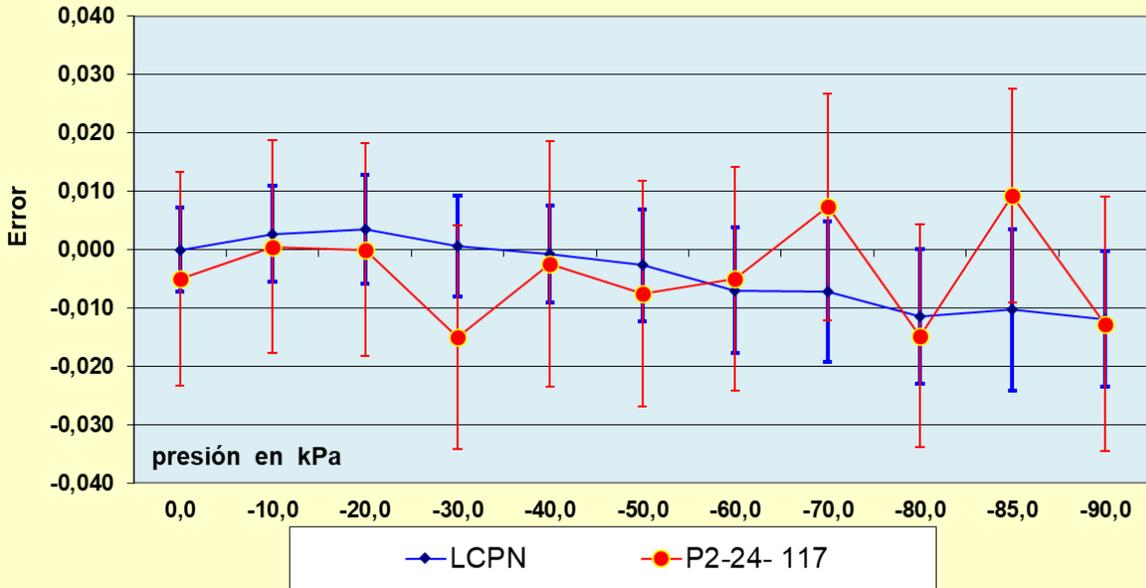
**Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.7)**



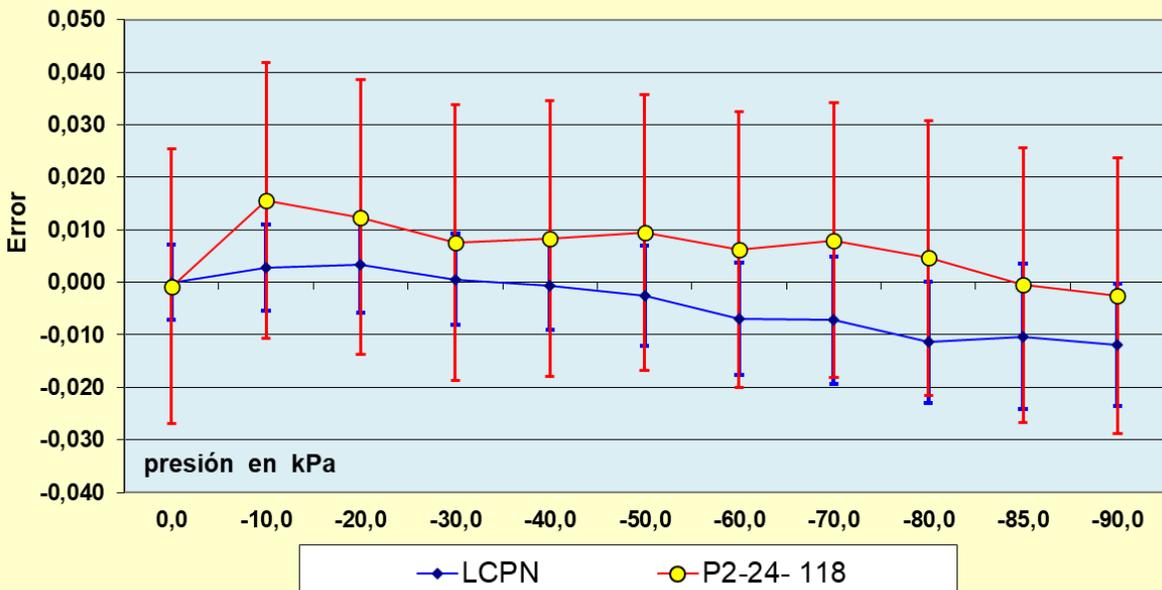
**Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.8)**



Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.9)



Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.10)



## Valores de referencia

Los valores de error e incertidumbre de referencia,  $E_{ref}$  y  $U_{ref}$ , son de suma importancia en una comparación ya que son los valores con los cuales se comparan los resultados obtenidos por los laboratorios participantes. Para la adecuada definición de estos valores de referencia se consideraron las particularidades más importantes de esta comparación.

## Error Normalizado ( $E_n$ )

Los resultados obtenidos por los laboratorios se analizaron, mediante el criterio de comparaciones del error normalizado  $E_n$ . El error normalizado es definido en las normas sobre comparaciones y utilizado en otras comparaciones. El error normalizado se calcula mediante la ecuación que se da a continuación, que se aplica para cada punto de medición examinado del laboratorio analizado y el respectivo valor de referencia.

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

$E_n$  = Error normalizado.

$E_{lab}$  = Error de la medición que obtiene el laboratorio participante.

$E_{ref}$  = Error de la medición de referencia (LCPN-P).

$U_{lab}$  = Incertidumbre expandida ( $k=2$ ) de medición laboratorio participante.

$U_{ref}$  = Incertidumbre expandida ( $k=2$ ) de referencia (LCPN-P).

El Error Normalizado determina el desempeño para los valores obtenidos donde:

$$\begin{array}{l} |E_n| \leq 1.0 \text{ Resultado satisfactorio} \\ |E_n| > 1.0 \text{ Resultado NO satisfactorio} \end{array}$$

### Evaluación de resultados EA P2-24 (-100 kPa)

En general de los resultados obtenidos en éste ensayo de aptitud por los Laboratorios participantes integrantes de la RNM de Chile, se obtiene:

**MCM.** La mejor capacidad de Medición puede ser definida como:

*"La incertidumbre de medición más pequeña que un laboratorio puede lograr dentro del alcance de su acreditación, cuando realiza calibraciones rutinarias de equipos de medición casi ideales"*

*\*Concepto extraído de la comunidad de acreditación (ILAC-G4; EA-4/02; EMA-MP-CA001-02)*

#### MCM declarada por cada Participante.

MCM		P2-24-											
P2-24-	Piloto	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118
Patrón	B P M	Test G			TX	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	Test G
Unidad	kPa	kPa			kPa								
Rango	140	-100			-90	-100	-82	-100	100	-100	-100	-100	-100
resolución		0,01			0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01	0,001
clase	0,005%	0,05%			0,003%	0,02%	0,02%	0,01%	0,03%	0,025%	0,3%	0,1%	0,004%

Tabla 15. Mejor capacidad de medición.

**Deriva:** Es la variación en la medición de un equipo en un lapso de tiempo, y puede ser calculada a partir del histórico de calibraciones sucesivas del patrón.

Deriva		P2-24-											
P2-24-	Piloto	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118
Patrón	B P M	Test G	Test G	TEST G	TX	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	Test G
Unidad	kPa												
Rango	140	-100			-90	-100	-82	-100	100	-100	-100	-100	-100
resolución	PILOTO	0,01			0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01	0,001

Tabla 16. Incertidumbre por deriva.

#### Histéresis y Repetibilidad

- Participantes **P2-24-101** y **P2-24-114**, se sugiere revisar cálculo de Histéresis y Repetibilidad.

### Diferencia de altura $u_{\Delta h}$ :

Para evaluar el desempeño de los participantes respecto a la evaluación de la contribución por diferencia de altura,  $u_{\Delta h}$ , se calculó, a partir de la información entregada por cada laboratorio, la densidad del aire bajo condiciones ambientales, suponiendo humedad relativa del 50% y la densidad del fluido de transmisión afecta a presión y temperatura, usando el coeficiente de compresibilidad del fluido igual a  $4,93 \times 10^9 Pa$  y coeficiente de dilatación térmica del fluido  $7,099 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ C^{-1}$  (esto considerando una variación de  $1 \text{ } ^\circ C$  durante la medición). Con esto, junto con la incertidumbre informada del instrumento empleado para medir los niveles de referencia de los elementos en calibración y la gravedad local indicada en el reporte de resultados, se determinó la contribución por diferencia de altura. Finalmente, el valor obtenido en este cálculo es comparado con los valores informados por cada laboratorio mediante una diferencia simple, si la diferencia obtenida es al menos dos órdenes de magnitud menor se considera que el valor informado está correcto.

Los cálculos aquí mencionados fueron realizados conforme con la guía “Incertidumbre por diferencia de altura” emitida por el LCPN-P como material de apoyo para estas instancias.

A continuación, se presentan algunas observaciones y correcciones a considerar por cada laboratorio para mejorar su desempeño en futuras mediciones:

<b>UDiff altura Laboratorios Participantes</b>														
Presión	% FS	$u_{\Delta h}$	P2-24-101	P2-24-103	P2-24-104	P2-24-105	P2-24-107	P2-24-108	P2-24-110	P2-24-111	P2-24-112	P2-24-114	P2-24-117	P2-24-118
kPa	LCPN	LCPN												
0,0	0,000001%	8,77E-07	8,12E-03			1,84E-06	3,27E-07	1,86E-02	1,07E-05	8,77E-07	9,63E-03	-1,34E-06	4,08E-07	4,39E-07
-10,0	0,000003%	2,96E-06	8,12E-03			1,78E-06	3,19E-06	1,86E-02	1,10E-05	2,96E-06	9,63E-03	1,60E-06	-2,53E-06	2,50E-06
-20,0	0,000007%	6,80E-06	8,12E-03			1,72E-06	6,04E-06	1,88E-02	1,20E-05	6,80E-06	9,63E-03	4,55E-06	-5,46E-06	5,43E-06
-30,0	0,000011%	1,06E-05	8,12E-03			1,66E-06	8,90E-06	1,88E-02	1,36E-05	1,06E-05	9,63E-03	7,49E-06	-8,39E-06	8,36E-06
-40,0	0,000014%	1,45E-05	8,12E-03			1,60E-06	1,18E-05	1,88E-02	1,56E-05	1,45E-05	9,63E-03	1,04E-05	-1,13E-05	1,13E-05
-50,0	0,000018%	1,83E-05	8,12E-03			1,54E-06	1,46E-05	1,88E-02	1,79E-05	1,83E-05	9,63E-03	1,34E-05	-1,43E-05	1,42E-05
-60,0	0,000022%	2,22E-05	8,12E-03			1,48E-06	1,75E-05	1,88E-02	2,03E-05	2,22E-05	9,63E-03	1,63E-05	-1,72E-05	1,72E-05
-70,0	0,000026%	2,60E-05	8,12E-03			1,42E-06	2,03E-05	1,88E-02	2,28E-05	2,60E-05	9,63E-03	1,92E-05	-2,01E-05	2,01E-05
-80,0	0,000030%	2,98E-05	8,12E-03			1,36E-06	2,32E-05	1,88E-02	2,54E-05	2,98E-05	9,63E-03	2,22E-05	-2,31E-05	2,30E-05
-90,0	0,000032%	3,18E-05	8,12E-03			1,34E-06	2,46E-05	0,00E+00	2,67E-05	3,18E-05	9,63E-03	2,37E-05	-2,45E-05	2,45E-05
-100,0	0,000034%	3,37E-05	8,12E-03			1,31E-06	2,60E-05	0,00E+00	2,80E-05	3,37E-05	9,63E-03	2,51E-05	-2,60E-05	2,59E-05
	<b>U = mm</b>	<b>5,0</b>	<b>0,8</b>			<b>0,E+00</b>	<b>5,0</b>	<b>0,E+00</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>2,E-03</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>

- Los participantes **P2-24-101**, **P2-24-105**, & **P2-24-118**: Inconsistencia entre el valor de incertidumbre en mm informado (subvalorado) y el valor calculado en kPa.
- El participante **P2-24-117**: Informa incertidumbre negativa.

### Estabilidad

U <sub>estabilidad</sub> Laboratorios Participantes														
Presión	% FS	U <sub>desv 0</sub>	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-	P2-24-
kPa	LCPN	LCPN	101	103	104	105	107	108	110	111	112	114	117	118
0,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-10,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-20,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-30,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-40,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-50,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-60,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-70,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-80,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00058	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-90,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00000	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
-100,0	-0,0029%	0,00289	0,00167			0,00289	0,00289	0,00000	0,00289	0,00289	0,00289	0,00577	0,00289	0,00289
<b>Estabilidad</b>		<b>0,0100</b>	<b>5,7,E-03</b>			<b>0,E+00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>1,4,E-03</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>

- Los participantes **P2-24-101**, **P2-24-105**, **P2-24-108** & **P2-24-117**: Inconsistencia entre el valor de incertidumbre en mm informado y el valor calculado en kPa.

### Error Normalizado (E<sub>n</sub>)

Error normalizado (**E<sub>n</sub>**), de los laboratorios participantes que pueden ser analizados.

E <sub>n</sub> Participantes												
Presión kPa	P2-24-101	P2-24-103	P2-24-104	P2-24-105	P2-24-107	P2-24-108	P2-24-110	P2-24-111	P2-24-112	P2-24-114	P2-24-117	P2-24-118
0					0,14		0,04	0,00	0,07	0,09	0,25	
-10					0,43		0,36	0,27	0,03	0,07	0,10	
-20					0,45		0,20	0,15	0,06	0,19	0,16	
-30					0,30		0,25	0,24	0,07	0,18	0,70	
-40					0,28		0,36	0,54	0,06	0,23	0,07	
-50					0,30		0,22	0,16	0,11	0,48	0,21	
-60					0,24		0,23	0,18	0,18	0,43	0,09	
-70					0,07		0,11	0,31	0,03	0,01	0,62	
-80					0,20		0,24	0,42	0,09	0,03	0,15	
-90					0,07		0,06	0,65	0,15	0,03	0,84	
-100					0,05		0,09	0,66	0,18	0,26	0,03	

- *Datos del error normalizado de los laboratorios participantes.*

**Gráfico de Error Normalizado**

El gráfico 3 muestran las curvas de error normalizado obtenidas por cada laboratorio participante correspondientes a los datos presentados en la **Tabla 18**.

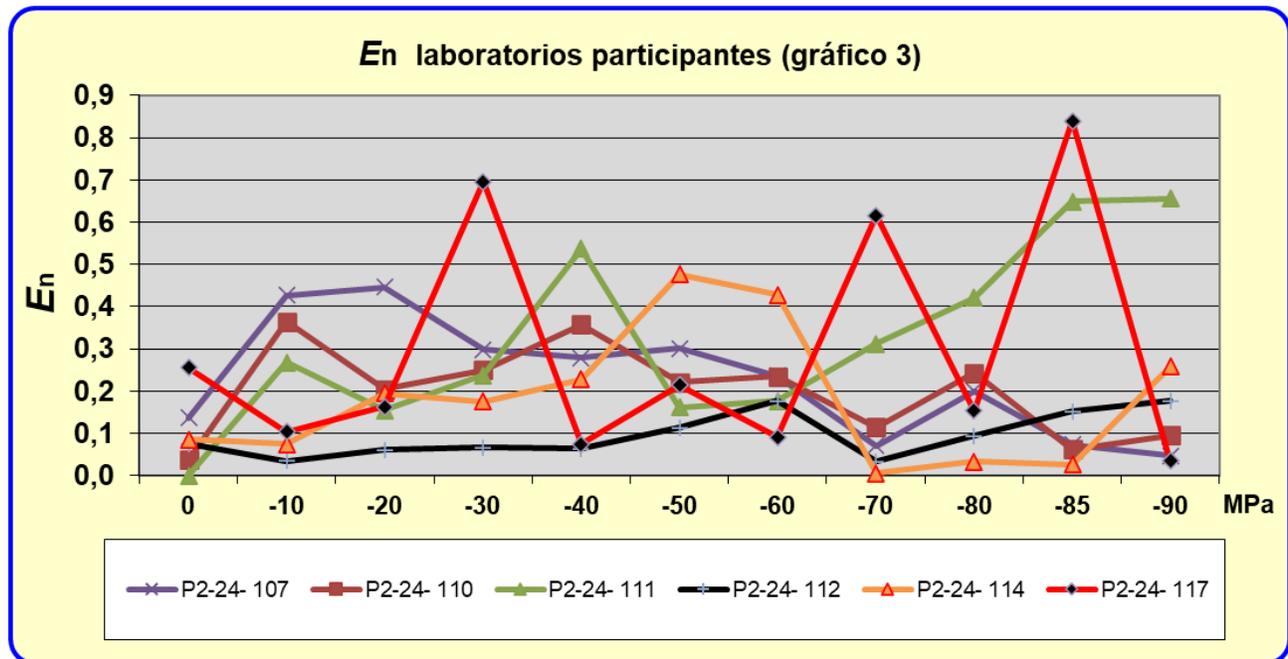


Gráfico 3. Curvas del error normalizado,  $|E_n| \leq 1.0$  **Resultado satisfactorio**

## CONCLUSIONES EA P2-24 (-100 kPa)

En el EA P2-24 (-100 kPa), 16 participantes integrantes de la RNM de Chile ejecutaron mediciones, pero finalmente 12 laboratorios presentaron resultados y pueden ser analizados en este informe de lo cual se obtiene:

- **SATISFACTORIO** un 40 % equivalente a **6 participantes** de un total de 15.

LABORATORIO PARTICIPANTE	<i>Error Normalizado En “Satisfactorio”</i>
<b>P2-24-107</b>	$ E_n  \leq 1.0$ su resultado es: <b>Satisfactorio.</b>
<b>P2-24-110</b>	$ E_n  \leq 1.0$ su resultado es: <b>Satisfactorio.</b>
<b>P2-24-111</b>	$ E_n  \leq 1.0$ su resultado es: <b>Satisfactorio.</b>
<b>P2-24-112</b>	$ E_n  \leq 1.0$ su resultado es: <b>Satisfactorio.</b>
<b>P2-24-114</b>	$ E_n  \leq 1.0$ su resultado es: <b>Satisfactorio.</b>
<b>P2-24-117</b>	$ E_n  \leq 1.0$ su resultado es: <b>Satisfactorio.</b>

Participantes P2-24-101 y P2-24-112 deben revisar su software ya que varias incertidumbre parciales aumentan considerablemente por error de cálculo.

- **No Evaluado** un 40 % equivalente a **6 participantes** de un total de 15.

Laboratorio	<b>Resultado En</b>	<b>Observaciones</b>
<b>***P2-24-101</b>	<b>No Evaluado</b>	Inconsistencia de los cálculos de incertidumbre.
<b>**P2-24-103</b>	<b>No Evaluado</b>	No cumple requisitos de participación
<b>**P2-24-104</b>	<b>No Evaluado</b>	No cumple requisitos de participación
<b>*P2-24-105</b>	<b>No Evaluado</b>	No envía respaldo de cálculos
<b>*P2-24-108</b>	<b>No Evaluado</b>	No envía respaldo de cálculos
<b>*P1-24-118</b>	<b>No Evaluado</b>	No envía respaldo de cálculos

\*No puede ser analizado el  $E_n$  por no cumplimiento punto 11 del protocolo P2-24 (sin reporte con proceso matemático)

\*\*No puede ser analizado el  $E_n$  por no cumplimiento punto 6 del protocolo P2-24 (participa con **patrón inadecuado**).

\*\*\*No puede ser analizado el  $E_n$  por inconsistencia de los cálculos de incertidumbre que aumentan considerablemente el valor de incertidumbre reportado.

- **No envió de resultados** un 20 % equivalente a **3 participantes** de un total de 15.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los laboratorios de calibración y el apoyo constante de la División de Metrología del INN.

## REFERENCIAS

- (1) Guide to the Expression of uncertainty in measurement JCGM 100:2008 BIPM
- (2) The International System of Units. Bureau International des poids et mesures 8°edition, 2006.
- (3) Guía de Servicio Alemán de Calibración DKD-R 6-1 (versión 3/2014 - rev3). Calibración de medidores de presión. PTB- Braunschweig 2014.

*La guía DKD-R 6-1 (versión 3/2014) es un documento técnico para la magnitud presión, elaborado por el comité técnico DKD Deutscher Kalibrierdienst ( Servicio Alemán de Calibración ) y está bajo la dirección del PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt, (Instituto Nacional de Metrología de la República Federal de Alemania), éste documento técnico permite analizar las diferentes fuentes de incertidumbre asociadas a la calibración de equipos de presión y facilita el desarrollo de los ensayos de aptitud.*

- (4) Lineamientos generales y procedimiento del ensayo de Aptitud LCPN-P ENAER 2016.
- (5) GUIDE ISO/IEC 17043 Proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- (6) Norma ISO 17025 Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo