



RED NACIONAL DE METROLOGÍA
UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES
NACIONALES
MAGNITUD PRESION
INFORME A
COMPARACIÓN NACIONAL
P14
CALIBRACIONES DE MEDIDORES DE PRESIÓN

Rango de medición: 0 a 300 bar

Medio de transmisión Hidráulico

Abril - Diciembre 2014

COMPARACION DE PATRONES DE PRESION

Marcial Espinoza. Angel Flores
Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPN-PRESION), Chile.
Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera n°11087.
Teléfono 56 (2) 2383 1825, 56 (2) 2383 1966 , e-mail lcpnpress@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 2014. Para ello se ha elegido un instrumento que permiten cubrir un rango que pueda ser calibrado por la todos los Laboratorios acreditados por el INN en la magnitud Presión y otros laboratorios de calibración no-acreditados. La comparación se llevó a cabo desde mayo de 2014 a diciembre 2014. Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un medidor de Presión digital con alcance de medición de 300 bar, clase de exactitud del 0,05% del alcance de medición y una resolución de 0.01 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 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 la Ronda de comparación 2014 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 se tiene en el país empleando como referente para la magnitud el LCPN-P de ENAER como Laboratorio Nacional designado por el Estado de Chile.

DATOS GENERALES

Laboratorios participantes

Al ensayo de aptitud 2014 lograron incorporarse catorce laboratorios participantes en la magnitud Presión.

Patrón de comparación

Como patrón Viajero de comparación se utilizó Medidor de Presión Digital. El instrumento fue facilitado por LCPN-P de ENAER. Las características del estándar Primario utilizado para calibrar el Medidor de Presión Digital en el ejercicio por el LCPN- P y el instrumento patrón Viajero correspondiente a la comparación se presentan en la tabla 1 y 2.

LCPN-P Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Area efectiva Pistón-cilindro J-332 (m ²)	Gravedad local ms ⁻²	Alcance de medición bar	Incertidumbre relativa (lectura), k=2
Estándar Primario	Balanza de Peso Muerto	Ruska	1,96153 * 10 ⁻⁵	9,794 249	500	3,0* 10 ⁻⁵ * p _e +0,23 mbar no menor a 1,5 mb

Tabla 1.- Patrón Nacional utilizado para calibrar el patrón viajero

Tipo de Instrumento :	Medidor de Presión digital
Alcance de Medición:	300 bar.
Unidad de medición:	bar.
Resolución:	0,01 bar.
Clase de exactitud:	0,05% Alcance Total (600 bar)
Fabricante:	ConST
Modelo y Número de identificación:	Modelo: ConST273 Nº de serie: 27312190041

Tabla 2. Patrón Viajero de comparación.

Programa de la comparación

La comparación se realizó en 5 etapas;

- (1) medición inicial piloto (2 veces),
- (2) medición de 6 participantes (la primera mitad de la ronda P14),
- (3) medición intermedia piloto (3 veces),
- (4) medición de 8 participantes (la segunda mitad de la ronda P14),
- (5) medición final piloto (3 veces),

LCPN-P y el INN establecen la documentación base y actividades a realizar.

- a) Preparación. ENAER realizó dos mediciones iniciales 1 y 2. Con lo cual estableció los lineamientos generales de la comparación, calibrando el Patrón Viajero en dos oportunidades.
- b) Los 6 laboratorios participantes de la primera mitad de la ronda P14 realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas.
- c) El instrumento vuelve al LCPN-P en la mitad del ensayo de aptitud P14, el piloto ejecuta las mediciones 3, 4 y 5 al patrón viajero empleado para el ejercicio de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación.
(ver figura 1)
- d) Se realizan las mediciones de los 8 laboratorios participantes de la segunda mitad de la ronda P14 con varias alteraciones y cambios en la programación producto de retrasos no justificados en el proceso de calibración de algunos de los laboratorios participantes.
- e) El instrumento vuelve al LCPN-P y el piloto ejecuta la mediciones finales 6, 7 y 8 al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (ver figura 1).
- f) El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al LCPN-P de ENAER el 21 de octubre de 2014.
- g) El 26 de noviembre de 2014 el LCPN-P de ENAER emite un informe "B" 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.
- h) Se rectifican datos a sugerencia del LCPN-P, los laboratorios hacen sus correcciones y se remite la información al INN, el cual hace llegar la documentación a ENAER el 01 de diciembre de 2014.

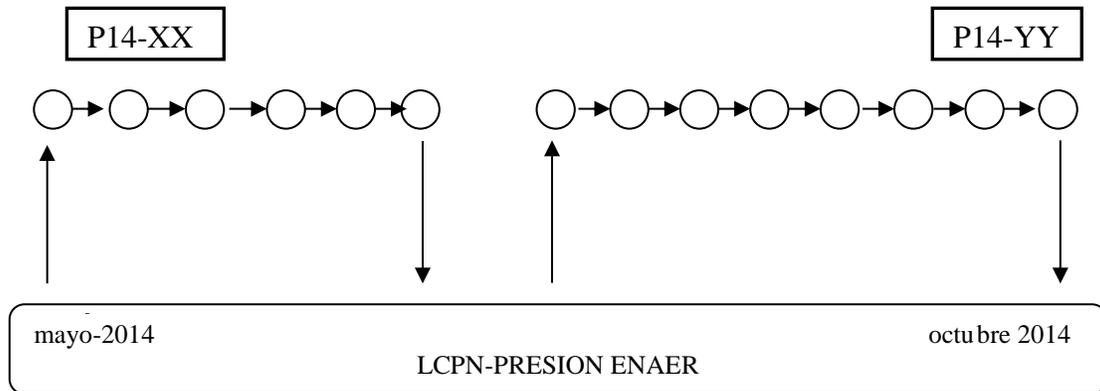


Figura 1. Esquema Ronda de Comparación.

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

El laboratorio de ENAER realizó un estudio del comportamiento del patrón de comparación calibrándolo en 8 ocasiones. Los datos obtenidos se presentan gráficamente y se encuentran rotulados con serie 1 a serie 8 (ver gráfico 1). Las mediciones 1 y 2 se realizaron al inicio de la comparación en mayo de 2014; las mediciones 3, 4 y 5 en la mitad de la roda P14, y las mediciones 6, 7 y 8 al término de la comparación en octubre del año 2014.

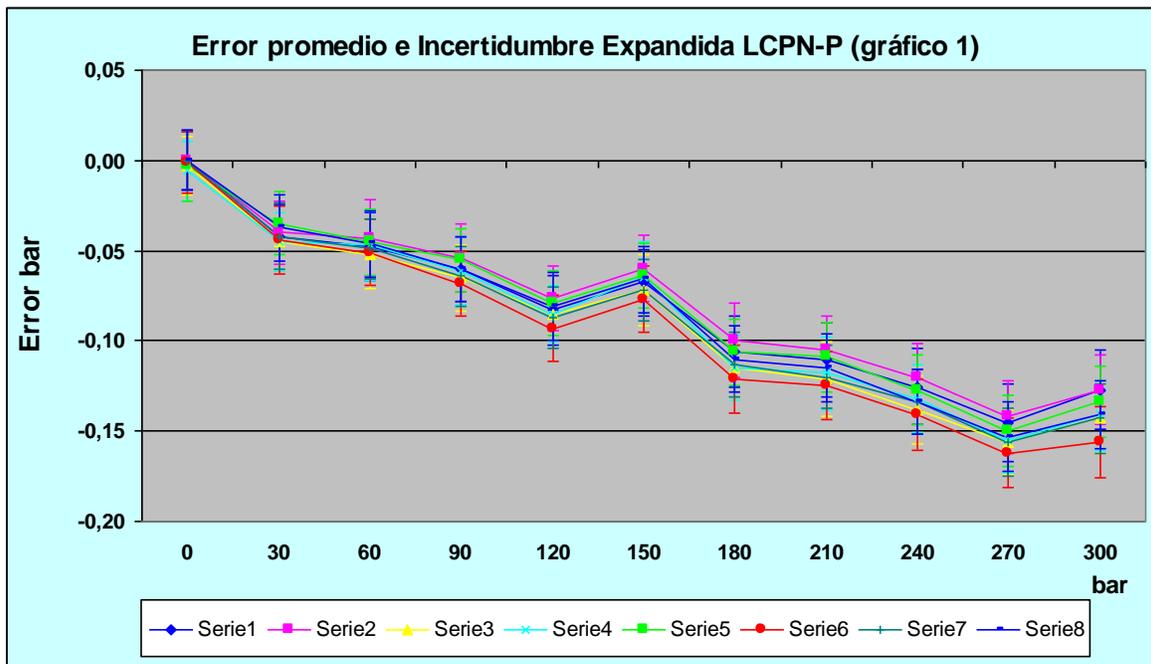


Gráfico 1. Error promedio., E , e incertidumbre expandida, U ($k=2$, 95%). Laboratorio LCPN-P.

Datos de las mediciones

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, para el error y la incertidumbre combinada, son el promedio de las lecturas realizadas de las tres diferentes fechas de toma de lectura en el laboratorio de LCPN-P.

$$E_{Enaer} = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7 + E_8) / 8$$

$$U_{Enaer} = (U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6 + U_7 + U_8) / 8$$

Datos Error Promedio Laboratorios															
bar	LCPN	P-14-6	P-14-7	P-14-9	P-14-10	P-14-11	P-14-12	P-14-19	P-14-23	P-14-31	P-14-35	P-14-36	P-14-43	P-14-47	P-14-75
0	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	-0,01
30	-0,04	-0,03	-0,04	-0,07	-0,02	-0,03	-0,04	0,02	-0,03	-0,05	-0,03	-0,03	-0,05	0,35	-0,02
60	-0,05	-0,04	-0,05	-0,09	-0,03	-0,03	-0,04	0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,03	-0,06	0,35	0,04
90	-0,06	-0,05	-0,07	-0,12	-0,04	-0,03	-0,05	0,06	0,01	-0,06	-0,05	-0,05	-0,07	0,06	0,01
120	-0,08	-0,07	-0,08	-0,16	-0,06	-0,04	-0,08	0,07	-0,07	-0,08	-0,08	-0,07	-0,09	0,02	0,04
150	-0,07	-0,06	-0,05	-0,16	-0,05	-0,04	-0,07	0,11	-0,01	-0,07	-0,07	-0,06	-0,08	0,06	0,03
180	-0,11	-0,07	-0,08	-0,21	-0,09	-0,09	-0,09	0,09	-0,08	-0,11	-0,11	-0,11	-0,12	0,04	0,05
210	-0,12	-0,06	-0,07	-0,23	-0,10	-0,08	-0,10	0,13	-0,12	-0,12	-0,12	-0,11	-0,12	0,11	0,09
240	-0,13	-0,10	-0,10	-0,26	-0,12	-0,09	-0,12	0,15	-0,08	-0,13	-0,14	-0,13	-0,13	0,12	0,03
270	-0,15	-0,11	-0,11	-0,30	-0,14	-0,12	-0,13	0,17	-0,14	-0,16	-0,16	-0,14	-0,16	0,09	0,06
300	-0,14	-0,08	-0,08	-0,29	-0,12	-0,10	-0,13	0,23	-0,15	-0,14	-0,15	-0,13	-0,14	0,07	0,06

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

Gráficos Individuales Error de cada participante con LCPN

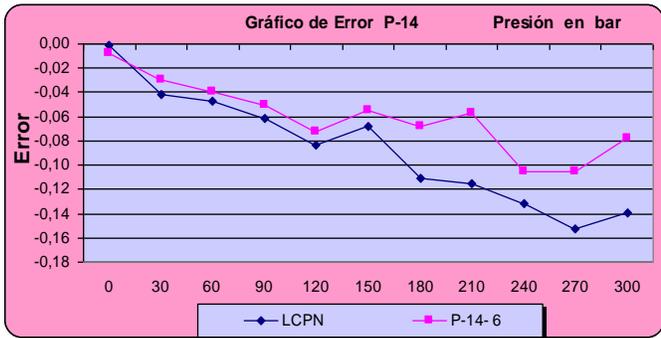


Gráfico (a)

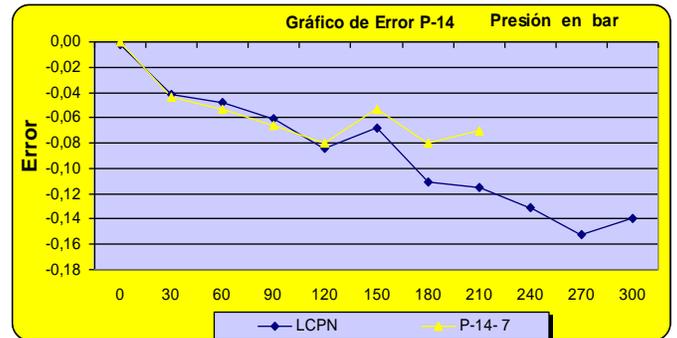


Gráfico (b)

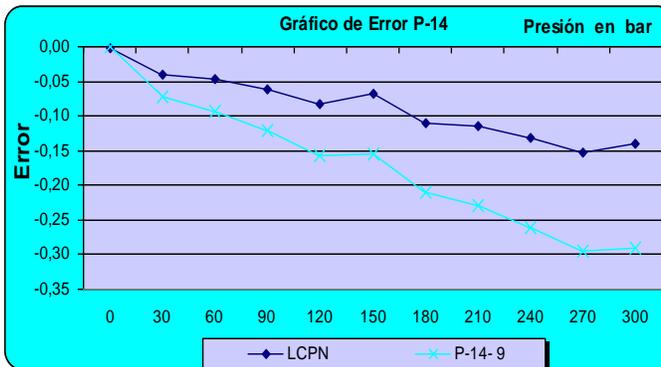


Gráfico (c)

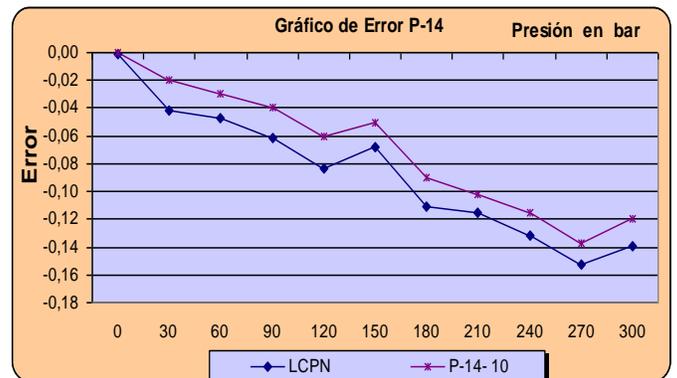


Gráfico (d)

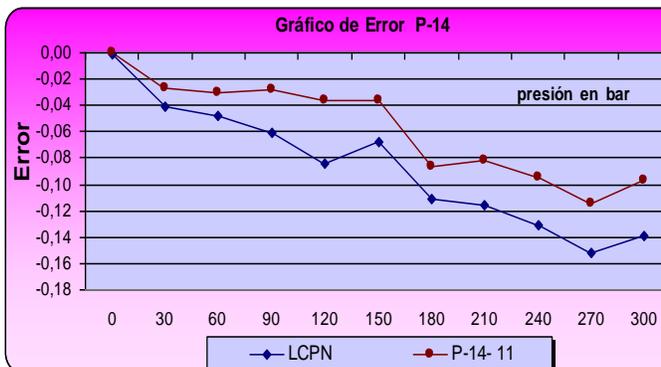


Gráfico (e)

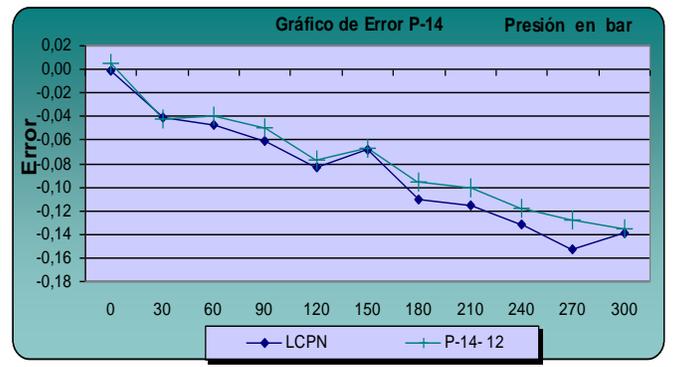


Gráfico (f)

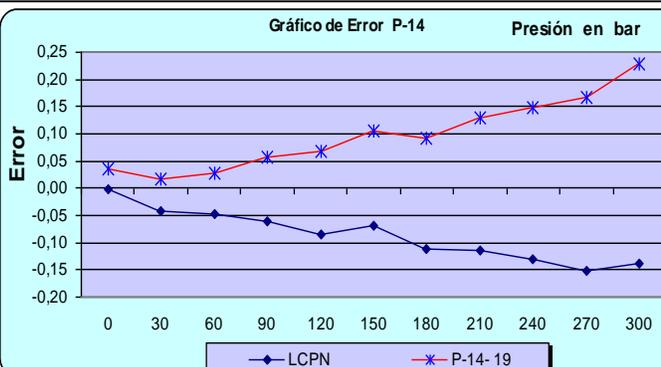


Gráfico (g)

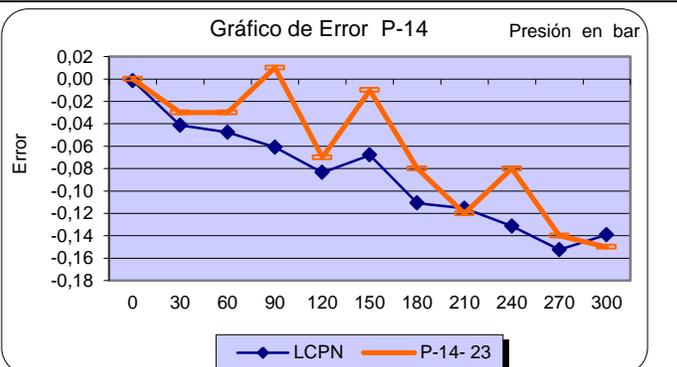


Gráfico (h)

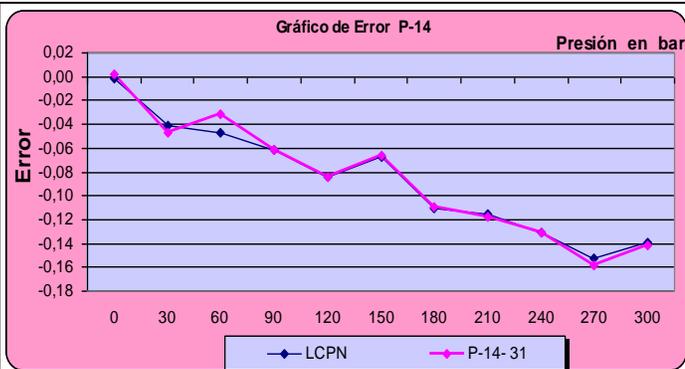


Gráfico (i)

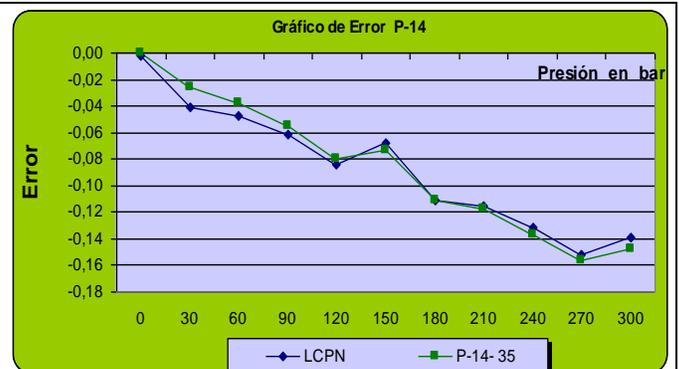


Gráfico (k)

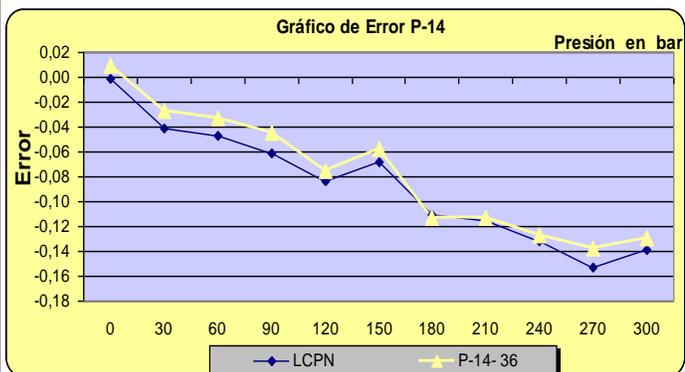


Gráfico (m)

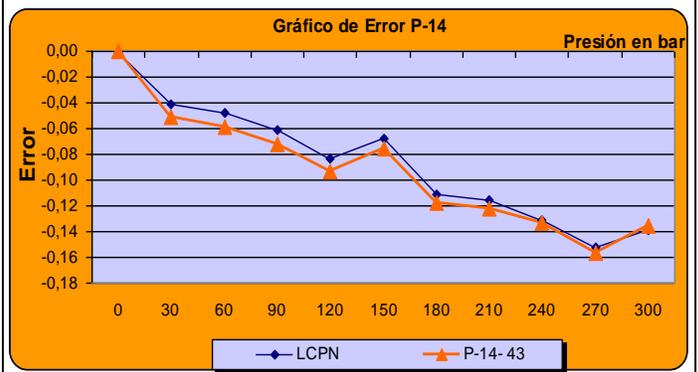


Gráfico (n)

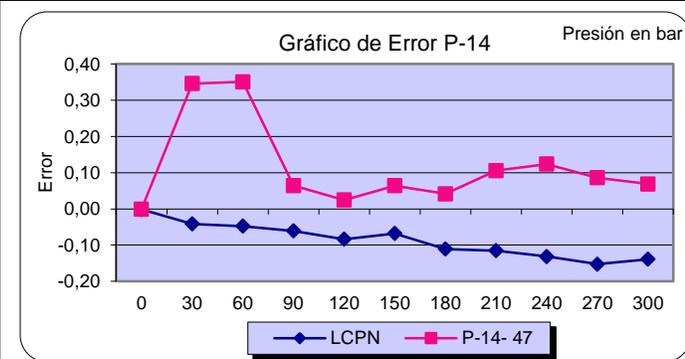


Gráfico (p)

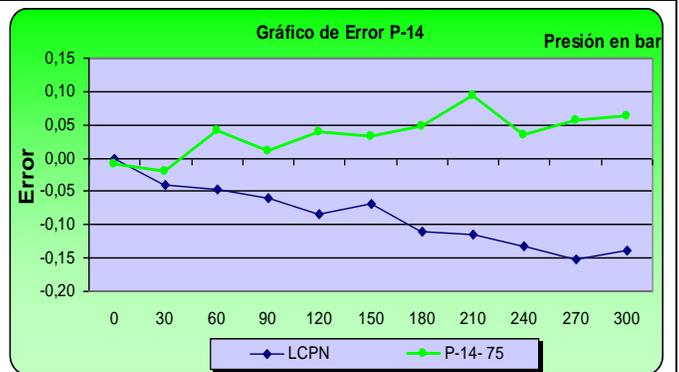


Gráfico (r)

Gráfico 2. Curvas de error, E , de todos los laboratorios.

El gráfico 2 muestra las curvas del error para el patrón de comparación por cada uno de los laboratorios participantes y presentan gráficamente los resultados obtenidos por los participantes para el error promedio E .

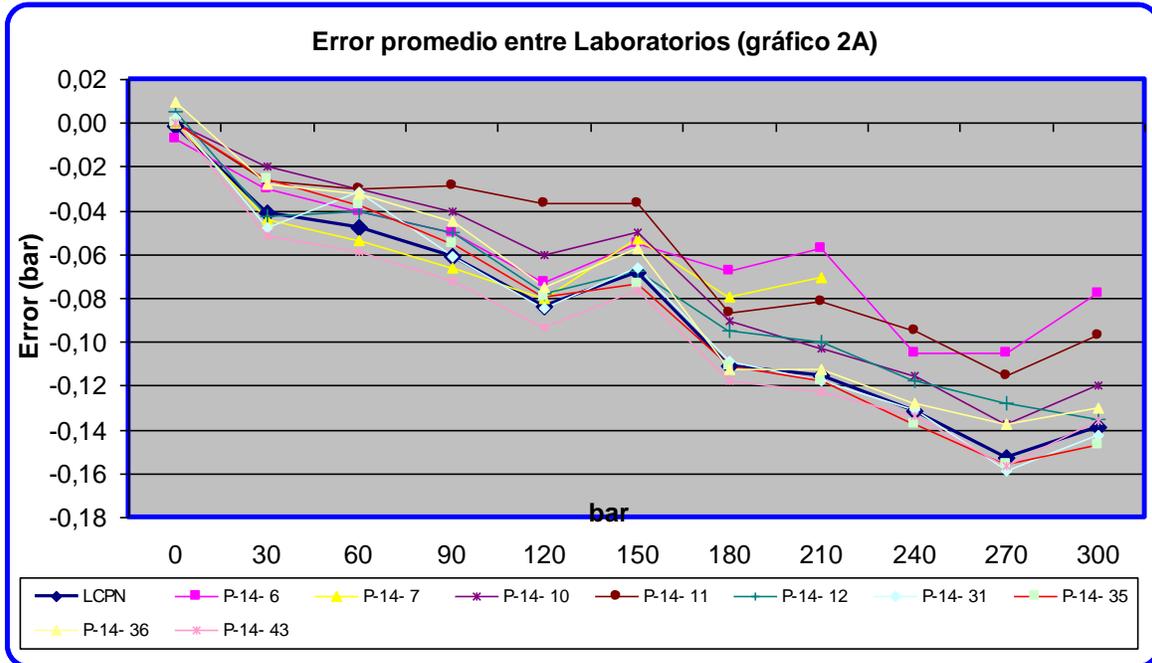


Gráfico 2A. Curvas de error, E , de los laboratorios con mejor concordancia.

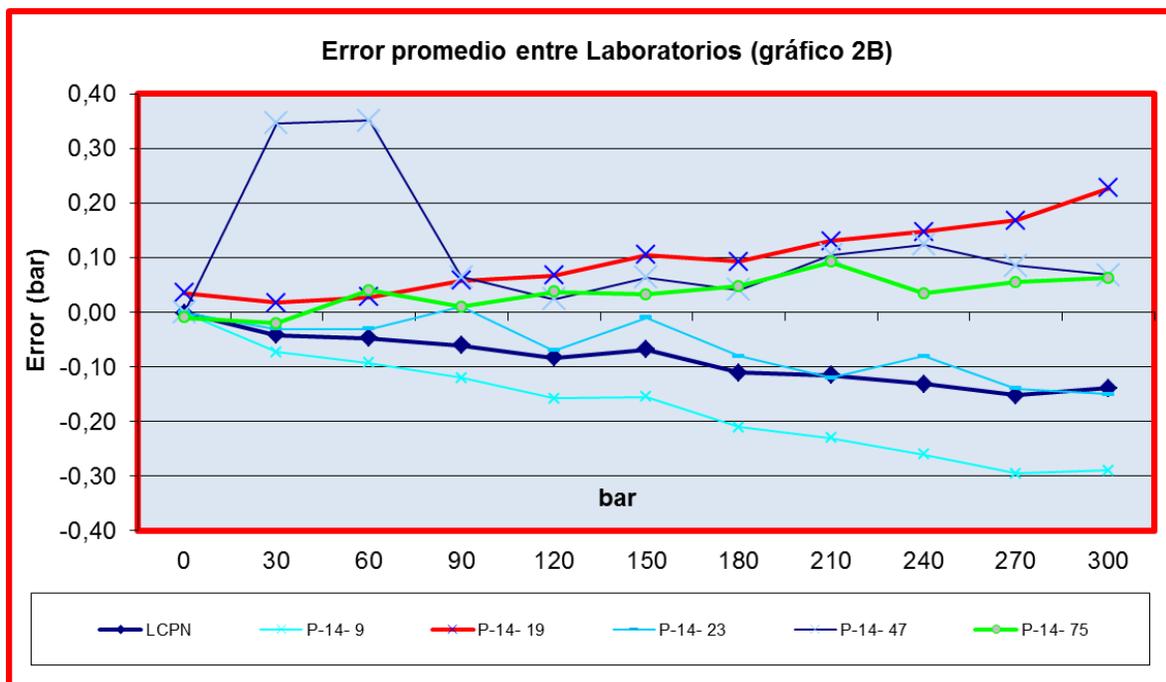


Gráfico 2B. Curvas de error, E , de los laboratorios con menor concordancia.

Datos de incertidumbre (k=2) U Laboratorios															
bar	LCPN	P-14-6	P-14-7	P-14-9	P-14-10	P-14-11	P-14-12	P-14-19	P-14-23	P-14-31	P-14-35	P-14-36	P-14-43	P-14-47	P-14-75
0	0,02	0,20	0,02	0,25	0,02	0,35	0,04	0,51	2,56	0,07	0,13	0,06	0,01	0,01	0,50
30	0,02	0,20	0,02	0,25	0,02	0,35	0,04	0,52	2,56	0,07	0,13	0,08	0,01	0,01	0,50
60	0,02	0,20	0,05	0,25	0,02	0,35	0,04	0,53	2,56	0,07	0,13	0,08	0,01	0,02	0,50
90	0,02	0,20	0,07	0,25	0,02	0,35	0,04	0,54	2,56	0,07	0,13	0,07	0,02	0,01	0,50
120	0,02	0,20	0,09	0,25	0,02	0,35	0,04	0,55	2,56	0,07	0,13	0,08	0,02	0,01	0,50
150	0,02	0,20	0,12	0,25	0,02	0,35	0,04	0,57	2,56	0,07	0,13	0,08	0,03	0,02	0,50
180	0,02	0,20	0,14	0,25	0,05	0,35	0,04	0,59	2,56	0,07	0,13	0,09	0,03	0,02	0,50
210	0,02	0,20	0,17	0,25	0,03	0,35	0,04	0,60	2,56	0,07	0,13	0,08	0,03	0,02	0,50
240	0,02	0,20		0,25	0,03	0,35	0,04	0,62	2,56	0,07	0,13	0,08	0,04	0,02	0,50
270	0,02	0,20		0,25	0,03	0,35	0,04	0,64	2,56	0,07	0,13	0,07	0,04	0,02	0,50
300	0,02	0,20		0,25	0,02	0,35	0,04	0,66	2,56	0,07	0,13	0,07	0,05	0,03	0,50

Tabla 4. Datos de la incertidumbre expandida, U, obtenidos por los participantes.

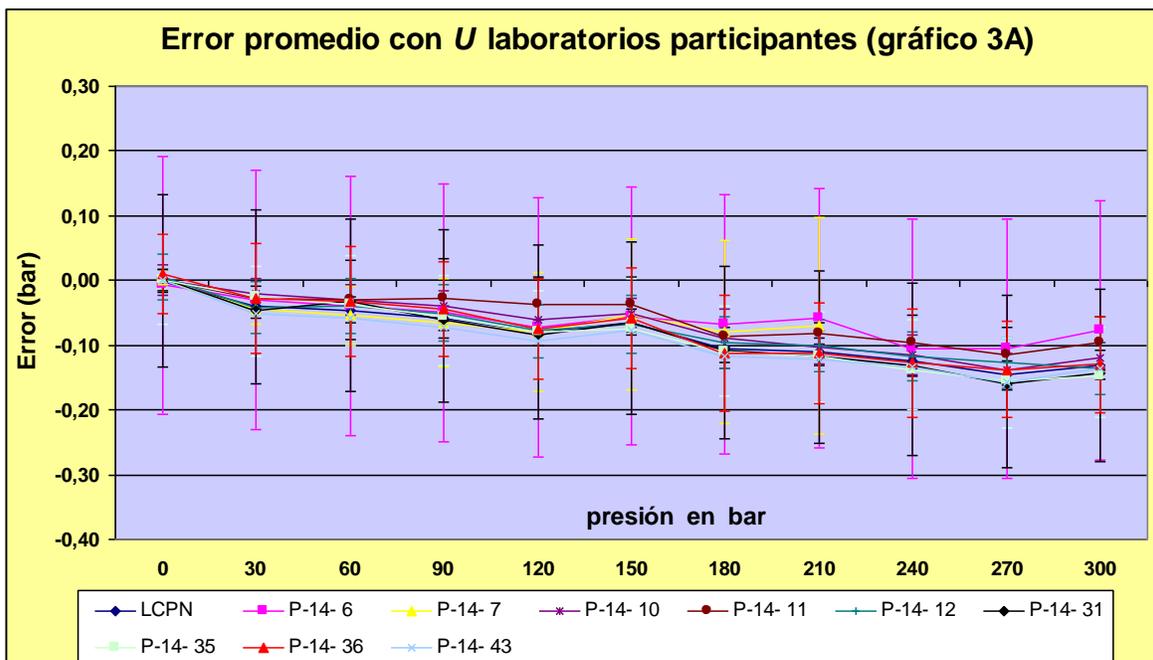


Gráfico 3A. Datos de error promedio, E, con incertidumbre expandida, U, Laboratorios con mejor concordancia.

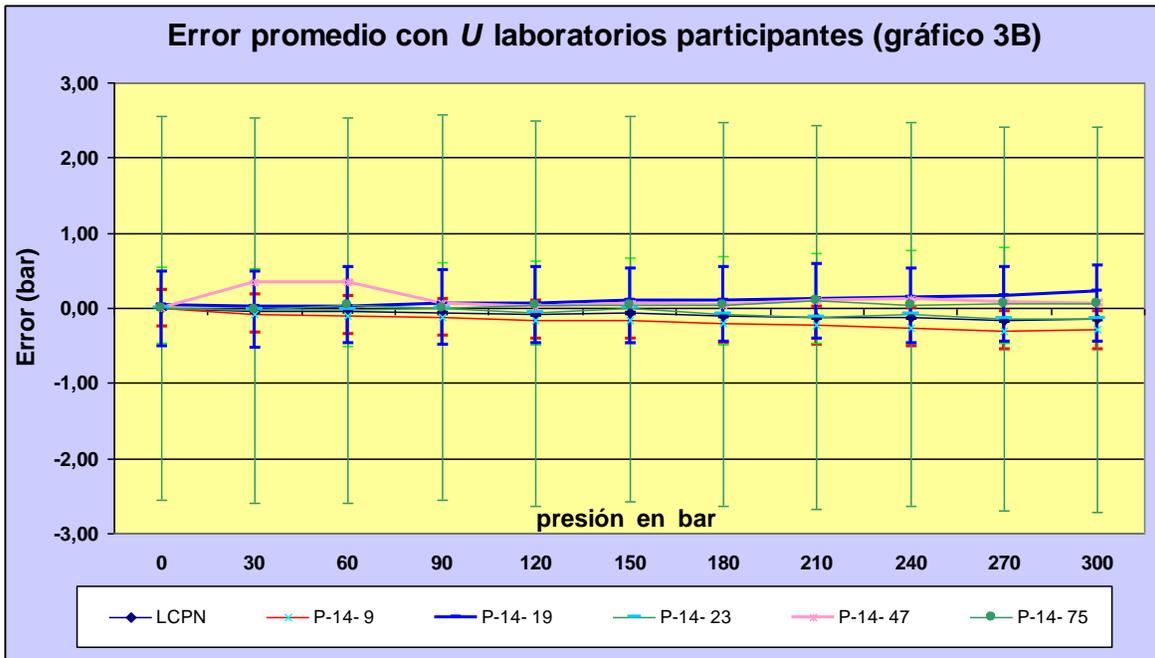


Gráfico 3B. Datos de error promedio, E , con incertidumbre expandida, U , Laboratorios con menor concordancia

El gráfico 3A y 3B registran los errores promedios con la incertidumbre expandida de cada laboratorio.

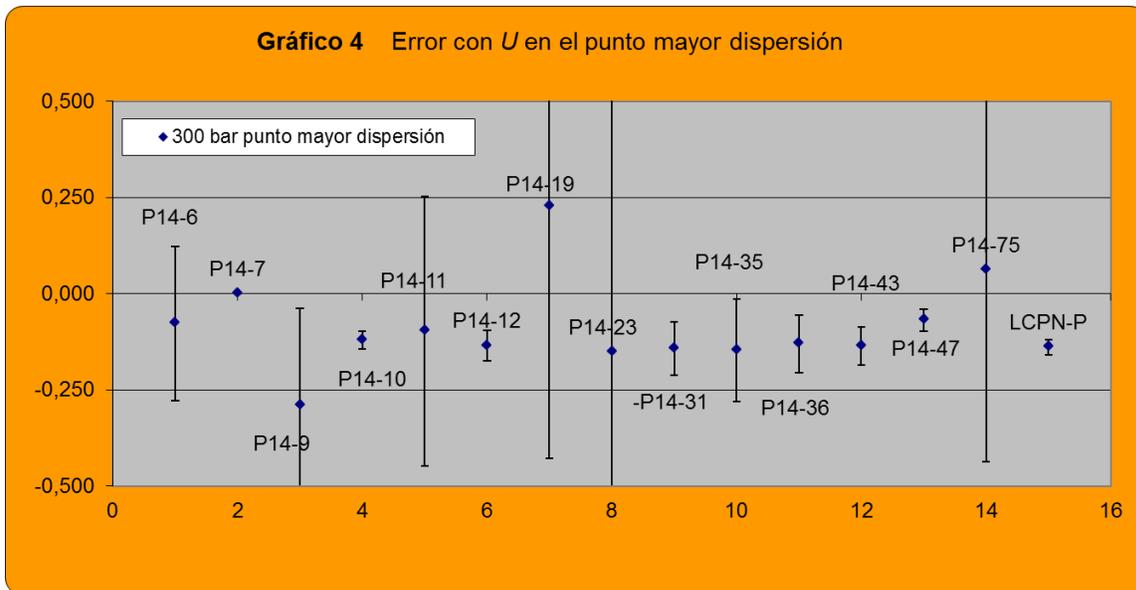


Gráfico 4. Datos de error promedio E , con incertidumbre expandida, U , en el punto de medición con mayor dispersión (el participante P14-7 no mide en este punto)

El gráfico 4 muestra los casos extremos, en donde se obtuvo menor concordancia y en donde se presentó la mayor dispersión entre los resultados de los laboratorios participantes, de acuerdo a los datos presentados en la Tablas 3 y 4

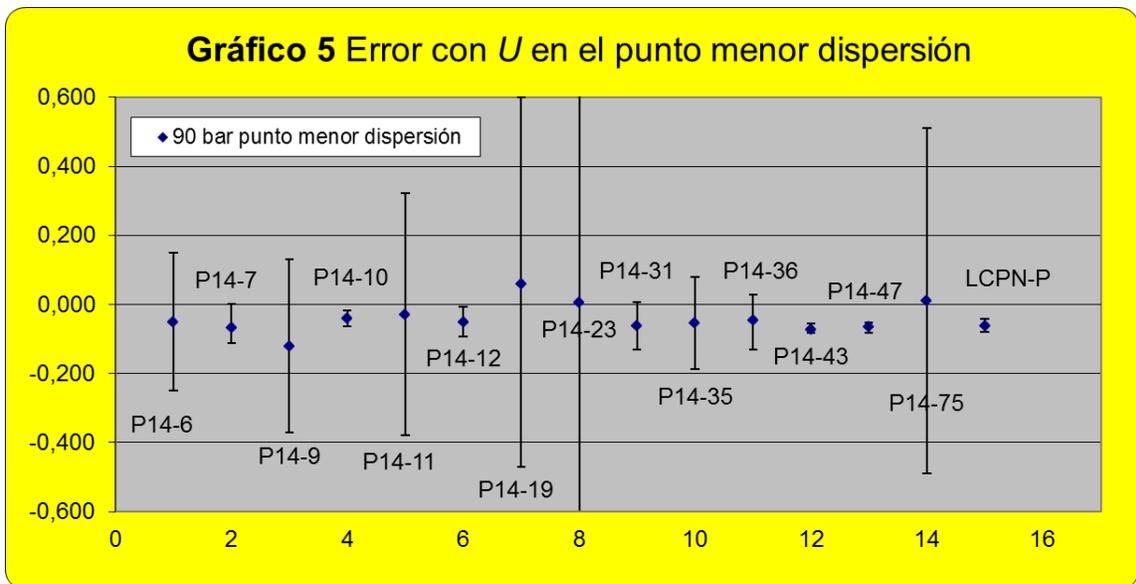


Gráfico 5. Datos de error promedio E , con incertidumbre expandida, U , en el punto de medición con menor dispersión.

El gráfico 5 muestra los casos, en donde se obtuvo mejor concordancia y en donde se presentó la menor dispersión entre los resultados de los laboratorios participantes, de acuerdo a los datos presentados en la Tablas 3 y 4

#	PARTICIPANTE	PATRÓN	MCM para 30 y 300 bar		no menor a (bar)	U según Su planilla 30 y 300 bar	Final informada U P14 en bar
			fórmula	cálculo			
			0	PILOTO	BAL PESO MUERTO	$3,0 \times 10^{-5} \times p_e$ +0,00023 bar	0,00113 0,00923
1	P14-06	TEST GAUGE			0,2	0,2	0,2
2*	P14-07	BAL PESO MUERTO	$74,8 \times 10^{-5}$ pe	0,02244 0,2244	0,0161	0,02 0,17	0,02 0,17
3	P14-09	BAL PESO MUERTO	$4,9 \times 10^{-4}$ pe	0,0147 0,147	0,25	0,25	0,25
4*	P14-10	TEST GAUGE	3×10^{-4} pe	0,009 0,09	0,08	0,023 0,046	0,023 0,046
5	P14-11	TEST GAUGE			0,35	0,015 0,061	0,35
6	P14-12	BAL PESO MUERTO	$1,2 \times 10^{-4}$ pe	0,0036 0,036	0,03	0,036 0,044	0,036 0,044
7	P14-19	TEST GAUGE	6×10^{-5} pe	0,0018 0,018	0,4	0,51 0,656	0,51 0,656
8	P14-23	TEST GAUGE			2,56	0,02 0,2	2,56
9	P14-31	BAL PESO MUERTO	95×10^{-6} pe	0,00285 0,0285	0,011	0,07	0,07
10	P14-35	TEST GAUGE	$1,75 \times 10^{-4}$ pe	0,0052 0,0525	0,08	0,13	0,13
11*	P14-36	TEST GAUGE			0,072 bar	0,06 0,12	0,06 0,12
12	P14-43	BAL PESO MUERTO	$1,5 \times 10^{-4}$ pe bar	0,0045 0,045	0,0075	0,0075 0,049	0,0075 0,049
13	P14-47	BAL PESO MUERTO	$8,7 \times 10^{-5}$ pe bar	0,00261 0,0261	0,0054	0,01 0,03	0,01 0,03
14*	P14-75	TEST GAUGE	4×10^{-3} x pe bar	0,12 1,2	No informado	0,515 0,522	0,515 0,522

Tabla Nº 5 Mejor capacidad Piloto y Participantes

Evaluación de los resultados.

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.

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 fórmula que se da a continuación, fórmula que se aplica para cada punto de medición examinado del laboratorio analizado y el respectivo valor de referencia.

Desempeño de los laboratorios

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

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} = U expandida ($k=2$) del error de la medición del laboratorio participante.

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

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

$$|E_n| \leq 1.0 \text{ Resultado satisfactorio}$$

$$|E_n| > 1.0 \text{ Resultado NO satisfactorio}$$

La tabla 5 es una presentación esquemática de los errores normalizados (En), de los laboratorios participantes.

Tabla de error normalizado (En)														
bar	P-14-6	P-14-7	P-14-9	P-14-10	P-14-11	P-14-12	P-14-19	P-14-23	P-14-31	P-14-35	P-14-36	P-14-43	P-14-47	P-14-75
0	0,03	0,07	0,01	0,06	0,00	0,16	0,07	0,00	0,06	0,01	0,18	0,08	0,06	0,02
30	0,06	0,10	0,12	0,72	0,04	0,03	0,11	0,00	0,09	0,12	0,12	0,48	19,19	0,04
60	0,04	0,12	0,18	0,58	0,05	0,16	0,14	0,01	0,22	0,07	0,13	0,49	15,63	0,18
90	0,05	0,08	0,24	0,71	0,09	0,23	0,22	0,03	0,00	0,04	0,19	0,45	5,86	0,14
120	0,06	0,04	0,29	0,80	0,13	0,14	0,27	0,01	0,01	0,03	0,10	0,35	4,84	0,24
150	0,06	0,13	0,35	0,60	0,09	0,01	0,30	0,02	0,02	0,04	0,10	0,26	5,43	0,20
180	0,22	0,22	0,39	0,42	0,07	0,36	0,35	0,01	0,03	0,00	0,01	0,19	5,56	0,32
210	0,29	0,27	0,46	0,40	0,10	0,35	0,41	0,00	0,03	0,02	0,03	0,18	7,91	0,42
240	0,13		0,51	0,45	0,10	0,32	0,45	0,02	0,00	0,04	0,03	0,04	8,61	0,33
270	0,24		0,57	0,46	0,11	0,58	0,50	0,00	0,09	0,02	0,18	0,08	7,51	0,41
300	0,31		0,60	0,62	0,12	0,09	0,56	0,00	0,04	0,06	0,10	0,07	6,04	0,40

Tabla 5. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes (en los cálculos se han considerado más dígitos de los mostrados en las tablas).

El gráfico 6 muestra los errores normalizados obtenidos por cada laboratorio participante correspondientes a los datos presentados en la Tabla 5.

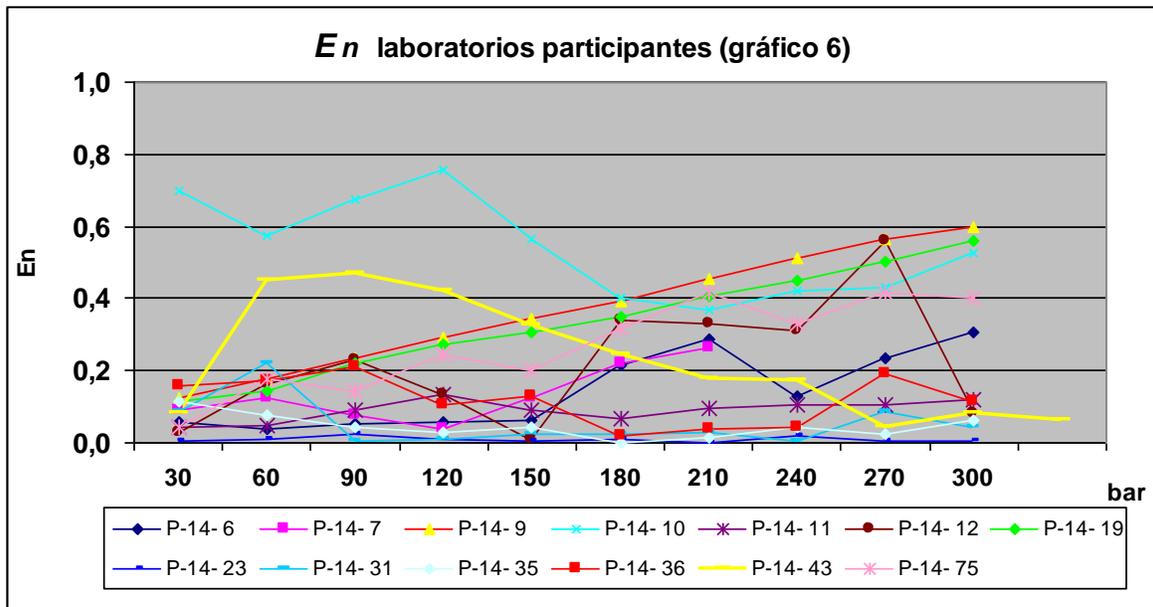


Gráfico 6. Curvas del error normalizado de los laboratorios participantes, se excluye P-14-47 por valores extremos.

DERIVA DEL PATRON VIAJERO.

El comportamiento del patrón viajero durante el período de comparación se comprueba calculando su deriva:

$$U_{\text{deriva}} = S / N^{1/2}$$

S = Desviación estándar de los errores promedio obtenidos en las calibraciones realizadas por LCPN-P, ENAER Chile.

N = Número de mediciones realizadas por LCPN-P.

CONCLUSIONES

De los resultados que obtuvo el laboratorio piloto en las diferentes calibraciones, se puede observar:

Las calibraciones realizadas durante el periodo de la comparación muestran una buena estabilidad del instrumento a corto plazo. Esto se puede ver claramente en la gráfico 1, serie 1 hasta serie 8, donde las calibraciones mencionadas se realizaron en diferentes fechas con pequeñas variaciones de presión atmosférica y de temperatura.

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

El laboratorio designado de la magnitud Presión (ENAER) realizó un estudio de la deriva del patrón de comparación al calibrarlo en 8 oportunidades en tres fechas distintas. El gráfico 1, muestra la deriva del patrón, la cual se presenta como una disminución de la lectura del patrón de comparación con respecto al tiempo, en términos generales casi en todo el alcance de la medición. La deriva se calculó para 8 mediciones en **0,0034 bar**, lo que representa un error máximo del **0,0011%** de la escala máxima del instrumento. Esta cifra es 44 veces menor que la exactitud declarada para el instrumento, siendo por lo tanto adecuado para los fines de esta comparación.

La guía DKD-R 6-1 empleada es un documento práctico que permite enfrentar los problemas metrológicos que aparecen en la calibración de manómetros y facilitó la comparación.

MCM. La mejor capacidad de medición de los participantes está reflejada en la tabla N° 5 son concordantes en la mayoría de los casos entre la MCM y los resultados enviados.

Los participantes P14-07, P14-10 P14-36 y P14-75, informaron una incertidumbre menor que la declarada en los puntos destacados en la tabla N°5

Se sugiere a los participantes P14-09 P14-11 P14-19 P14-23 P14-75 revisar su MCM declarada, que es sobrevalorada para el patron que utilizó en el ensayo y difiere de los cálculos enviados. Claramente podrian mejorar su MCM

Error. Los informes de Error son satisfactorios en 10 participantes.

El participante P14-09 se recomienda revisar su procedimiento debido al excesivo incremento negativo del error de la medición.

Los participantes P14-19 y P14-75 se recomienda revisar su procedimiento debido al excesivo incremento positivo del error de la medición.

El participante P14-47 debe revisar su procedimiento de calibración.

Error Normalizado. Los resultados que obtuvieron los participantes en esta comparación si bien mostraron concordancia entre 13 laboratorios de acuerdo al criterio de la ecuación del error normalizado, pero cabe señalar que en 2 laboratorios (P14-19 y P14-75) aunque la tendencia de error es totalmente opuesta al resultado esperado está cubierto por la incertidumbre declarada.

El Laboratorio P14-47 obtuvo $|E_n| > 1.0$ Resultado NO satisfactorio .

En general los resultados obtenidos por los Laboratorios integrantes de la RNM de Chile, permiten confiar en las mediciones de presión que realizan las instituciones a nivel Nacional, sin embargo el resultado del error normalizado se ve afectado por las incertidumbres declaradas muy grandes en algunos participantes para el tipo y rango de calibración realizado en ésta comparación, sin duda ésta consideración presenta la oportunidad para desarrollar mejora continua a nuestra RED.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación de los 14 laboratorios Participantes de la Ronda P14 y la activa Participación 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. Calibración de medidores de presión. PTB- Braunschweig 2003.
- (4) Lineamientos generales y procedimiento del ensayo de Aptitud LCPN-P ENAER 2014.
- (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.