

RESULTADOS DE COMPARACIÓN CCM.P-K14 EN EL INTERVALO DE $1 \cdot 10^{-4}$ Pa A 1.0 Pa

Verdejo Guerrero Y. C., Torres Guzmán J. C.

Centro Nacional de Metrología, CENAM

km 4.5 carretera a Los Cués, El Marqués, Querétaro, México

(52) 442 2 11 05 00, fax + (52) 442 211 05 78, yverdejo@cenam.mx; jtorres@cenam.mx

Resumen. Se presentan resultados obtenidos de la participación del CENAM en la comparación del CIPM entre 7 laboratorios nacionales: *METAS – Suiza (laboratorio Piloto)*, *NMIJ-AIST - Japón*, *INRIM - Italia*, *NIST – USA*, *PTB – Alemania*, *KRISS – Corea*, *CENAM - MÉXICO*. Cada laboratorio participante realizó mediciones con el patrón de transferencia utilizando sus propios patrones primarios para conocer el valor del coeficiente de acomodación (σ) del sensor de rotor giratorio (SRG) utilizando como fluido nitrógeno de ultra alta pureza en el intervalo de 0.1 mPa a 0.9 Pa.

1. INTRODUCCIÓN

En reunión del grupo de trabajo de presión y vacío del Consejo Consultivo de Masa y magnitudes relacionadas (CCM WGP&V) se decidió realizar una comparación clave en el intervalo de 0.1 mPa a 1 Pa con el fin de determinar y evaluar el grado de equivalencia en base a una media ponderada de los resultados obtenidos del valor del coeficiente de acomodación (σ) entre laboratorios nacionales primarios [1].

2. PATRONES DE TRANSFERENCIA

Se utilizó como patrón de transferencia un sensor de rotor giratorio (SRG) unido a una válvula y con un control electrónico, ver tabla 1.

Tabla 1. Características del patrón de transferencia.

Patrón de Transferencia	SRG1
Número Metas.	006771
SRG N. P.	MKS SRG-BF
SRG N. S.	G191993
Válvula N. P.	Varian 9515027
Válvula N. S.	LV0908L250
Volumen de válvula abierta.	120 cm ³ ($u=1$ cm ³)
Diámetro del rotor (nominal).	4.5 mm
Densidad del rotor (nominal).	7700 kg/m ³
Frecuencia de rotación.	405 – 415 Hz

2.1. Patrones de los laboratorios participantes

En la tabla 2 se presentan los laboratorios participantes y los patrones utilizados por cada laboratorio. Dónde: SEE (Sistema de Expansión Estática), SED (Sistema de Expansión Dinámica), SEE y C (Sistema de Expansión Estática y Continua).

Tabla 2. Lista de laboratorios participantes y características de sus patrones de referencia.

Laboratorio	Patrón	Definición	Trazabilidad	CMC
NMIJ	SEE	Primario	Independiente	Si
KRISS	SED	Primario	Independiente	Si
CENAM	SEE	Primario	Independiente	Si
NIST	SED	Primario	Independiente	Si
INRIM	SEEyC	Primario	Independiente	Si
PTB	SEE	Primario	Independiente	Si
METAS	SEE	Primario	Independiente	Si

En CENAM el patrón nacional de vacío (SEE-1) consta de 4 volúmenes conocidos. Dos volúmenes de 0.5 L y 1.0 L y dos cámaras de expansión de 50 L y 100 L nominales; se aplica la ley de Boyle-Mariotte, captando una presión conocida en uno de los volúmenes pequeños se expande a una de las cámaras de expansión previamente evacuada (bajo condiciones isotérmicas). Esto genera una reducción en la presión dependiente de la relación de volumen inicial y final. Las presiones se generan de acuerdo a las expansiones que se realicen, como se muestra en la tabla 3 [2].

Tabla 3. Relación de expansión con el intervalo a medir.

Intervalo	Expansión
10^{-5} Pa a 10^{-3} Pa	$f_A, f_{A'}, f_B, f_C$
10^{-3} Pa a 10^{-1} Pa	f_A, f_B, f_C
10^{-1} Pa a 10^1 Pa	f_B, f_C
10^1 Pa a 10^3 Pa	f_C

2.2. Método usado para las mediciones

2.2.1. Corrección del arrastre residual

Consiste en medir el arrastre residual antes de cada punto de medición. Esta técnica es bien adaptada a las mediciones en un SEE [3].

2.2.2. Puntos de medición

Las mediciones realizadas por cada laboratorio fueron en 9 puntos objetivo utilizando nitrógeno, la temperatura acordada en el protocolo es de 20 °C y 24 °C, así mismo la desviación en la presión generada tiene que ser menor que el 10% de la presión nominal del punto más bajo y menor al 5% del valor nominal del punto más alto a medir. Los puntos a medir son los siguientes: (1.0 · 10⁻⁴, 3.0 · 10⁻⁴, 9.0 · 10⁻⁴, 3.0 · 10⁻³, 9.0 · 10⁻³, 3.0 · 10⁻², 9.0 · 10⁻², 0.3, 1.0) Pa.

2.2.3. Obtención de resultados

Los resultados obtenidos por cada laboratorio participante fueron enviados en modo electrónico al laboratorio piloto (Metas - Suiza). Los valores fueron los siguientes: presión generada por el patrón de referencia, desaceleración del SRG mientras es expuesto a la presión y en condiciones de presión residual con su incertidumbre, frecuencia de rotación del rotor, temperatura con su incertidumbre. El valor del coeficiente de acomodación (σ) es determinado mediante la relación entre la desaceleración y la presión.

$$\sigma = (DCR_{ijk} - RD_{ijk}(\omega)) \frac{\mu a \rho}{10P_{ijk}} \sqrt{\frac{2RT_{ijk}}{\mu m}}$$

3. RESULTADOS

Resultados obtenidos por los laboratorios participantes se muestran resumidos en las figuras 1 y 2.

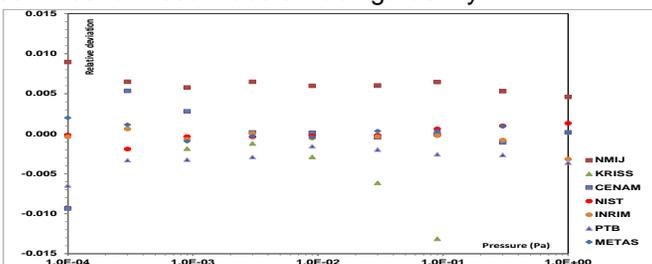


Fig. 1. Desviación relativa respecto a la presión de referencia de todos los participantes.

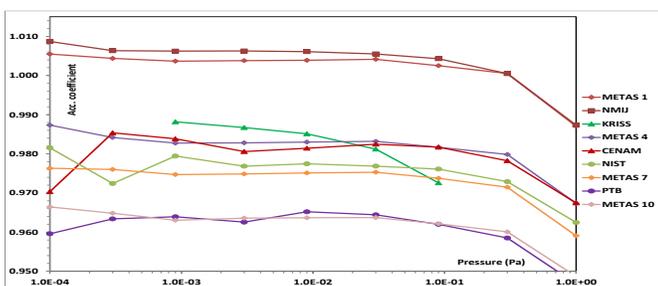


Fig. 2. Resultados de (σ) del SRG1 presentado por los diferentes participantes.

4. DISCUSIÓN

El grado de equivalencia es la relación entre la desviación y la incertidumbre de la desviación. El valor de equivalencia debe estar entre -1 y 1. El grado de equivalencia está dado por:

$$E_j(l) = \frac{d_j(l)}{U(d_j(l))}$$

Tabla 4. Grado de equivalencia de los participantes.

P_j (Pa)	NMIJ	KRIS	CENAM	NIST	INRIM	PTB	METAS
1.0E ⁻⁰⁴	0.22	-	-0.13	-0.04	-0.03	-0.26	0.18
3.0E ⁻⁰⁴	0.37	-	0.20	-0.33	0.01	-0.29	0.25
9.0E ⁻⁰⁴	0.54	-0.07	0.25	0.00	-0.02	-0.29	-0.37
3.0E ⁻⁰³	0.57	-0.08	-0.02	-0.18	-0.02	-0.33	0.13
9.0E ⁻⁰³	0.55	-0.15	-0.01	-0.12	-0.07	-0.18	0.04
3.0E ⁻⁰²	0.57	-0.30	-0.12	-0.09	-0.05	-0.22	0.16
9.0E ⁻⁰²	0.61	-0.55	-0.01	0.16	-0.03	-0.42	0.05
3.0E ⁻⁰¹	0.49	-	-0.22	0.24	-0.12	-0.48	0.22
1.0E ⁰⁰	0.44	-	0.04	0.42	-0.42	-0.61	0.03

Todos los laboratorios participantes concuerdan con el criterio de equivalencia adoptado.

Otro punto en discusión es la deriva, el criterio aplicado fue Media Ponderada.

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos dentro de esta comparación se concluye en que el procedimiento operado dentro de la ejecución de esta comparación fue favorable.

AGRADECIMIENTOS

Agradeciendo la participación y apoyo brindado por parte del Dr. Jorge C. Torres Guzmán.

REFERENCIAS

[1] Christian Wuethrich, Hitoshi Akimichi, Mercedes Bergoglio, James A. Fedchak, Karl Jousten, Seung Soo Hong, Jorge Torres-Guzman; "Final report on the key comparison CCM.PK14, in the pressure range from 1·10⁻⁴ Pa to 1.0 Pa", March 2016.

[2] Torres-Guzmán J. C., Santander L. A., Jousten K. (CENAM, PTB); "Realization of the medium and high vacuum primary standard in CENAM, México", Metrología, 2005, 42, n° 6, S157-S160.

[3] Karl Jousten "Handbook of Vacuum Technology", 2008.