

# FORTALECIMIENTO DE LOS NIVELES DE EXACTITUD EN LAS MEDICIONES DE BAJA PRESIÓN

Juan Forastieri  
INTI Física y Metrología  
[jaforast@inti.gob.ar](mailto:jaforast@inti.gob.ar)

## OBJETIVO

Establecer el grado de concordancia entre las mediciones en baja presión realizadas por los Institutos Nacionales de Metrología de Argentina (INTI) y de México (CENAM) a partir de un trabajo de intercomparación en el rango de 50 a 500 Pa empleando como elemento de transferencia un manómetro de tubo en U patrón calibrado por ambos laboratorios. Esta medición se lleva a cabo con el fin de sostener las mejores capacidades de medición declaradas por el INTI y el CENAM en la base de datos del BIPM que permitan asegurar la transferencia de tecnología en los procesos de calibración de instrumentos de medición de alta exactitud empleados en las mediciones industriales, de salud, ambientales, seguridad y transacciones comerciales.

## DESCRIPCIÓN

En diversas actividades donde se requiere mediciones en baja presión (ejemplo: procesos en salas limpias, mediciones ambientales, presiones diferenciales en gasoductos, aeronavegación, plantas nucleares, etc), es necesario afianzar la calidad del proceso a través de garantizar la exactitud en las mediciones.

Si bien la mayoría de los procesos de calibración de instrumentos de medición se encuentran sostenidos por procedimientos normalizados o métodos validados, es necesario determinar las posibles fuentes de errores sistemáticos que puede tener cada sistema para corregirlos o considerarlos como parte de la calidad del resultado de la medición que se realiza.

Para el trabajo se ha utilizado como elemento de transferencia un manómetro de tubo en U patrón de transferencia (PT) calibrado por ambos laboratorios. (Figura 1). Este instrumento posee un tornillo micrométrico que mide el desplazamiento de la columna de líquido en la rama de presión menor.

Es decir que la diferencial de presión medida será la indicada en la ecuación (1):

$$\Delta P = 2.g.h.\rho \quad (1)$$

Donde:

$\Delta P$ : es la diferencia de presión entre las dos columnas del manómetro  
g: la aceleración de la gravedad local  
 $\rho$ : densidad del fluido manométrico  
h: altura de desplazamiento de la columna de líquido medida con el micrómetro



Figura 1: Manómetro en U con columna de líquido (PT)

Los métodos empleados por los dos laboratorios difieren en la forma de conexión al patrón de transferencia (PT)

El sistema del INTI es una campana con sello hidráulico (Figura 2) que conectado a la cara positiva del PT genera la sobrepresión respecto a la presión atmosférica, mientras que al cara negativa del PT se encuentra liberada a la presión atmosférica.



Figura 2: Campana con sello hidráulico (patrón del INTI)

El sistema de referencia patrón empleado por el CENAM fue un sistema de balanzas de peso muerto que fueron conectadas a ambas ramas del PT generando de esta forma dos presiones. La diferencia de estas dos presiones es la presión diferencial a medir. (figura 3)



Figura 3: Sistema de balanzas de peso muerto (patrón del CENAM)

El procedimiento utilizado para la comparación consistió en la calibración del PT mediante la medición de 11 puntos de presión diferenciales distribuidas en el rango del instrumento (50, 75, 125, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500) Pa. Se tomaron seis series de mediciones, tanto ascendente como descendente. El procedimiento técnico fue el de la comparación suplementaria SIM.MP-S6 de baja presión de 50 a 500 Pa" enviada para su registro y aprobación al SIM MWG7 (grupo de trabajo 7 del SIM, masa y cantidades relacionadas). El CENAM calibró el PT al inicio y al final de la comparación de acuerdo a las referencias internacionales. [1,2,3]

## RESULTADOS

A partir de los valores de presión diferencial obtenidos por cada laboratorio en las series de

puntos determinadas se calculó el promedio de ellas y se estimó la incertidumbre de medición en cada estado de presión ensayado teniendo en cuenta las componentes asociadas a la repetibilidad del método y aquellas componentes no estadísticas vinculadas a cada sistema de medición empleado.

Los valores de error de indicación del PT en cada laboratorio son los mostrados en los gráficos 1 y 2

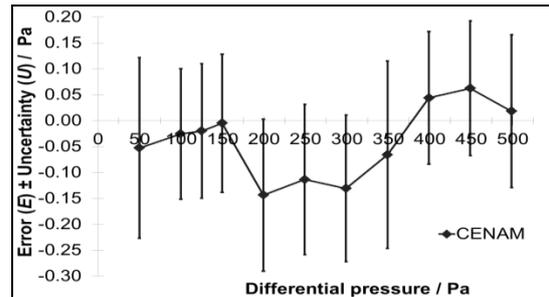


Gráfico 1 : Valores de presión e incertidumbre obtenidas por el CENAM

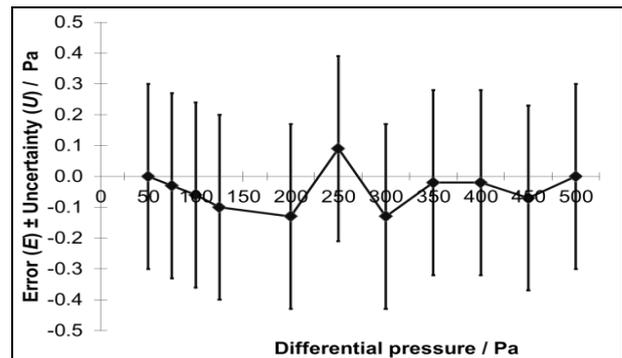


Gráfico 1 : Valores de presión e incertidumbre obtenidas por el INTI

A partir de estos valores se comparan ambas curvas graficándose los errores obtenidos por cada laboratorio y las incertidumbres en cada punto de presión ensayado. Gráfico 3

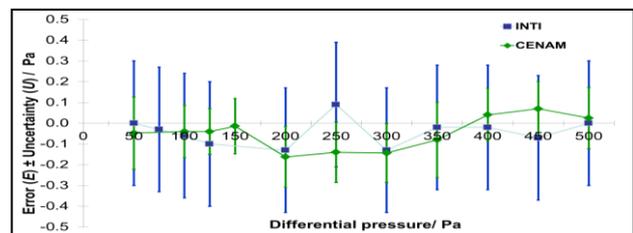


Gráfico 3 : Comparación de errores de presión e incertidumbre obtenidas por el INTI y el CENAM sobre el TS,

Las fuentes de incertidumbre que se evaluaron incluyen al menos lo siguiente: a) Incertidumbre debida al estándar utilizado por el laboratorio;

- b) La incertidumbre debida a la repetibilidad; c) La incertidumbre debido a la resolución; d) Incertidumbre debido a la histéresis, e) La incertidumbre debido a deriva del cero.

Los criterios utilizados para comparar los resultados obtenidos por los dos laboratorios fueron la ecuación de error normalizada ( $E_n$ ), que se calcula a partir de la ecuación (2).

$$E_n = \frac{x_{INTI} - x_{CENAM}}{\sqrt{U_{INTI}^2 + U_{CENAM}^2}} \quad (2)$$

Donde:

$x_{CENAM}$ : Es el error calculado por el CENAM

$x_{INTI}$ : Es el error calculado por el INTI

$U_{CENAM}$ : Es la incertidumbre expandida ( $k=2$ ) estimada por el CENAM

$U_{INTI}$ : Es la incertidumbre expandida ( $k=2$ ) estimada por el CENAM

La tabla 1 muestra los resultados del error normalizado obtenido entre Iso dos laboratorios

Presión Diferencial / Pa	Error Normalizado
50	0.14
100	0.03
125	0.06
150	0.26
200	0.10
250	0.69
300	0.04
350	0.17
400	0.18
450	0.43
500	0.07

**Tabla 1 : Valores de errores normalizados entre el CENAM y el INTI**



La calibración en presión diferencial del PT obtenida por CENAM (México) y el INTI (Argentina) en el intervalo de 50 Pa a 500 Pa muestra claramente que hay compatibilidad entre los dos laboratorios. Los resultados de la comparación fueron  $|E_n| < 1$  en todos los puntos de presión de la comparación, acordando con los criterios de compatibilidad.

## **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos de la comparación muestran que los dos métodos utilizados validan el proceso de calibración dentro de los valores de incertidumbre indicados. Por tal motivo las capacidades declaradas por ambos países en al base de dato del BIPM son consistentes y respaldan la calidad de las

mediciones informadas en los certificados de calibración emitidos por estos laboratorios.

Por lo expuesto, esta actividad y los resultados obtenidos permiten:

Fortalecer en la región las capacidades de comparación para los rangos bajos de presión.

Poder contar con resultados que afiancen los procesos de medición en las áreas alcanzadas por estos rangos de presión.

Establecer probables componentes de errores sistemáticos evaluando resultados a partir de emplear patrones de características diferentes.

Sostener o ampliar las capacidades de medición de los NIMs participantes declaradas en el BIPM.

Se agradece la activa participación del Dr. Jorge Torres Jefe del Laboratorio de Presión del CENAM quién realizó la evaluación de los resultados obtenidos en las mediciones. Cabe destacar que el CENAM auspició como laboratorio piloto.

Se destaca la colaboración de los técnicos de los laboratorios de Presión del CENAM y del INTI por su aporte a las tareas de preparación de las instalaciones y asistencia durante la etapa de medición.

## **REFERENCIAS**

[1] Calcatelli A., Arrhen F., Bergoglio M., Greenwood J., Kangi R., Jousten K., Legras J.-C., Rantanen M., Verbeek J., Matilla C., Szaulich D., Results of the regional key comparison EUROMET.M.P-K1.a in the pressure range from 0.1 Pa to 1000 Pa. Metrologia, 2005, 42, Tech. Suppl., 07004.

[2] J. C. Torres-Guzmán, S. Ruiz, P. Olvera, Ma. Nieves Medina, Differential pressure comparison from 20 Pa to 3 500 Pa between CEM-Spain and CENAM-Mexico. Memories of XIX IMEKO World Congress Fundamental an Applied Metrology. Lisbon, Portugal.

[3] Zúñiga S., Olvera P. Torres-Guzmán J. C., "Caracterización de un manómetro diferencial digital usado como patrón de transferencia a 3.5 kPa" [Characterization of a digital differential manometer used as transfer standard at 3.5 kPa]. Simposio de Metrologia 2008. Queretaro, Mexico, October 2008.