



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

ENSAYO DE APTITUD NACIONAL

P2-23

CALIBRACIÓN DE MANÓMETRO ANÁLOGO
PRESIÓN RELATIVA POSITIVA

Rango de medición: 0 bar a 1 bar

Medio de transmisión gas

abril 2023 - noviembre 2023

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 angel.flores@enaer.cl

Resumen: El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales- Presión ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Pertenece a La Red Nacional de Metrología realiza el **Ensayo** de Aptitud 2023. 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-22, mientras que la comparación se llevó a cabo desde abril de 2023 a noviembre 2023. Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un manómetro análogo, el alcance de medición es de 0 bar a 1 bar, clase de exactitud $\pm 0,5\%$ del alcance de medición y una resolución de 0,01 bar (resolución adoptada $\frac{1}{4} = 0,0025$ bar). 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 disseminación 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 2023 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 análogo de presión relativa positiva rango de 0 bar a 100 bar (presión gas).

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

Tipo de Instrumento :	Manómetro Análogo
Alcance de Medición:	0 bar a 1 bar.
Unidad de medición:	bar.
Resolución:	0,01 bar (adoptada $\frac{1}{4}$ div = 0,0025 bar)
Clase de exactitud:	$\pm 0,5$ % FS
Medio de transmisión	Nitrógeno o aire limpio.
Fabricante:	BTU controls.
N° de serie	9121

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 P2-23 se presentan en la tabla 2.

LCPN-P Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Área efectiva Pistón-cilindro TL-1485 (m ²)	Gravedad local ms ⁻²	Alcance de medición	Incertidumbre relativa (lectura), k=2
Estándar Primario	Balanza de Peso Muerto	RUSKA	$3,357552 \times 10^{-4}$	9,794 247	1,8 bar	0,15 Pa $1,7 * 10^{-5} * p_e(\text{bar})$

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

Laboratorios participantes y programa de comparación EA P2-23 (1 bar)

Al ensayo de aptitud presión lograron incorporarse 13 laboratorios.

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	RECEPCION	ENVIO
1	ENAER	18-08-2023	23-08-2023
2	CIDE-USACH	23-08-2023	28-08-2023
3	CESMEC S.A.	28-08-2023	31-08-2023
4	Laboratorio Metrología (Magnitud Presión)	31-08-2023	05-09-2023
5	VETO Y CÍA. LTDA.	05-09-2023	08-09-2023
	PILOTO LCPN ENAER	08-09-2023	12-09-2023
6	Metrocal "Metrología y Calidad SpA"	22-09-2023	27-09-2023
7	INDUTECNICA CHACON	27-09-2023	02-10-2023
8	Servicio de Metrología Integral SpA	02-10-2023	05-10-2023
	PILOTO LCPN ENAER	05-10-2023	12-10-2023
9	Asmar Valparaíso	12-10-2023	17-10-2023
10	ASMAR Talcahuano	18-10-2023	23-10-2023
11	Sociedad Lem Laboratorios & Asistencia Técnica Ltda.	03-11-2023	09-11-2023
	PILOTO LCPN ENAER	09-11-2023	13-11-2023
12	Servincal Chile SpA. (sólo 1 bar gas)	16-11-2023	20-11-2023
13	INGEMED SPA (sólo 1 bar gas)	20-11-2023	22-11-2023
	PILOTO LCPN ENAER	22-11-2023	27-11-2023

De acuerdo a la cantidad de participantes del EA P2-23 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 P2-23 realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas.
- c) El instrumento viajero fue calibrado por el piloto en 8 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 y los hace llegar al piloto en octubre 2023.
- f) El 12 de enero 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. (Sin modificaciones respecto del informe "B")

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

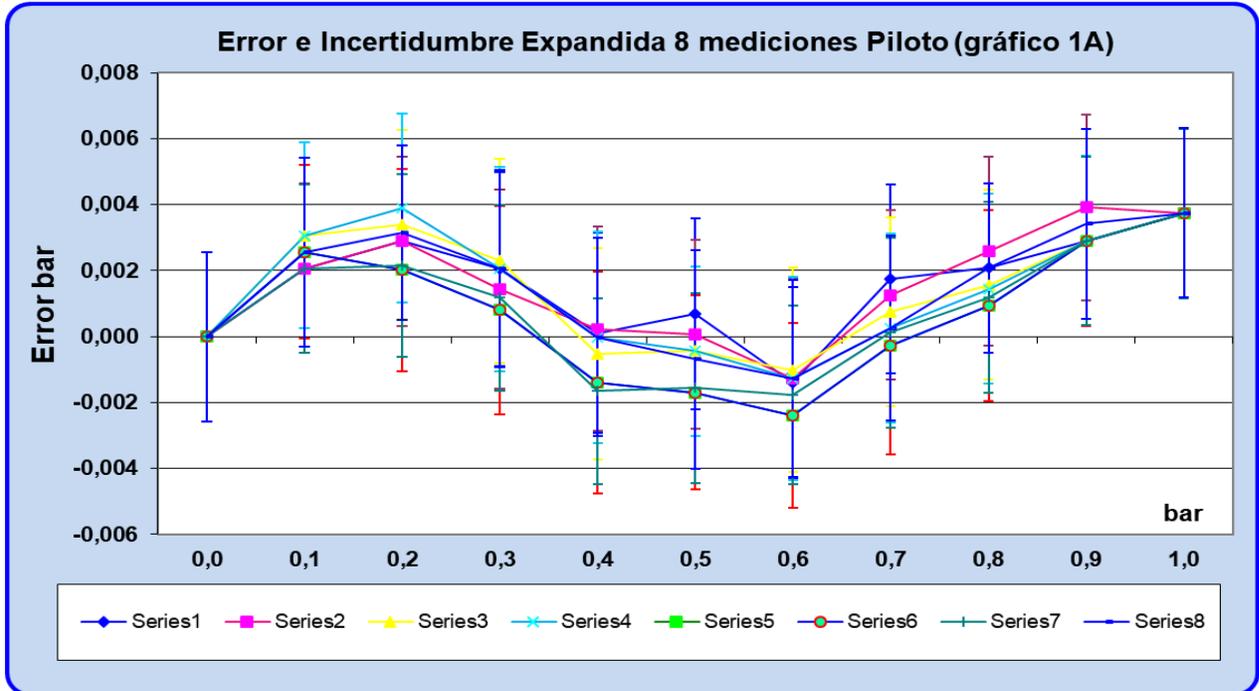


Gráfico 1A. Piloto: Error e incertidumbre 7 mediciones Laboratorio LCPN-P.

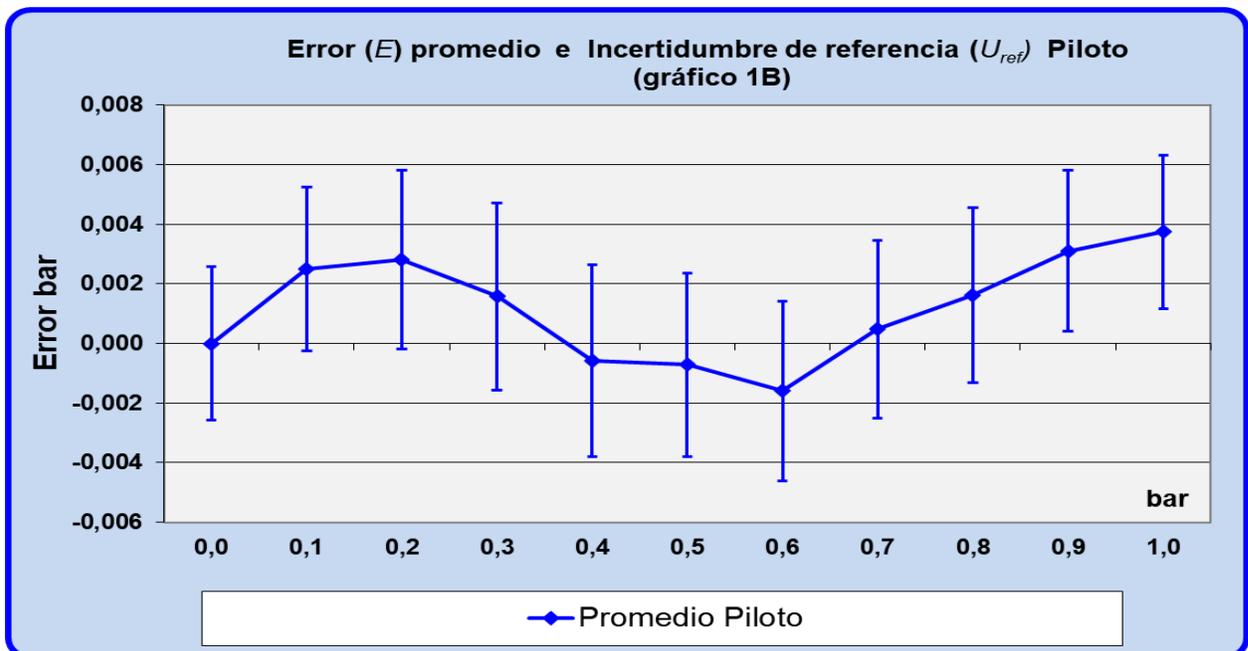


Gráfico 1B. Piloto: Error promedio e incertidumbre 7 mediciones Laboratorio LCPN-P.

Deriva del patrón viajero: El laboratorio designado de la magnitud Presión (ENAER) realizó un estudio de la deriva del patrón viajero calibrado en 7 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 y a partir de ellas se encontró una relación lineal con pendiente levemente negativa a partir de los 50 kPa entre el error de medición y la presión aplicada. Este comportamiento fue consistente en las 7 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

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 **0,00062 bar**, lo que representa un **0,0062 %** respecto de la escala total del instrumento. Esta cifra es **8,06 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 P2-23 1 bar

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 Laboratorios Participantes														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
bar	LCPN	P2-23-02	P2-23-03	P2-23-07	P2-23-08	P2-23-09	P2-23-10	P2-23-12	P2-23-13	P2-23-14	P2-23-15	P2-23-16	P2-23-19	P2-23-25
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,003	0,002	-0,004	-0,001	0,010	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,000
0,2	0,003	0,002	-0,006	-0,002	0,018	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,003	0,001	0,001	0,001
0,3	0,002	0,002	-0,005	-0,003	0,028	0,000	0,000	0,002	0,002	-0,001	0,003	0,001	0,001	0,001
0,4	-0,001	0,001	-0,007	-0,005	0,039	-0,001	-0,001	0,001	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	-0,003
0,5	-0,001	-0,001	-0,008	-0,005	0,047	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	-0,001	0,000	-0,001	-0,001	-0,004
0,6	-0,002	-0,001	-0,007	-0,005	0,058	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	-0,001	-0,001	-0,004
0,7	0,000	0,001	-0,007	-0,003	0,069	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	-0,003
0,8	0,002	0,002	-0,006	-0,002	0,079	0,003	0,002	0,002	0,001	0,002	0,000	0,003	0,001	-0,002
0,9	0,003	0,004	-0,004	0,000	0,087	0,005	0,004	0,003	0,004	0,005	0,002	0,004	0,003	-0,002
1,0	0,004	0,006	-0,004	0,002	0,098	0,004	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,007	0,000

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

Datos U Laboratorios Participantes														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
bar	U_{ref} LCPN	P2-23-02	P2-23-03	P2-23-07	P2-23-08	P2-23-09	P2-23-10	P2-23-12	P2-23-13	P2-23-14	P2-23-15	P2-23-16	P2-23-19	P2-23-25
0,0	0,0026	0,0030	0,0070	0,0041	0,0014	0,0032	0,0119	0,0300	0,0032	0,0065	0,0032	0,0032	0,0029	0,0034
0,1	0,0027	0,0031	0,0120	0,0041	0,0015	0,0038	0,0120	0,0300	0,0033	0,0067	0,0035	0,0036	0,0031	0,0034
0,2	0,0030	0,0030	0,0120	0,0042	0,0015	0,0041	0,0120	0,0300	0,0033	0,0067	0,0035	0,0035	0,0030	0,0045
0,3	0,0031	0,0032	0,0120	0,0043	0,0014	0,0038	0,0120	0,0300	0,0032	0,0066	0,0035	0,0035	0,0029	0,0047
0,4	0,0032	0,0036	0,0120	0,0043	0,0014	0,0040	0,0120	0,0300	0,0033	0,0067	0,0035	0,0038	0,0031	0,0062
0,5	0,0031	0,0034	0,0120	0,0043	0,0015	0,0040	0,0120	0,0300	0,0033	0,0067	0,0035	0,0036	0,0031	0,0073
0,6	0,0030	0,0036	0,0120	0,0043	0,0015	0,0043	0,0120	0,0300	0,0035	0,0066	0,0035	0,0035	0,0030	0,0093
0,7	0,0030	0,0034	0,0120	0,0042	0,0015	0,0046	0,0120	0,0300	0,0033	0,0071	0,0032	0,0036	0,0030	0,0085
0,8	0,0029	0,0032	0,0120	0,0041	0,0015	0,0044	0,0119	0,0300	0,0033	0,0075	0,0032	0,0036	0,0030	0,0089
0,9	0,0027	0,0031	0,0120	0,0041	0,0015	0,0040	0,0119	0,0300	0,0044	0,0067	0,0035	0,0035	0,0030	0,0062
1,0	0,0026	0,0031	0,0120	0,0043	0,0015	0,0033	0,0119	0,0300	0,0036	0,0067	0,0032	0,0032	0,0029	0,0034

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

U_{Res-ensayo} Laboratorios Participantes														
Presión	U _{res}	P2-23-												
bar	LCPN	02	03	07	08	09	10	12	13	14	15	16	19	25
0,0	1,44E-03	1,44E-03	5,70E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,16E-03	1,44E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,44E-03
0,1	1,44E-03	1,44E-03	5,70E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,16E-03	1,44E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,44E-03
0,2	1,44E-03	1,44E-03	5,70E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,16E-03	1,44E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,44E-03
0,3	1,44E-03	1,44E-03	5,70E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,16E-03	1,44E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,44E-03
0,4	1,44E-03	1,44E-03	5,70E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,16E-03	1,44E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,44E-03
0,5	1,44E-03	1,44E-03	5,70E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,16E-03	1,44E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,44E-03
0,6	1,44E-03	1,44E-03	5,70E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,16E-03	1,44E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,44E-03
0,7	1,44E-03	1,44E-03	5,70E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,16E-03	1,44E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,44E-03
0,8	1,44E-03	1,44E-03	5,70E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,16E-03	1,44E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,44E-03
0,9	1,44E-03	1,44E-03	5,70E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,16E-03	1,44E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,44E-03
1,0	1,44E-03	1,44E-03	5,70E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,16E-03	1,44E-03	1,44E-03	7,22E-04	1,44E-03	1,44E-03	1,44E-03

Tabla 5. Incertidumbre por resolución del equipo en ensayo.

U_{Histéresis} Laboratorios Participantes															
Presión	% FS	U _{Histéresis} Piloto	P2-23-												
bar	LCPN	LCPN	02	03	07	08	09	10	12	13	14	15	16	19	25
0,0	0,0000%	0,00000	0,00004	0,00000	0,00006	0,00289	0,00003	0,00001	0,00000	0,00001	0,00007	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,1	0,0253%	0,00025	0,00032	0,00058	0,00021	0,00577	0,00098	0,00040	0,00016	0,00028	0,00084	0,00072	0,00036	0,00049	0,00000
0,2	0,0379%	0,00038	0,00013	0,00087	0,00042	0,00289	0,00127	0,00048	0,00051	0,00019	0,00094	0,00072	0,00072	0,00043	0,00144
0,3	0,0704%	0,00070	0,00055	0,00087	0,00064	0,00289	0,00095	0,00059	0,00071	0,00009	0,00058	0,00072	0,00072	0,00017	0,00072
0,4	0,0776%	0,00078	0,00088	0,00058	0,00059	0,00289	0,00118	0,00064	0,00042	0,00040	0,00088	0,00072	0,00072	0,00049	0,00217
0,5	0,0577%	0,00058	0,00072	0,00116	0,00066	0,00289	0,00111	0,00066	0,00053	0,00019	0,00082	0,00072	0,00036	0,00058	0,00289
0,6	0,0604%	0,00060	0,00079	0,00116	0,00065	0,00289	0,00143	0,00049	0,00045	0,00029	0,00074	0,00072	0,00072	0,00043	0,00433
0,7	0,0514%	0,00051	0,00079	0,00087	0,00043	0,00289	0,00157	0,00059	0,00056	0,00019	0,00143	0,00000	0,00036	0,00035	0,00361
0,8	0,0343%	0,00034	0,00032	0,00116	0,00029	0,00000	0,00147	0,00046	0,00046	0,00030	0,00186	0,00000	0,00036	0,00040	0,00289
0,9	0,0108%	0,00011	0,00029	0,00029	0,00014	0,00000	0,00114	0,00029	0,00048	0,00095	0,00092	0,00072	0,00072	0,00038	0,00217
1,0	0,0000%	0,00000	0,00009	0,00087	0,00055	0,00000	0,00001	0,00003	0,00029	0,00081	0,00089	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Tabla 6. Incertidumbre por histéresis del equipo en ensayo.

U_{Repetibilidad} Laboratorios Participantes															
Presión	% FS	<i>U_{repetibilidad}</i>	P2-23-												
bar	LCPN	LCPN	02	03	07	08	09	10	12	13	14	15	16	19	25
0,0	0,0000%	0,00000	0,00003	0,00000	0,00013	0,00003	0,00000	0,00003	0,00000	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,1	0,0417%	0,00042	0,00009	0,00000	0,00006	0,00015	0,00029	0,00038	0,00078	0,00008	0,00014	0,00000	0,00072	0,00000	0,00000
0,2	0,0692%	0,00069	0,00012	0,00058	0,00007	0,00005	0,00006	0,00003	0,00026	0,00020	0,00020	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,3	0,0610%	0,00061	0,00000	0,00029	0,00009	0,00003	0,00014	0,00006	0,00017	0,00008	0,00006	0,00000	0,00000	0,00000	0,00144
0,4	0,0780%	0,00078	0,00038	0,00029	0,00008	0,00001	0,00020	0,00006	0,00035	0,00013	0,00003	0,00000	0,00072	0,00000	0,00144
0,5	0,0877%	0,00088	0,00000	0,00000	0,00013	0,00005	0,00026	0,00009	0,00020	0,00028	0,00020	0,00000	0,00072	0,00000	0,00144
0,6	0,0539%	0,00054	0,00055	0,00029	0,00012	0,00005	0,00003	0,00012	0,00006	0,00054	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,7	0,0720%	0,00072	0,00023	0,00087	0,00010	0,00003	0,00029	0,00003	0,00003	0,00023	0,00023	0,00000	0,00072	0,00000	0,00144
0,8	0,0596%	0,00060	0,00032	0,00029	0,00020	0,00001	0,00009	0,00009	0,00038	0,00027	0,00012	0,00000	0,00072	0,00000	0,00289
0,9	0,0378%	0,00038	0,00026	0,00000	0,00005	0,00002	0,00035	0,00006	0,00064	0,00118	0,00023	0,00000	0,00000	0,00000	0,00144
1,0	0,0009%	0,00001	0,00040	0,00029	0,00019	0,00002	0,00012	0,00006	0,00038	0,00021	0,00009	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Tabla 7. Incertidumbre por repetibilidad del equipo en ensayo.

U_{Desv cero} Laboratorios Participantes															
Presión	% FS	<i>U_{desv 0}</i>	P2-23-												
bar	LCPN	LCPN	02	03	07	08	09	10	12	13	14	15	16	19	25
0,0	0,000%	0,0000	6,E-05	0,E+00	7,E-05	0,E+00	3,E-05	1,E-09	0,E+00	3,E-05	6,E-05	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
0,1	0,000%	0,0000	6,E-05	0,E+00	7,E-05	0,E+00	3,E-05	1,E-09	0,E+00	3,E-05	6,E-05	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
0,2	0,000%	0,0000	6,E-05	0,E+00	7,E-05	0,E+00	3,E-05	1,E-09	0,E+00	3,E-05	6,E-05	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
0,3	0,000%	0,0000	6,E-05	0,E+00	7,E-05	0,E+00	3,E-05	1,E-09	0,E+00	3,E-05	6,E-05	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
0,4	0,000%	0,0000	6,E-05	0,E+00	7,E-05	0,E+00	3,E-05	1,E-09	0,E+00	3,E-05	6,E-05	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
0,5	0,000%	0,0000	6,E-05	0,E+00	7,E-05	0,E+00	3,E-05	1,E-09	0,E+00	3,E-05	6,E-05	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
0,6	0,000%	0,0000	6,E-05	0,E+00	7,E-05	0,E+00	3,E-05	1,E-09	0,E+00	3,E-05	6,E-05	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
0,7	0,000%	0,0000	6,E-05	0,E+00	7,E-05	0,E+00	3,E-05	1,E-09	0,E+00	3,E-05	6,E-05	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
0,8	0,000%	0,0000	6,E-05	0,E+00	7,E-05	0,E+00	3,E-05	1,E-09	0,E+00	3,E-05	6,E-05	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
0,9	0,000%	0,0000	6,E-05	0,E+00	7,E-05	0,E+00	3,E-05	1,E-09	0,E+00	3,E-05	6,E-05	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00
1,0	0,000%	0,0000	6,E-05	0,E+00	7,E-05	0,E+00	3,E-05	1,E-09	0,E+00	3,E-05	6,E-05	0,E+00	0,E+00	0,E+00	0,E+00

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

U_{estabilidad} Laboratorios Participantes															
Presión	% FS	<i>U_{desv 0}</i>	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-
bar	LCPN	LCPN	02	03	07	08	09	10	12	13	14	15	16	19	25
0,0	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,1	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,2	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,3	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,4	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,5	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,6	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,7	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,8	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,9	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
1,0	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
Estabilidad		0,0025	0,E+00	0,01	0,0025	0,E+00	0,0025	0,01	0,0014	0,0025	0,01	0,0014	0,0025	0,0001	0,E+00

Tabla 9. Incertidumbre por estabilidad del equipo en ensayo.

U_{Patrón = 1}		B P M	TX	Test G	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G
Presión	% FS	<i>U_{patrón}</i>	P2-23-												
bar	LCPN	LCPN	02	03	07	08	09	10	12	13	14	15	16	19	25
0,0	0,0000%	0,00E+00	3,65E-04	9,51E-04	2,58E-05	2,00E-05	1,50E-04	5,00E-05	1,05E-04	3,00E-05	5,00E-05	1,73E-05	4,00E-05	1,00E-04	5,00E-04
0,1	0,0006%	6,26E-06	3,65E-04	9,56E-04	2,55E-05	4,00E-05	1,50E-04	5,00E-05	9,72E-05	3,00E-05	5,00E-05	1,73E-05	4,00E-05	1,00E-04	5,00E-04
0,2	0,0006%	6,26E-06	3,65E-04	9,60E-04	2,52E-05	6,00E-05	1,50E-04	5,00E-05	9,90E-05	3,00E-05	5,00E-05	1,73E-05	4,00E-05	1,00E-04	5,00E-04
0,3	0,0006%	6,26E-06	3,65E-04	9,65E-04	2,49E-05	5,00E-05	1,50E-04	5,00E-05	1,07E-04	3,00E-05	5,00E-05	1,73E-05	4,00E-05	1,00E-04	5,00E-04
0,4	0,0006%	6,26E-06	3,65E-04	9,69E-04	2,48E-05	6,00E-05	1,50E-04	5,00E-05	1,17E-04	3,00E-05	5,00E-05	1,73E-05	4,00E-05	1,00E-04	5,00E-04
0,5	0,0006%	6,26E-06	3,65E-04	9,74E-04	2,46E-05	6,00E-05	1,50E-04	5,00E-05	1,29E-04	3,00E-05	5,00E-05	1,73E-05	4,00E-05	1,00E-04	5,00E-04
0,6	0,0008%	7,53E-06	3,65E-04	9,78E-04	2,45E-05	7,00E-05	1,50E-04	5,00E-05	1,39E-04	3,00E-05	5,00E-05	1,94E-05	4,00E-05	1,00E-04	5,00E-04
0,7	0,0009%	8,73E-06	3,65E-04	9,83E-04	2,45E-05	8,00E-05	1,50E-04	5,00E-05	1,48E-04	3,00E-05	5,00E-05	1,94E-05	4,00E-05	1,00E-04	5,00E-04
0,8	0,0010%	9,97E-06	3,65E-04	9,87E-04	2,45E-05	9,00E-05	1,50E-04	5,00E-05	1,55E-04	3,00E-05	5,00E-05	1,94E-05	4,00E-05	1,00E-04	5,00E-04
0,9	0,0011%	1,12E-05	3,65E-04	9,91E-04	2,45E-05	1,00E-04	1,50E-04	5,00E-05	1,59E-04	3,00E-05	5,00E-05	1,94E-05	4,00E-05	1,00E-04	5,00E-04
1,0	0,0012%	1,25E-05	3,65E-04	9,96E-04	2,46E-05	1,10E-04	1,50E-04	5,00E-05	1,60E-04	3,00E-05	5,00E-05	1,94E-05	4,00E-05	1,00E-04	5,00E-04
U_{Patrón}		2,49E-05	7,3E-04	2,6E-03	1,3E-04	1,1E-04	3,0E-04	1,0E-04	3,0E-04	6,0E-05	1,0E-04	1,8E-04	8,0E-05	2,0E-04	1,0E-03

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

Ures std	B P M	TX	Test G	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G
Patrón = 1	PILOTO	0,0001	0,001	0,00001	0,06895	0,0001	0,0001	0,0001	0,00001	0,0001	0,0001	0,00001	0,0001	0,001
Presión bar	Ures patrón LCPN	P2-23-02	P2-23-03	P2-23-07	P2-23-08	P2-23-09	P2-23-10	P2-23-12	P2-23-13	P2-23-14	P2-23-15	P2-23-16	P2-23-19	P2-23-25
0,0	NO	2,89E-05	2,90E-04	2,89E-06	2,89E-06	2,89E-05	5,77E-05	5,77E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-04
0,1	APLICA	2,89E-05	2,90E-04	2,89E-06	2,89E-06	2,89E-05	5,77E-05	5,77E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-04
0,2		2,89E-05	2,90E-04	2,89E-06	2,89E-06	2,89E-05	5,77E-05	5,77E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-04
0,3		2,89E-05	2,90E-04	2,89E-06	2,89E-06	2,89E-05	5,77E-05	5,77E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-04
0,4		2,89E-05	2,90E-04	2,89E-06	2,89E-06	2,89E-05	5,77E-05	5,77E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-04
0,5		2,89E-05	2,90E-04	2,89E-06	2,89E-06	2,89E-05	5,77E-05	5,77E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-04
0,6		2,89E-05	2,90E-04	2,89E-06	2,89E-06	2,89E-05	5,77E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-04
0,7		2,89E-05	2,90E-04	2,89E-06	2,89E-06	2,89E-05	5,77E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-04
0,8		2,89E-05	2,90E-04	2,89E-06	2,89E-06	2,89E-05	5,77E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-04
0,9		2,89E-05	2,90E-04	2,89E-06	2,89E-06	2,89E-05	5,77E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-04
1,0		2,89E-05	2,90E-04	2,89E-06	2,89E-06	2,89E-05	5,77E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-05	2,89E-06	2,89E-05	2,89E-04

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

Uderiva Laboratorios			TX	Test G	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G
Presión bar	% FS LCPN	Uderiva LCPN	P2-23-02	P2-23-03	P2-23-07	P2-23-08	P2-23-09	P2-23-10	P2-23-12	P2-23-13	P2-23-14	P2-23-15	P2-23-16	P2-23-19	P2-23-25
0,0	0,000000%	0,00E+00	2,6E-04	2,9E-04	2,5E-05	0,0E+00	3,8E-05	2,3E-04	8,3E-05	1,2E-05	2,9E-05	9,8E-06	5,2E-05	5,8E-05	0,0E+00
0,1	0,000258%	2,58E-07	2,6E-04	2,9E-04	2,5E-05	5,8E-06	3,8E-05	2,3E-04	8,3E-05	1,2E-05	2,9E-05	9,8E-06	5,2E-05	5,8E-05	0,0E+00
0,2	0,000129%	2,58E-07	2,6E-04	2,9E-04	2,5E-05	1,2E-05	3,8E-05	2,3E-04	8,3E-05	1,2E-05	2,9E-05	9,8E-06	5,2E-05	5,8E-05	0,0E+00
0,3	0,000086%	2,58E-07	2,6E-04	2,9E-04	2,5E-05	0,0E+00	3,8E-05	2,3E-04	8,3E-05	1,2E-05	2,9E-05	9,8E-06	5,2E-05	5,8E-05	0,0E+00
0,4	0,000064%	2,58E-07	2,6E-04	2,9E-04	2,5E-05	5,8E-06	3,8E-05	2,3E-04	8,3E-05	1,2E-05	2,9E-05	9,8E-06	5,2E-05	5,8E-05	0,0E+00
0,5	0,000052%	2,58E-07	2,6E-04	2,9E-04	2,5E-05	5,8E-06	3,8E-05	2,3E-04	8,3E-05	1,2E-05	2,9E-05	9,8E-06	5,2E-05	5,8E-05	0,0E+00
0,6	0,000043%	2,58E-07	2,6E-04	2,9E-04	2,5E-05	1,2E-05	3,8E-05	2,3E-04	8,3E-05	1,2E-05	2,9E-05	9,8E-06	5,2E-05	5,8E-05	0,0E+00
0,7	0,000037%	2,58E-07	2,6E-04	2,9E-04	2,5E-05	1,7E-05	3,8E-05	2,3E-04	8,3E-05	1,2E-05	2,9E-05	9,8E-06	5,2E-05	5,8E-05	0,0E+00
0,8	0,000032%	2,58E-07	2,6E-04	2,9E-04	2,5E-05	2,9E-05	3,8E-05	2,3E-04	8,3E-05	1,2E-05	2,9E-05	9,8E-06	5,2E-05	5,8E-05	0,0E+00
0,9	0,000029%	2,58E-07	2,6E-04	2,9E-04	2,5E-05	3,5E-05	3,8E-05	2,3E-04	8,3E-05	1,2E-05	2,9E-05	9,8E-06	5,2E-05	5,8E-05	0,0E+00
1,0	0,000026%	2,58E-07	2,6E-04	2,9E-04	2,5E-05	4,6E-05	3,8E-05	2,3E-04	8,3E-05	1,2E-05	2,9E-05	9,8E-06	5,2E-05	5,8E-05	0,0E+00
Deriva % FS		0,00005%	0,026%	0,029%	0,0025%	0,012%	0,0038%	0,023%	0,0083%	0,0012%	0,0029%	0,0017%	0,009%	0,01%	0,10%

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

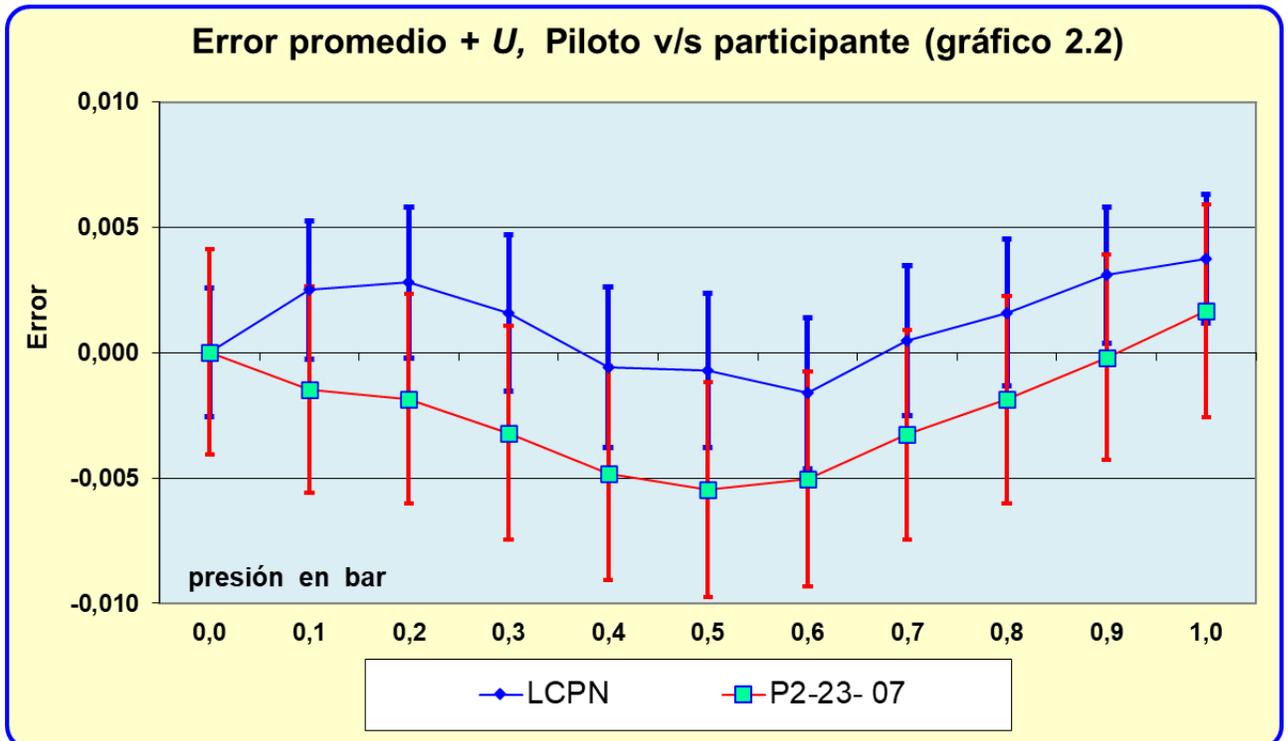
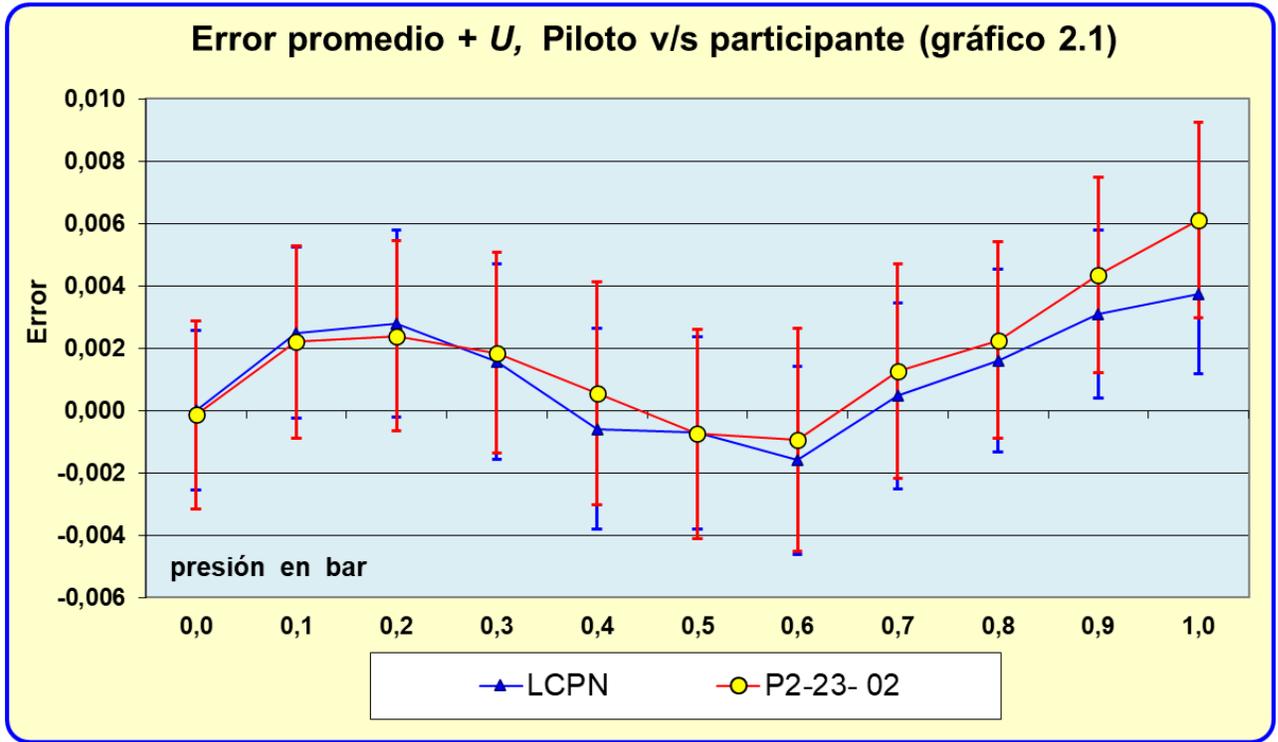
UDiff altura Laboratorios Participantes															
Presión	% FS	$u\Delta h$	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-
bar	LCPN	LCPN	02	03	07	08	09	10	12	13	14	15	16	19	25
0,0	0,000001%	8,77E-09	-7,96E-09	0,00E+00	1,81E-07	0,E+00	4,29E-09	5,67E-10	2,19E-08	3,93E-09	3,93E-07	2,04E-09	4,72E-09	3,96E-09	0,E+00
0,1	0,000005%	4,64E-08	2,01E-08	0,00E+00	1,84E-07	0,E+00	3,29E-08	4,66E-09	3,91E-08	3,27E-08	4,22E-07	2,04E-09	3,85E-08	4,25E-09	0,E+00
0,2	0,000008%	8,45E-08	4,82E-08	0,00E+00	1,91E-07	0,E+00	6,25E-08	8,73E-09	6,58E-08	6,20E-08	4,52E-07	2,04E-09	7,24E-08	4,54E-09	0,E+00
0,3	0,000012%	1,24E-07	7,63E-08	0,00E+00	2,02E-07	0,E+00	9,21E-08	1,29E-08	9,39E-08	9,15E-08	4,81E-07	2,04E-09	1,06E-07	4,84E-09	0,E+00
0,4	0,000016%	1,63E-07	1,04E-07	0,00E+00	2,17E-07	0,E+00	1,21E-07	1,70E-08	1,23E-07	1,21E-07	5,10E-07	2,04E-09	1,40E-07	5,13E-09	0,E+00
0,5	0,000020%	2,01E-07	1,33E-07	0,00E+00	2,34E-07	0,E+00	1,51E-07	2,10E-08	1,52E-07	1,51E-07	5,40E-07	2,04E-09	1,74E-07	5,42E-09	0,E+00
0,6	0,000024%	2,40E-07	1,61E-07	0,00E+00	2,53E-07	0,E+00	1,80E-07	2,51E-08	1,81E-07	1,80E-07	5,69E-07	2,05E-09	2,08E-07	5,72E-09	0,E+00
0,7	0,000028%	2,77E-07	1,89E-07	0,00E+00	2,74E-07	0,E+00	2,09E-07	2,91E-08	2,10E-07	2,09E-07	5,99E-07	2,05E-09	2,41E-07	6,01E-09	0,E+00
0,8	0,000032%	3,15E-07	2,17E-07	0,00E+00	2,96E-07	0,E+00	2,37E-07	3,31E-08	2,39E-07	2,38E-07	6,28E-07	2,05E-09	2,75E-07	6,30E-09	0,E+00
0,9	0,000035%	3,54E-07	2,45E-07	0,00E+00	3,19E-07	0,E+00	2,66E-07	3,71E-08	2,68E-07	2,67E-07	6,57E-07	2,05E-09	3,09E-07	6,60E-09	0,E+00
1,0	0,000039%	3,92E-07	2,73E-07	0,00E+00	3,42E-07	0,E+00	2,95E-07	4,11E-08	2,96E-07	2,96E-07	6,87E-07	2,05E-09	3,43E-07	6,89E-09	0,E+00
	U = mm	5,0	5,0	0,02	5,0	0,E+00	0,005	0,6	5,8	5,0	5,0	5,0	10,0	5,0	0,E+00

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.

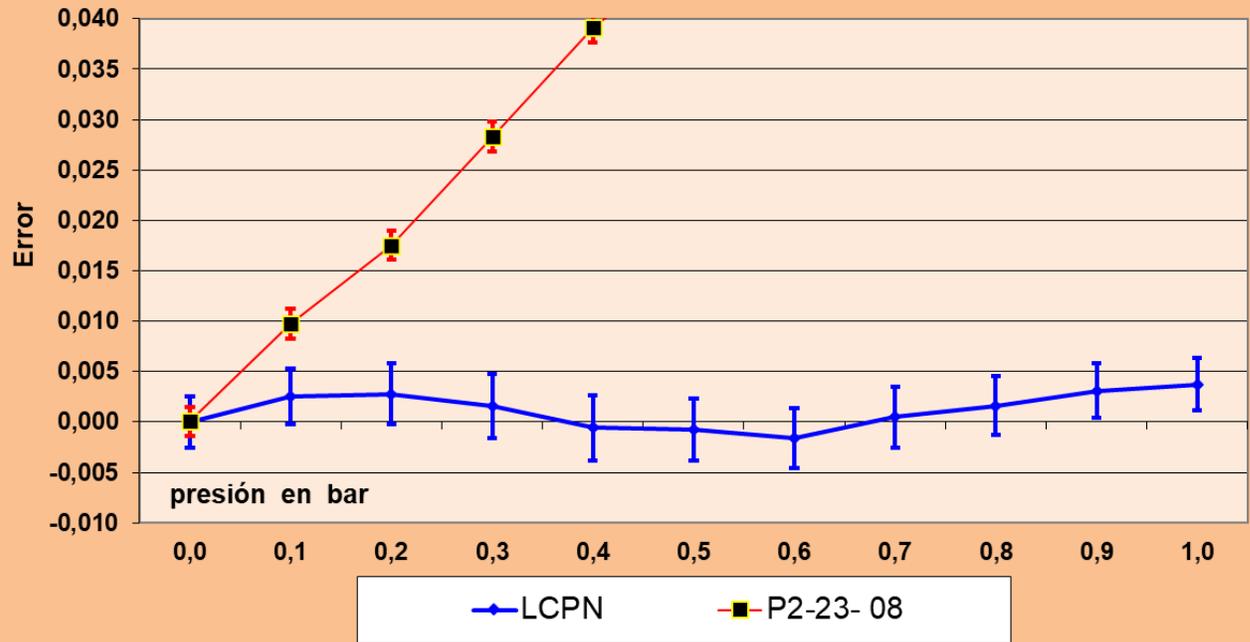
MCM	Laboratorios		TX	Test G	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G
Presión	% FS	MCM	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-
bar	LCPN	LCPN	02	03	07	08	09	10	12	13	14	15	16	19	25
0,0	0,0000%	0,000000	0,0023	0,004	0,01	0,00012	0,0005	0,0095	0,03	0,017	0,002	2,E-05	0,001	0,01	0,0016
0,1	0,0019%	0,000019	0,0023	0,004	0,01	0,00012	0,0005	0,0095	0,03	0,017	0,002	2,E-05	0,001	0,01	0,0016
0,2	0,0019%	0,000019	0,0023	0,004	0,01	0,00012	0,0005	0,0095	0,03	0,017	0,002	2,E-05	0,001	0,01	0,0016
0,3	0,0019%	0,000019	0,0023	0,004	0,01	0,00012	0,0005	0,0095	0,03	0,017	0,002	2,E-05	0,001	0,01	0,0016
0,4	0,0019%	0,000019	0,0023	0,004	0,01	0,00012	0,0005	0,0095	0,03	0,017	0,002	2,E-05	0,001	0,01	0,0016
0,5	0,0019%	0,000019	0,0023	0,004	0,01	0,00012	0,0005	0,0095	0,03	0,017	0,002	3,E-05	0,001	0,01	0,0016
0,6	0,0023%	0,000023	0,0023	0,004	0,01	0,00012	0,0005	0,0095	0,03	0,017	0,002	3,E-05	0,001	0,01	0,0016
0,7	0,0026%	0,000026	0,0023	0,004	0,01	0,00012	0,0005	0,0095	0,03	0,017	0,002	3,E-05	0,001	0,01	0,0016
0,8	0,0030%	0,000030	0,0023	0,004	0,01	0,00012	0,0005	0,0095	0,03	0,017	0,002	3,E-05	0,001	0,01	0,0016
0,9	0,0034%	0,000034	0,0023	0,004	0,01	0,00012	0,0005	0,0095	0,03	0,017	0,002	3,E-05	0,001	0,01	0,0016
1,0	0,0037%	0,000037	0,0023	0,004	0,01	0,00012	0,0005	0,0095	0,03	0,017	0,002	3,E-05	0,001	0,01	0,0016
MCM v/s Ustd k=2		1,50	3,08	1,54	77	1,09	1,50	95	100	283	20	0,11	12,5	50	1,60

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.

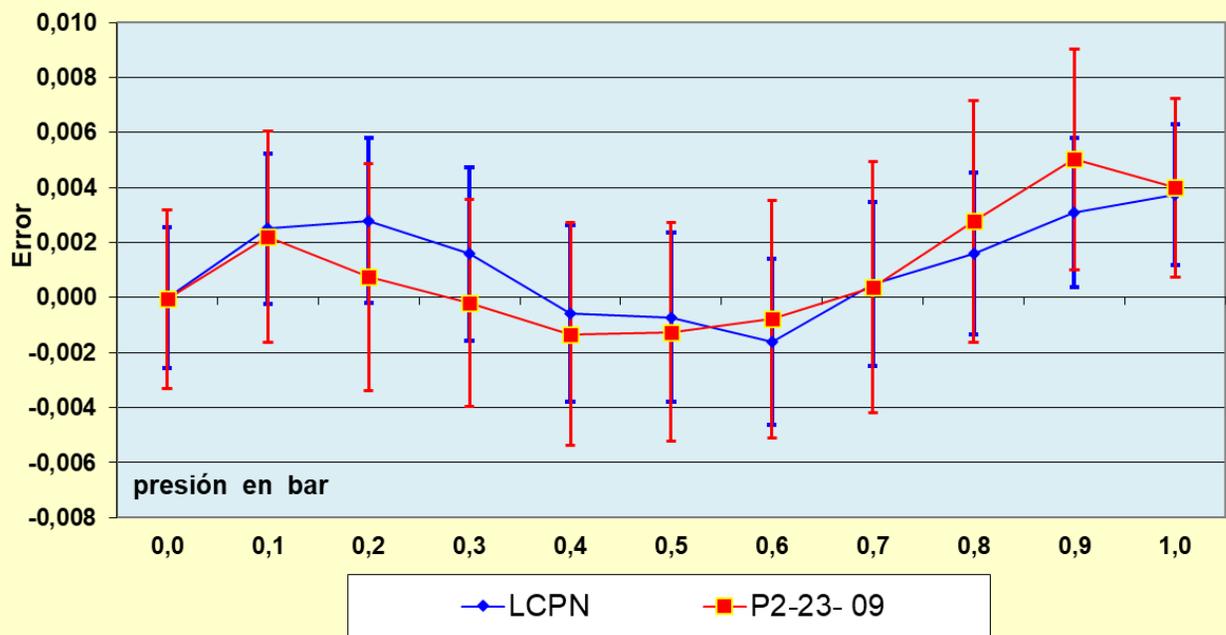
Los gráficos 2.1 al 2.10 registran Error promedio + U , Piloto v/s participante.



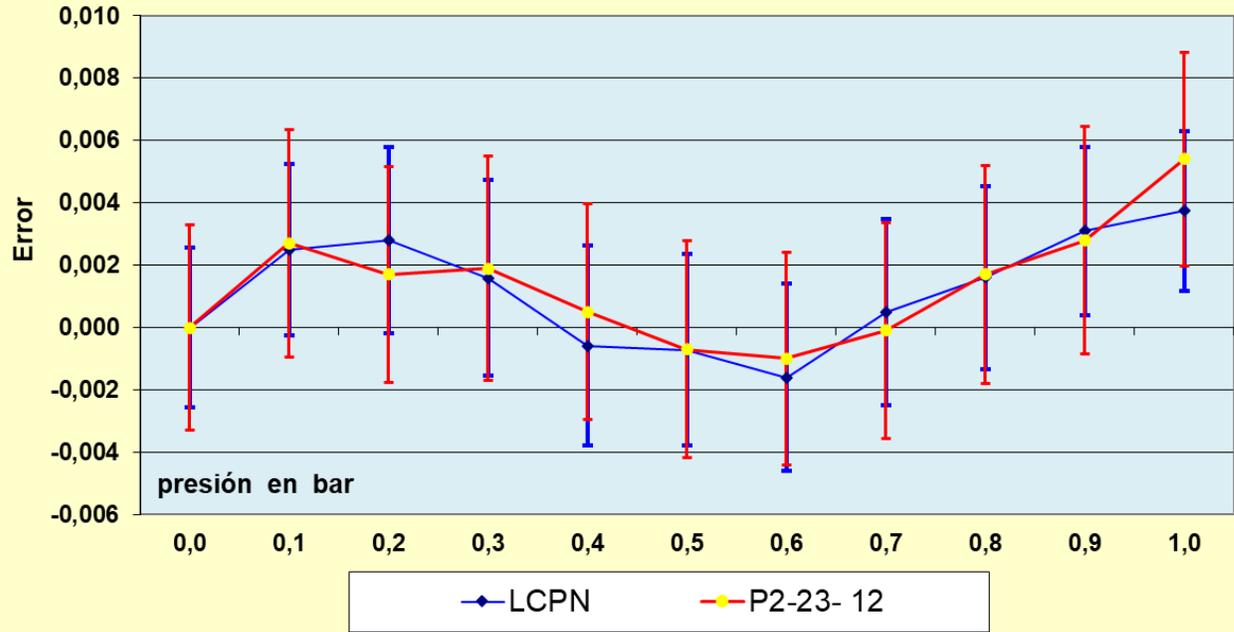
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.3)



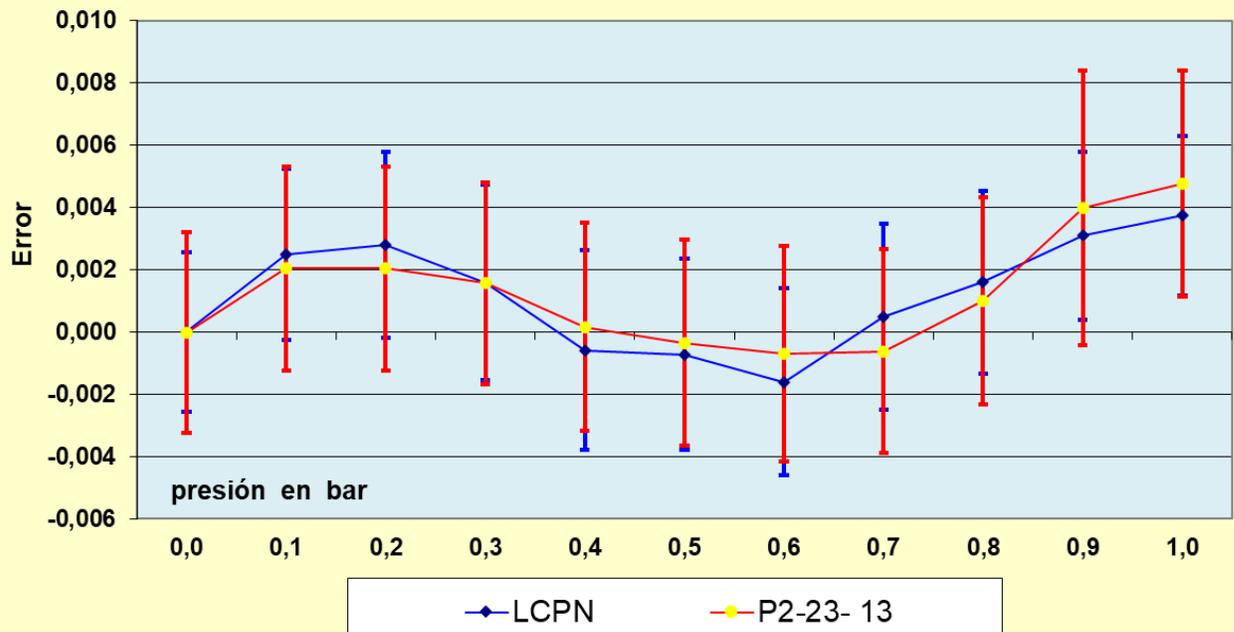
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.4)

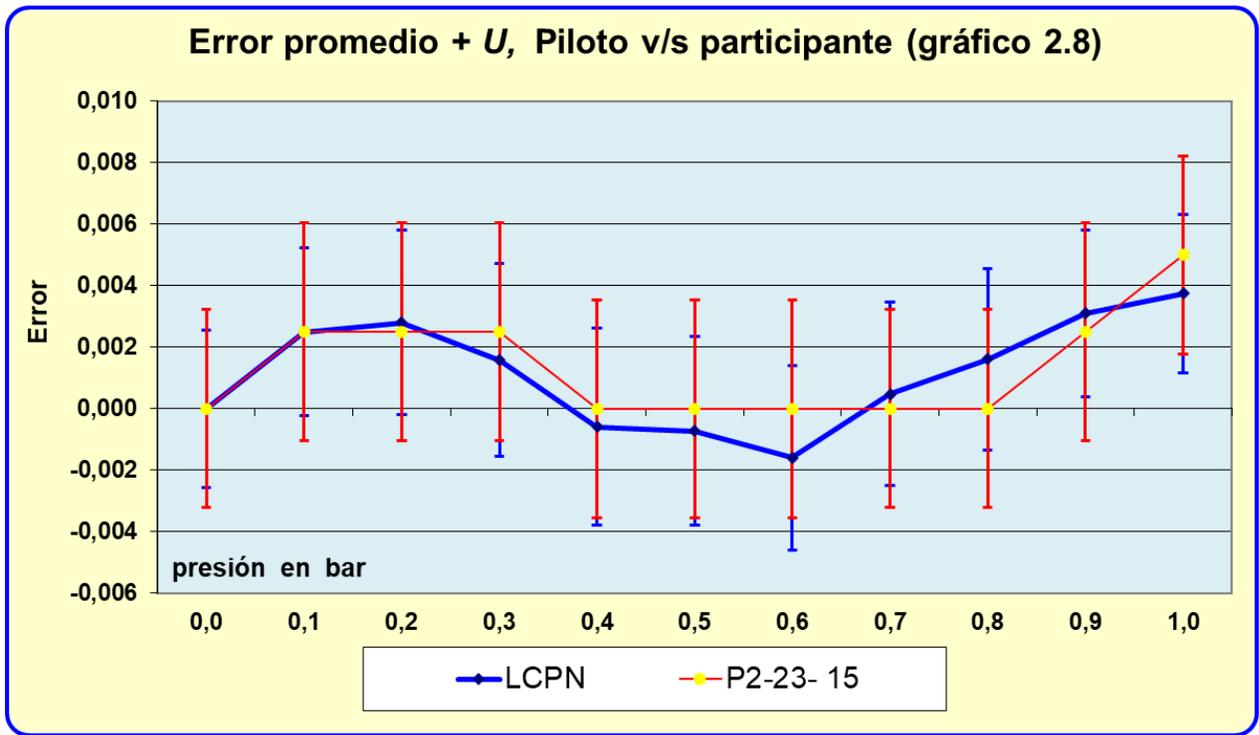
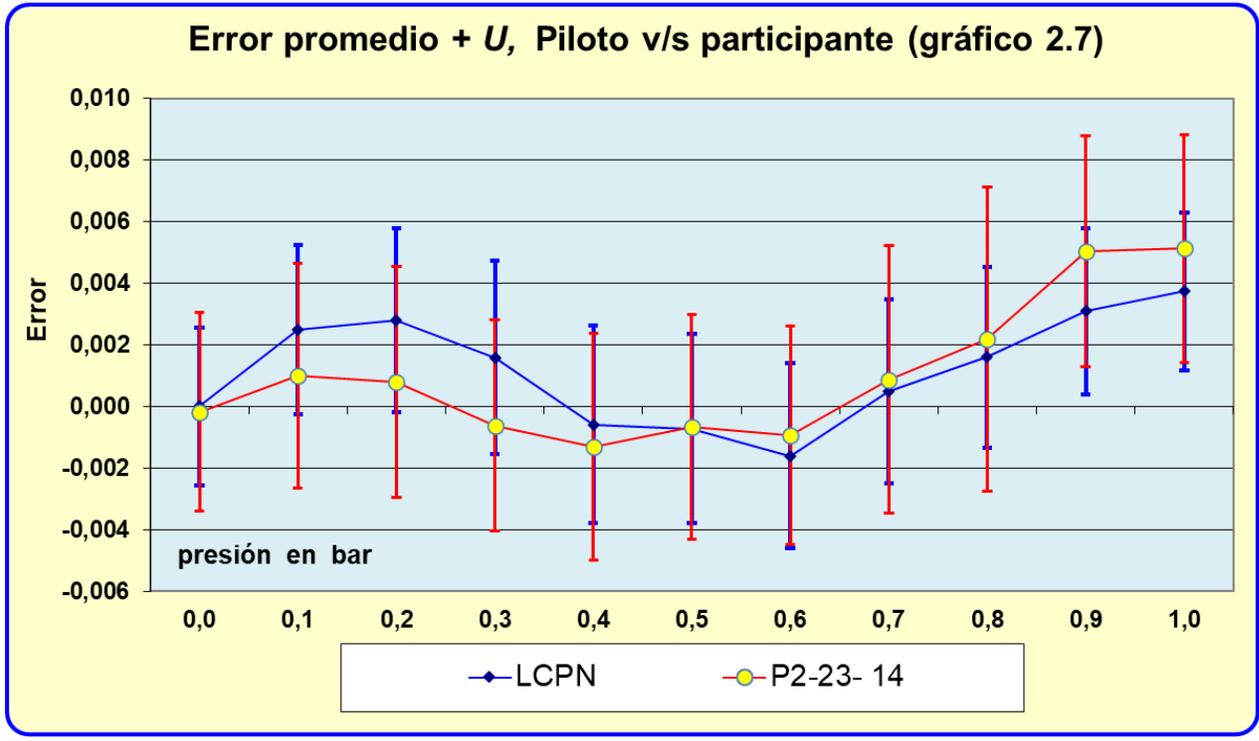


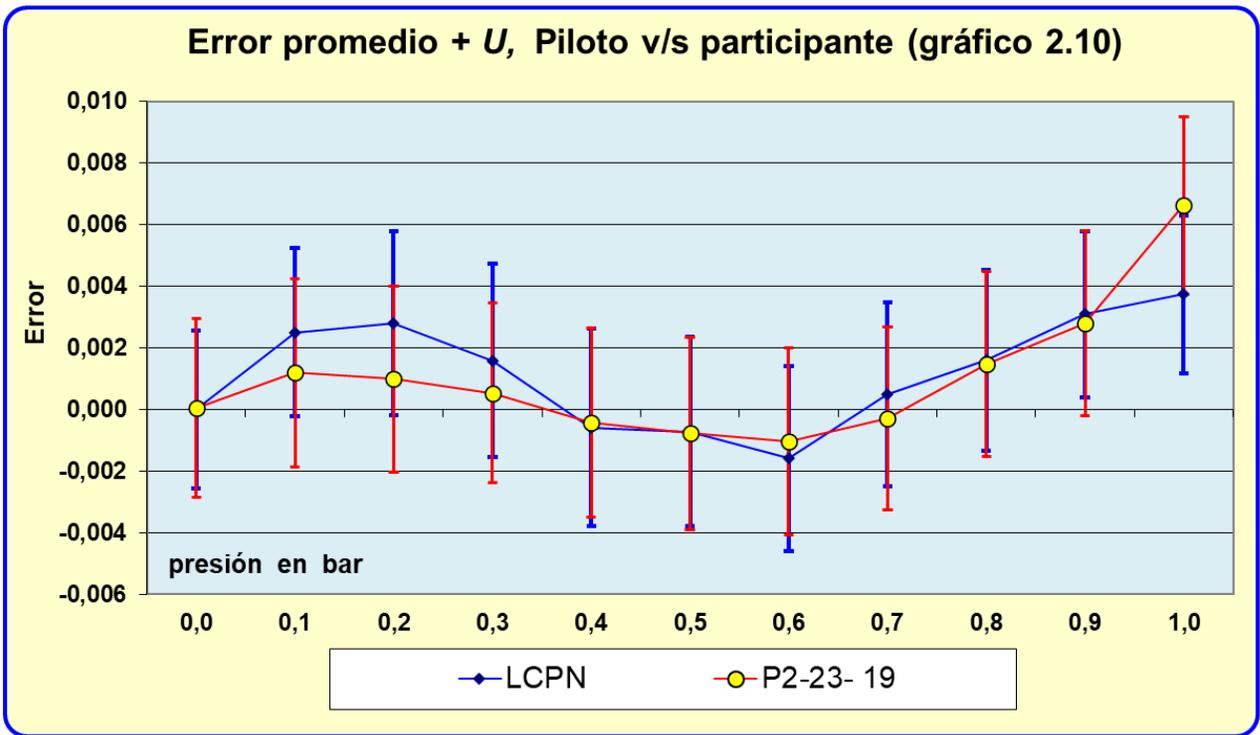
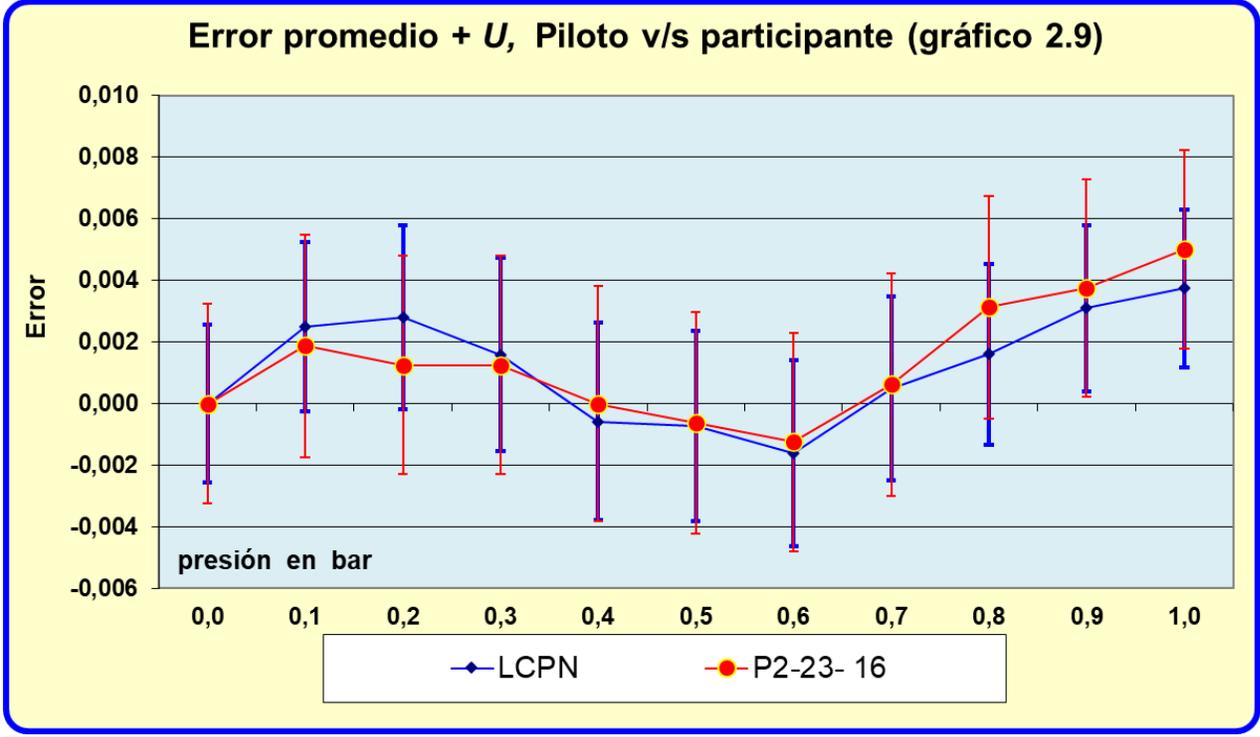
Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.5)

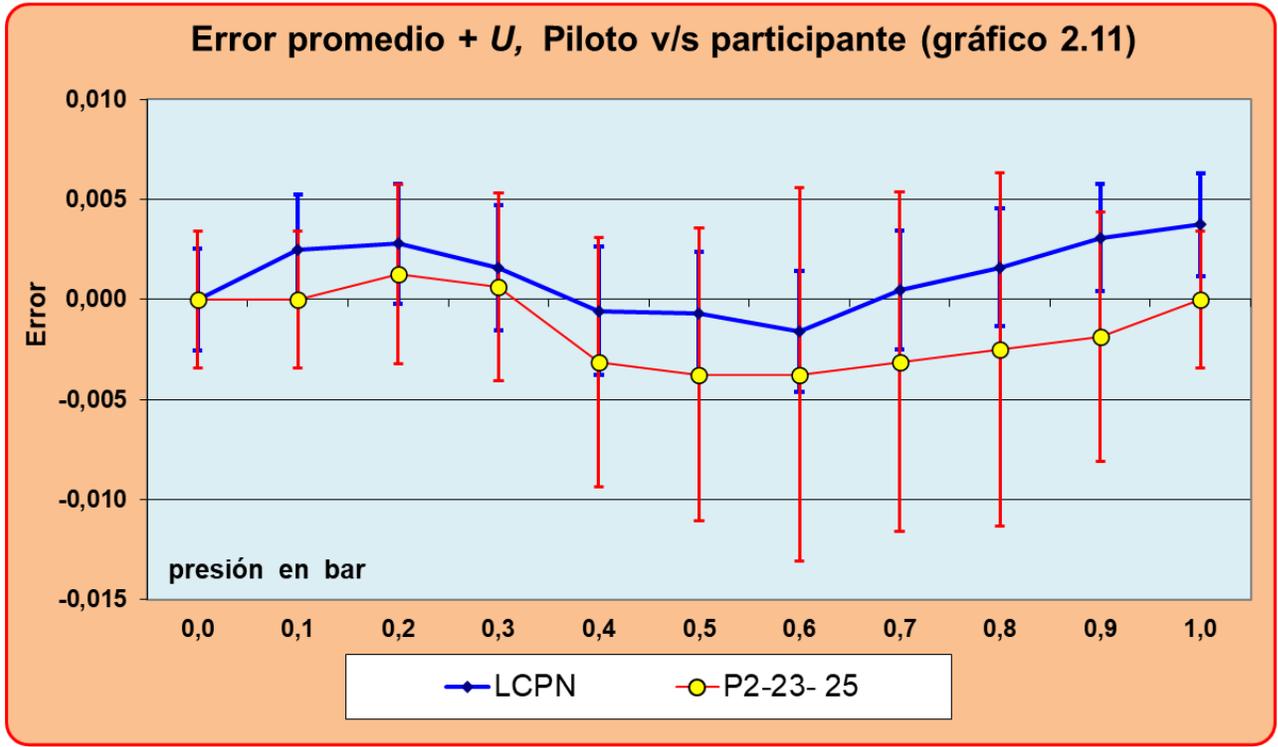


Error promedio + U, Piloto v/s participante (gráfico 2.6)









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:

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

Evaluación de resultados EA P2-23 (1 bar)

En general de los resultados obtenidos por los Laboratorios participantes en éste ensayo de aptitud "EA P2-23 70 KPa" 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		P2-23-												
P2-23-	Piloto	02	03	07	08	09	10	12	13	14	15	16	19	25
Patrón	BPM	TX	Test G	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G
Unidad	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar
Rango	1,8	9	5	7	689	7	3	2	1	2	1	4	7	25
resolución		0,0001	0,001	0,00001	0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00001	0,0001	0,0001	0,00001	0,0001	0,001
clase	0,005%	0,025%	0,15%	0,01%	0,025%	0,05%	0,025%	0,5%	0,02%	0,02%	0,0027%	0,02%	0,1%	0,05%
$U_{patrón}$ $min(K=2)$	0,00001 3	0,00073	0,00191	0,00005	0,00008	0,00030	0,00010	0,00019	0,00006	0,00010	0,00003	0,00008	0,00020	0,00100
MCM	0,00002	0,0023	0,0040	0,010	0,11	0,0005	0,0095	0,030	0,017	0,0020	0,00002	0,001	0,01	0,0016
MCM v/s $U_{total\ min}$	1,50	3,08	1,54	77	161	1,50	95	100	283	20	0,11	12,5	50	1,60

Tabla 15. Mejor capacidad de medición.

- El participante **P2-23-263**, presenta **MCM** subvalorada al ser **menor** a la **U** del patrón utilizado en éste ensayo. Por lo tanto, se sugiere revisar su mejor capacidad de medición.
- Los participantes **P2-23-252**, **P2-23-255**, **P2-23-256**, **P2-23-257**, **P2-23-258**, **P2-23-259**, y **P2-23-261**, presentan **MCM** sobrevalorada al ser entre **11 y 567** veces mayor a la **U** del patrón utilizado en éste ensayo. Por lo tanto, se sugiere revisar su 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		P2-23-02	P2-23-03	P2-23-07	P2-23-08	P2-23-09	P2-23-10	P2-23-12	P2-23-13	P2-23-14	P2-23-15	P2-23-16	P2-23-19	P2-23-25
P2-23-Piloto	BPM	TX	Test G	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G
Patrón	BPM	TX	Test G	TX	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G	TX	Test G	Test G	Test G
Unidad	bar													
Rango	1,8	9	5	7	1	7	3	2	1	2	1	4	7	25
resolución	PILOTO	0,00010	0,00100	0,00001	0,00001	0,00010	0,00010	0,00010	0,00001	0,00010	0,00010	0,00001	0,00010	0,00100
$U_{\text{patrón max}(K=2)}$	2,E-05	0,00073	0,00196	0,00005	0,00022	0,00030	0,00010	0,00032	0,00006	0,00010	0,00004	0,00008	0,00020	0,00100
Deriv info	2,6,E-07	0,00040	0,00100	0,00009	0,00005	0,00007	0,00040	0,00008	0,00002	0,00010	0,00002	0,00009	0,00010	0,00100
% U_{deriva} v/s U_{total}	0,008%	11,1%	8,3%	2,0%	3,1%	1,5%	3,3%	2,3%	0,5%	2,0%	0,5%	2,4%	3,2%	10,7%
% U_{deriva} v/s U_{std}	1,04%	55%	51%	178%	21%	22%	400%	26%	33%	100%	44%	113%	50%	100%

Tabla 16. Incertidumbre por deriva.

- Se sugiere revisar la deriva informada de los participantes **P2-23-07**, **P2-23-10**, **P2-23-14**, **P2-23-16** y **P2-23-25** ya que informan una incertidumbre por deriva igual o superior 4 veces al valor de la incertidumbre del patrón utilizado.

Histéresis y Repetibilidad

- Los participantes **P2-23-14** & **P2-23-25**, presenta errores de cálculo que incrementan notoriamente la U_{total} .

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 $7,099 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (esto considerando una variación de $1 \text{ } ^\circ\text{C}$ 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:

UDiff altura Laboratorios Participantes															
Presión	% FS	$u_{\Delta h}$	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-	P2-23-
bar	LCPN	LCPN	02	03	07	08	09	10	12	13	14	15	16	19	25
0,0	0,000001%	8,77E-09	-7,96E-09	0,00E+00	1,81E-07	0,E+00	4,29E-09	5,67E-10	2,19E-08	3,93E-09	3,93E-07	2,04E-09	4,72E-09	3,96E-09	0,E+00
0,1	0,000005%	4,64E-08	2,01E-08	0,00E+00	1,84E-07	0,E+00	3,29E-08	4,66E-09	3,91E-08	3,27E-08	4,22E-07	2,04E-09	3,85E-08	4,25E-09	0,E+00
0,2	0,000008%	8,45E-08	4,82E-08	0,00E+00	1,91E-07	0,E+00	6,25E-08	8,73E-09	6,58E-08	6,20E-08	4,52E-07	2,04E-09	7,24E-08	4,54E-09	0,E+00
0,3	0,000012%	1,24E-07	7,63E-08	0,00E+00	2,02E-07	0,E+00	9,21E-08	1,29E-08	9,39E-08	9,15E-08	4,81E-07	2,04E-09	1,06E-07	4,84E-09	0,E+00
0,4	0,000016%	1,63E-07	1,04E-07	0,00E+00	2,17E-07	0,E+00	1,21E-07	1,70E-08	1,23E-07	1,21E-07	5,10E-07	2,04E-09	1,40E-07	5,13E-09	0,E+00
0,5	0,000020%	2,01E-07	1,33E-07	0,00E+00	2,34E-07	0,E+00	1,51E-07	2,10E-08	1,52E-07	1,51E-07	5,40E-07	2,04E-09	1,74E-07	5,42E-09	0,E+00
0,6	0,000024%	2,40E-07	1,61E-07	0,00E+00	2,53E-07	0,E+00	1,80E-07	2,51E-08	1,81E-07	1,80E-07	5,69E-07	2,05E-09	2,08E-07	5,72E-09	0,E+00
0,7	0,000028%	2,77E-07	1,89E-07	0,00E+00	2,74E-07	0,E+00	2,09E-07	2,91E-08	2,10E-07	2,09E-07	5,99E-07	2,05E-09	2,41E-07	6,01E-09	0,E+00
0,8	0,000032%	3,15E-07	2,17E-07	0,00E+00	2,96E-07	0,E+00	2,37E-07	3,31E-08	2,39E-07	2,38E-07	6,28E-07	2,05E-09	2,75E-07	6,30E-09	0,E+00
0,9	0,000035%	3,54E-07	2,45E-07	0,00E+00	3,19E-07	0,E+00	2,66E-07	3,71E-08	2,68E-07	2,67E-07	6,57E-07	2,05E-09	3,09E-07	6,60E-09	0,E+00
1,0	0,000039%	3,92E-07	2,73E-07	0,00E+00	3,42E-07	0,E+00	2,95E-07	4,11E-08	2,96E-07	2,96E-07	6,87E-07	2,05E-09	3,43E-07	6,89E-09	0,E+00
	U = mm	5,0	5,0	0,02	5,0	0,E+0	0,005	0,6	5,8	5,0	5,0	5,0	10,0	5,0	0,E+0

- Los participantes **P2-23-08** & **P2-23-25**: no informan valores.
- Los participantes **P2-23-09**, **P2-23-12**, **P2-23-15**, **P2-23-16**, & **P2-23-19**: Inconsistencia entre el valor de incertidumbre en mm informado y el valor calculado en bar.

Estabilidad

<i>U</i> estabilidad Laboratorios Participantes															
Presión	% FS	<i>u</i> _{desv 0}	P2-23-02	P2-23-03	P2-23-07	P2-23-08	P2-23-09	P2-23-10	P2-23-12	P2-23-13	P2-23-14	P2-23-15	P2-23-16	P2-23-19	P2-23-25
bar	LCPN	LCPN													
0,0	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,1	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,2	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,3	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,4	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,5	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,6	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,7	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,8	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
0,9	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
1,0	0,0722%	0,00072	0,00003	0,00570	0,00144	0,01	0,00072	0,00577	0,00116	0,00072	0,00289	0,00144	0,00072	0,00003	0,00072
Estabilidad		0,0025	0,E+00	0,01	0,0025	0,E+00	0,0025	0,01	0,0014	0,0025	0,01	0,0014	0,0025	0,0001	0,E+00

- Los participantes **P2-23-02**, **P2-23-08** & **P2-23-25**: informa una estabilidad (**0 bar**), siendo que debería ser no menor a 0,0025 bar, que corresponde a la resolución del equipo viajero. Adicionalmente inconsistentemente a lo informado todos calculan un valor de *u* estabilidad.
- Los participantes **P2-23-12**, **P2-23-15** & **P2-23-19**: informan valores de estabilidad menores 0,0025 bar, que corresponde a la resolución del equipo viajero. Adicionalmente el cálculo de *u* estabilidad es inconsistente al valor informado.
- Los participantes **P2-23-03**, **P2-23-10**, & **P2-23-25**: El valor calculado de *u* estabilidad es inconsistente al valor informado de estabilidad.

Error Normalizado (E_n)

La tabla 18 indica los errores normalizados (E_n), de los laboratorios participantes que pudieron ser analizados.

E_n Participantes													
Presión bar	P2-23- 02		P2-23- 07	P2-23- 08	P2-23- 09		P2-23- 12		P2-23- 14	P2-23- 15	P2-23- 16	P2-23- 19	P2-23- 25
0,0	0,04		0,00	0,02	0,01		0,00		0,04	0,00	0,00	0,01	0,00
0,1	0,07		0,80	2,27	0,06		0,04		0,33	0,00	0,14	0,31	0,56
0,2	0,09		0,89	4,28	0,40		0,24		0,41	0,06	0,33	0,42	0,28
0,3	0,06		0,89	7,51	0,36		0,07		0,47	0,19	0,07	0,24	0,17
0,4	0,23		0,77	10,55	0,14		0,22		0,14	0,12	0,11	0,03	0,36
0,5	0,01		0,86	12,84	0,10		0,00		0,01	0,15	0,02	0,01	0,38
0,6	0,14		0,65	17,36	0,15		0,13		0,14	0,34	0,07	0,13	0,22
0,7	0,17		0,71	19,09	0,02		0,12		0,07	0,10	0,03	0,18	0,40
0,8	0,15		0,68	23,19	0,22		0,02		0,10	0,36	0,32	0,03	0,44
0,9	0,30		0,66	27,15	0,39		0,06		0,42	0,13	0,15	0,07	0,73
1,0	0,58		0,42	31,91	0,06		0,39		0,31	0,31	0,31	0,74	0,87

Tabla 18. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes, se destacan en color naranja los participantes con resultados mayores que 1.

Gráficos de Error Normalizado

Los gráficos 3A y 3B muestran las curvas de error normalizado obtenidas por cada laboratorio participante correspondientes a los datos presentados en la **Tabla 18**.

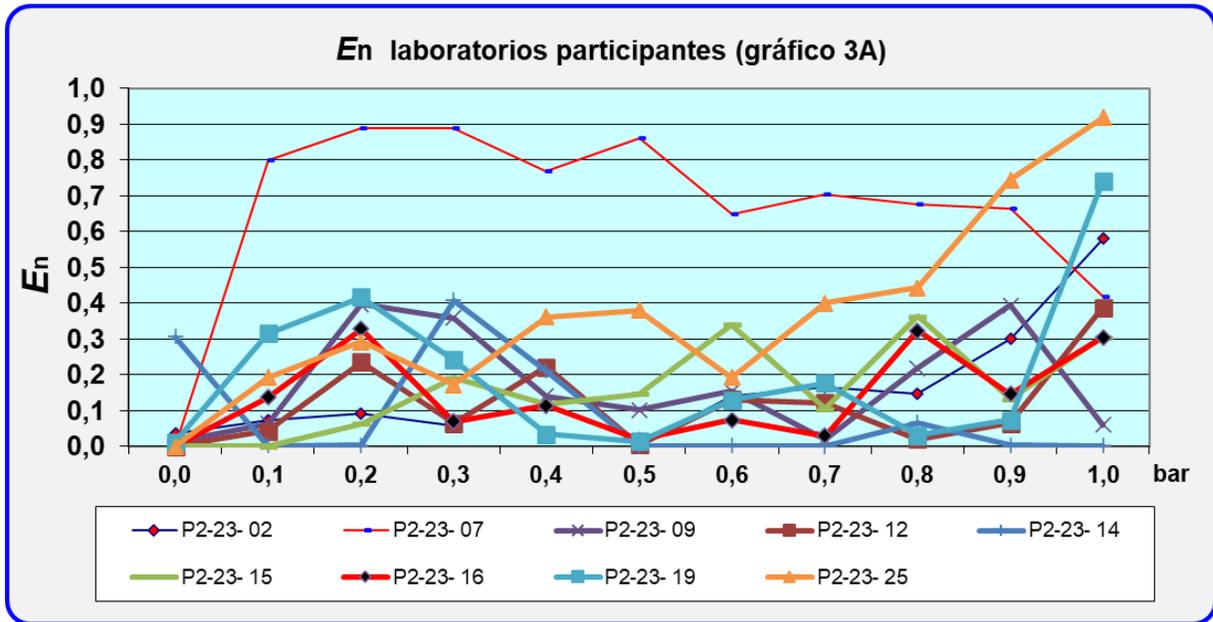


Gráfico 3A. Curvas del error normalizado, $|E_n| \leq 1.0$ **Resultado satisfactorio**

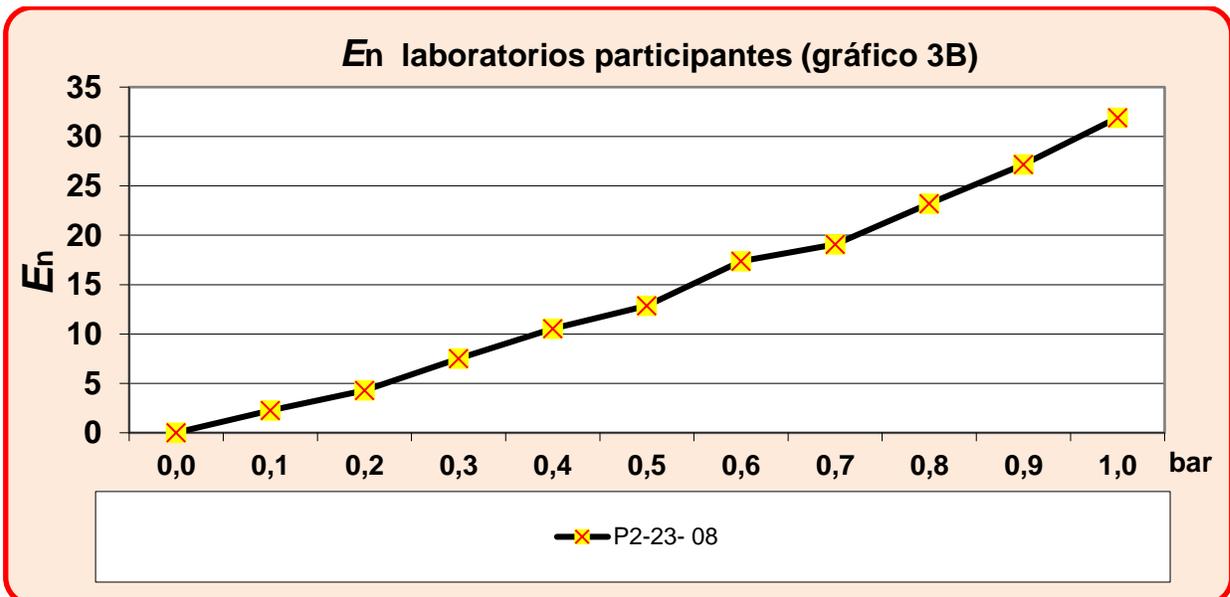


Gráfico 3B. $|E_n| > 1.0$ **Resultado NO satisfactorio**

CONCLUSIONES EA P2-23 (1 bar)

En el EA P2-23 (1 bar), 13 participantes integrantes de la RNM de Chile ejecutaron mediciones.

Tabla de observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Promedio	Error	$u_{\text{res ensayo}}$	$u_{\text{Histéresis}}$	$u_{\text{Repetibil}}$	$u_{\text{desv cero}}$	$u_{\text{estabilida d k=1}}$	$u_{\text{Patrón}}$	$u_{\text{res-patrón}}$	$u_{\text{Deriva Patrón}}$	$u_{\Delta h}$	U_{total}
1	P2-23- 02	**	**	ok	ok	ok	ok	**	**	ok	**	**	ok
2	P2-23- 03	ok	ok	**	ok	ok	ok	**	**	ok	**	**	**
3	P2-23- 07	**	**	ok	ok	ok	ok	**	**	ok	**	**	ok
4	P2-23- 08	**	**	**	**	**	**	**	**	ok	**	**	**
5	P2-23- 09	**	**	ok	**	ok	**	ok	ok	ok	ok	**	ok
6	P2-23- 10	**	**	ok	ok	ok	**	**	ok	**	**	**	**
7	P2-23- 12	ok	ok	**	ok	ok	ok	**	**	**	**	**	**
8	P2-23- 13	**	**	ok	**	**	**	ok	ok	ok	ok	**	**
9	P2-23- 14	**	**	ok	**	**	ok	ok	ok	ok	**	**	ok
10	P2-23- 15	ok	ok	**	ok	ok	ok	**	**	ok	**	**	ok
11	P2-23- 16	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	**	**	ok
12	P2-23- 19	**	**	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	**	**	ok
13	P2-23- 25	ok	ok	ok	ok	ok	ok	**	ok	ok	**	**	ok

Tabla 19 Tabla de observaciones a los cálculos realizados por cada participante que pudo ser analizado.

** La diferencia encontrada en los cálculos indicados puede ser por redondeo de cifras, diferencia en la fórmula aplicada para cada cálculo y/o los datos aportados, por tanto, se sugiere a los participantes revisar cada componente de incertidumbre de acuerdo a lo indicado en la guía DKD-R 6-1 (rev.3 2014).

- Resultado **SATISFACTORIO** un 69% equivalente a 9 de 13 participantes.

LABORATORIO PARTICIPANTE	<i>Error Normalizado En "Satisfactorio"</i>
P2-23-02	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P2-23-07	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P2-23-09	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P2-23-12	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P2-23-14	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P2-23-15	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P2-23-16	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P2-23-19	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.
P2-23-25	$ E_n \leq 1.0$ su resultado es: Satisfactorio.

- Resultado **INSATISFACTORIO** un 8% equivalente a 1 de 13 participantes.

LABORATORIO PARTICIPANTE	<i>Error Normalizado En "Insatisfactorio"</i>
P2-23-08	$ E_n > 1.0$ su resultado es: Insatisfactorio.

- Resultado **"NO ES ANALIZADO"** un 23% equivalente a 3 de 13 participantes.

LABORATORIO PARTICIPANTE	"NO ES ANALIZADO"
P2-23-03	Sus resultados no se analizan en el criterio de error normalizado E_n , porque la U_{total} reportada es incrementada por error de cálculo en $u_{estabilidad}$, superando 3,3 veces la clase del patrón viajero.
P2-23-10	Sus resultados no se analizan en el criterio de error normalizado E_n , porque la U_{total} reportada es incrementada por error de cálculo en u_{res} & $u_{estabilidad}$, superando 2,4 veces la clase del patrón viajero.
P2-23-13	Sus resultados no se analizan en el criterio de error normalizado E_n , por no cumplir el punto 11 del protocolo del ensayo de Aptitud (no informa procesamiento matemático de las lecturas obtenidas).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los **13** laboratorios participantes en éste ensayo de aptitud **P2-23 (1 bar)** 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^oedition, 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