

# Caracterización de un Manómetro Diferencial Digital Usado como Patrón de Transferencia a 3,5 kPa

Sinuhé Zuñiga, Pablo Olvera, Jorge Torres

Centro Nacional de Metrología  
km 4,5 Carretera a los Cués, 76246, Querétaro, México.  
szuniga@cenam.mx

## RESUMEN

Los manómetros diferenciales generalmente son utilizados para medir cambios de presión muy pequeños, por lo que su calibración requiere de patrones de muy alta exactitud. Generalmente, sus alcances de medición son relativamente pequeños, desde unos cuantos pascales hasta miles de pascales. La caracterización del manómetro diferencial es a partir de una calibración que se realiza mediante el uso de dos balanzas de presión, con incertidumbres relativas de  $10 \times 10^{-6}$ . El método consiste en generar la presión diferencial a partir de una presión estática de referencia aplicada en ambas balanzas de presión, cuando la presión en las dos balanzas es la misma la presión en el manómetro diferencial es cero. En este artículo se presenta la caracterización.

## 1. INTRODUCCIÓN

La demanda de servicios de calibración de presión diferencial en los últimos años se ha incrementado, creando la necesidad de contar con patrones de alta exactitud para resolver las necesidades de calibración de los patrones utilizados tanto por los laboratorios secundarios y la industria.

Como su nombre lo indica, la presión diferencial es la diferencia entre dos presiones, siendo una de ellas la referencia y la otra se incrementa o disminuye para generar presión diferencial positiva o negativa, respectivamente. Algunos manómetros diferenciales se calibran considerando la presión atmosférica como la presión de referencia [1]. La Fig. 1 ilustra los diferentes tipos de presión.

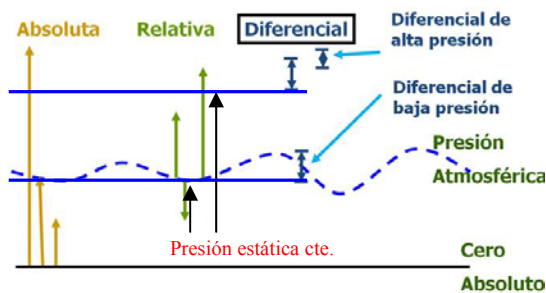


Fig. 1. Clases de presión.

El método primario, utilizado en este trabajo, es a partir de la diferencia de presión producida entre dos balanzas de presión en flotación cruzada. Se genera una presión estática similar en ambas

balanzas mediante el equilibrio de fuerzas que se logra por medio de pequeñas masas [2].

Las balanzas de presión utilizadas son de características similares además de ser las de mejor calidad metrológica accesibles en el mercado. Cuentan con ensambles pistón cilindro fabricados con materiales de características idóneas para balanzas de presión, tales como: combinación de pistón de carburo de tungsteno, cilindro de cerámica o ambos de carburo de tungsteno; este material tiene coeficiente de dilatación térmica del orden de  $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , y coeficiente de deformación elástico del orden de  $1 \times 10^{-12}/\text{Pa}$  [2].

El objetivo de este trabajo es caracterizar un manómetro diferencial para ser usado como patrón de transferencia en comparaciones de presión diferencial. Para esto se determina la relación entre la lectura del manómetro diferencial a diferentes presiones estáticas, la estabilidad de la lectura del cero en función del tiempo y las diferencias entre el método tradicional de calibración al hacer mediciones en sentido ascendente y descendente y mediciones realizadas en sentido ascendente solamente.

## 2. INSTRUMENTOS

### 2.1. Características del Patrón

El sistema patrón para producir la presión diferencial consta de dos balanzas de presión marca DH Instruments, modelo 7607 con alcance de medición de 350 kPa. La incertidumbre expandida, ( $k=2$ ) relativa en el área efectiva de los ensambles pistón – cilindro es del orden de  $\pm 10 \times$

$10^{-6}$ , obtenida mediante calibración dimensional de los ensambles, cuyo diámetro nominal es de 50 mm. Cada una de las balanzas cuenta con sensores de posición y una terminal electrónica para monitorear la posición del pistón, esta característica se utiliza para establecer la velocidad de caída del pistón a cualquier presión y nos permite determinar el equilibrio de presión entre las dos balanzas. Las balanzas cuentan con un juego de masas de 35 kg y un juego de masas fraccionales adicionales de 50 g. Para estas balanzas de presión, la relación presión/masa tiene un valor de 5 kPa/kg, por lo que la masa más pequeña, de 10 mg, genera una presión aproximada de 0,05 Pa.

**2.2. Características del Manómetro Diferencial**

El manómetro diferencial caracterizado es de la marca Paroscientific, con clase de exactitud: 0,01 % del Intervalo de medición, modelo: 760-3G, número de serie: 92682, con alcance de medición desde 0 kPa hasta 20,68 kPa y con resolución de 0,03 Pa.

**3. SISTEMA DE MEDICIÓN**

El sistema de medición consta de dos balanzas de presión interconectadas por medio del manómetro diferencial (a ser caracterizado); el puerto de referencia se conecta a la balanza de presión de referencia y el puerto de presión se conecta a la balanza de presión de medición. Entre los dos puertos del manómetro diferencial, en paralelo, se instala una válvula que cuando está abierta permite hacer el equilibrio entre las balanzas y cerrada se utiliza para la calibración del manómetro diferencial [3]. La Fig. 2 ilustra el sistema de medición.

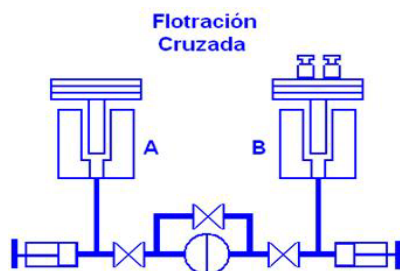


Fig. 2. Sistema de medición.

Cada una de las balanzas tiene suministro de presión independiente por medio de una válvula de volumen variable para poder mantenerlas en su nivel de flotación.

**4. METODOLOGÍA**

**4.1. Estabilización del Cero en el Tiempo**

Se ejercita el manómetro diferencial hasta una presión de 3,5 kPa a intervalos regulares de tiempo, después de la tercera precarga se monitorea el tiempo de estabilización del cero.

**4.2. Calibración a Diferentes Presiones Estáticas, por el Método de Ciclos**

Se calibró el manómetro a tres diferentes presiones estáticas, 20 kPa, 50 kPa y hasta 100 kPa. Antes de iniciar la medición de los puntos seleccionados, se aplican tres precargas al manómetro a una presión diferencial de 3,5 kPa, permitiendo lapsos de reposo, entre el sistema presurizado y el sistema libre de presión diferencial de 5 min, así mismo, entre cada punto de medición se deja estabilizar la lectura durante 5 min. El método de toma de lecturas fue el mismo para las diferentes presiones estáticas. Entre cada calibración, a diferente presión estática, se permitió que el manómetro diferencial se relajara a presión atmosférica por lo menos durante 16 h. Cada calibración consta de dos ciclos y cada ciclo de dos series que se miden en sentido ascendente y descendente, en cada serie se miden diez puntos distribuidos de manera homogénea. El procedimiento de calibración se ilustra en la Fig. 3.

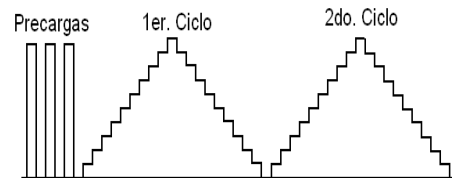


Fig. 3 Procedimiento de calibración.

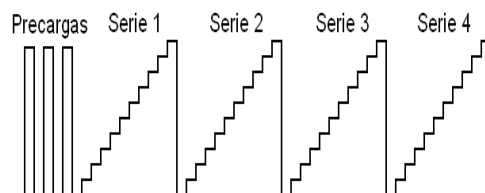


Fig. 4. Series ascendentes.

**4.3. Calibración del Manómetro Diferencial por el Método de Series Ascendentes**

Se calibra el manómetro a una presión estática de 20 kPa, se hacen las precargas de manera similar al punto anterior, excepto que después de terminar cada serie se permite un tiempo de

estabilización de 15 min antes de iniciar las mediciones en la siguiente. El método se ilustra en la Fig. 4.

**5. RESULTADOS**

**5.1. Estabilización de la Lectura del Cero en el Tiempo**

La Fig. 5 muestra el comportamiento de la lectura del cero del manómetro diferencial en función de la presión estática de referencia, después de aplicar las precargas.

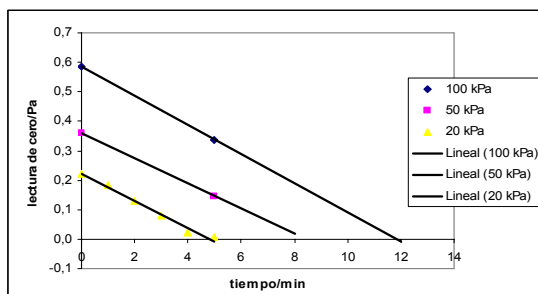


Fig. 5. Estabilización del cero después de las precargas.

**5.2. Calibración del Manómetro por el Método de Ciclos**

Los resultados obtenidos al calibrar el manómetro a diferentes presiones estáticas, por el método de ciclos (lecturas en forma ascendente y descendente), se muestran en la Fig. 6.

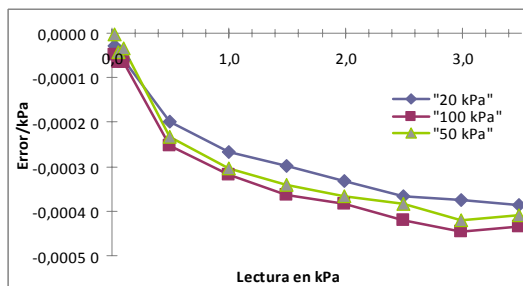


Fig. 6. Calibración a diferentes presiones estáticas, (método de ciclos).

La Fig. 7 muestra las diferencias entre las calibraciones realizadas al manómetro, a diferentes presiones de referencia aplicando el método tradicional de ciclos, tomando como referencia la calibración a 20 kPa.

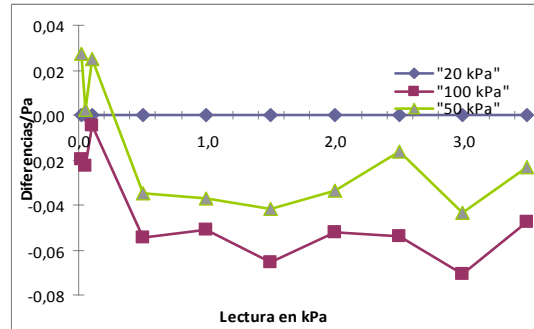


Fig. 7. Diferencias entre las calibraciones a diferentes presiones (método de ciclos).

**5.3. Calibración del Manómetro Diferencial por el Método de Series**

Los resultados de las calibraciones del manómetro diferencial por el método de series ascendentes, a tres diferentes presiones estáticas, se muestran en la Fig. 8.

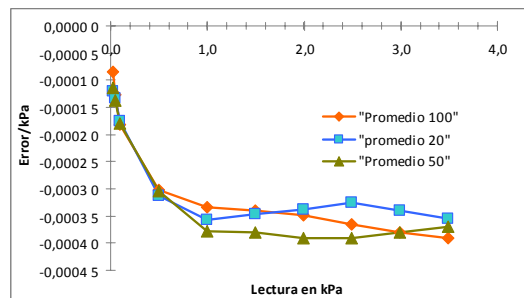


Fig. 8. Error por método de series.

En la Fig. 9 se presentan las diferencias en el error del manómetro, aplicando el método de series ascendentes, a diferentes presiones de referencia.

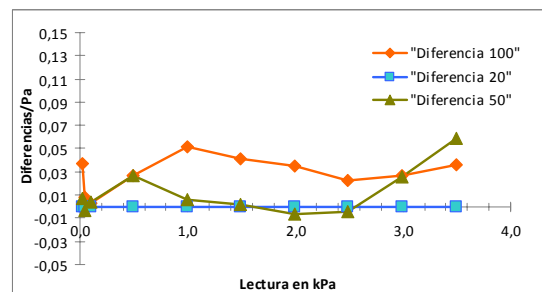


Fig. 9. Diferencias entre las calibraciones a diferentes presiones (método de series).

## 6. CONCLUSIONES

En la Fig. 5 se observa que el tiempo de estabilización del cero, después de aplicar las precargas, está relacionado con la presión estática aplicada presentando una relación casi lineal. De acuerdo a lo anterior, podemos concluir que a mayor presión se requiere mayor tiempo de estabilización lo cual es un factor importante a considerar en el procedimiento de calibración.

Respecto a los resultados obtenidos en los dos métodos de calibración utilizados encontramos varias diferencias, entre las cuales podemos considerar lo siguiente:

- a) El error obtenido en los puntos de medición, es diferente para cada método, ocasionando que la curva de calibración presente diferente forma. Esto se debe a que la aplicación y relajación de esfuerzos es diferente en cada método.
- b) En el método de ciclos se observa que el error se incrementa con la presión estática, por lo que podemos decir que a una presión estática mayor, se incrementa ligeramente el error debido a que el tiempo de relajación se incrementa.
- c) En el método de series no se puede concluir que el incremento de presión estática afecte el error obtenido.
- d) El error máximo obtenido en los dos métodos es similar, por lo que concluimos que el método aplicado no afecta este parámetro.

El estudio de la respuesta del manómetro calibrado por medio de diferentes métodos es adecuado para ser utilizado en ensayos de aptitud o comparaciones inter-laboratorio.

## REFERENCIAS

- [1] Torres Guzmán J. C., Olvera Arana P., *Manómetros Secundarios*. CNM-MMF-PT-005. 1<sup>era</sup> edición, 2005.
- [2] Torres Guzmán J. C., Santander L. A., Olvera Arana P., *Balanzas de presión*. CNM-MMF-PT-003, 3<sup>era</sup> Edición, 2005.
- [3] Kojima M., Saitou K., Kobata T. *Study on calibration procedure for differential pressure transducers*. IMEKO 20<sup>th</sup> TC3, 3<sup>rd</sup> TC16 and 1<sup>st</sup> TC22 International Conference, Noviembre 2007, Mérida, México.