

Procedimiento para la verificación de la calidad de calibraciones de presión realizadas externamente mediante el enlace entre patrones de escalas solapantes

Arnstein Ovredal

Prima Process Metrology, S.L.U.

Oficina 202, Edificio MADRID92, c/ Chile, 10, 28290 LAS MATAS, Madrid

Tel: 916 307 575, correo electrónico: arnstein@primametrology.com

1. INTRODUCCIÓN

En base a nuestra experiencia, es importante poder verificar y contrastar la calidad de las calibraciones externas para ganar confianza en nuestras mediciones y mejorar la incertidumbre y capacidad óptima de medición. Las calibraciones externas no siempre son fiables y muchas veces la calidad de los datos depende de la persona que ha realizado la calibración y/o errores en los datos debido a parámetros y correcciones no aplicadas correctamente. Después de haber analizado los datos de calibración de balanzas de presión de alto nivel (incertidumbre inferior a 0,01 % de la presión) durante muchos años, hemos podido observar diferencias entre laboratorios que incluso ha llegado a ser el doble de la incertidumbre cotizada para la calibración. Se debe tener como hábito, comprobar si los resultados de una nueva calibración, es conforme a los datos de otros patrones que disponen para que no haya una diferencia significativa, no atribuible a las características metrologías del objeto calibrado, ni a la posible deriva de éste. También se debe verificar que las correcciones son las mismas que en calibraciones anteriores y en el caso de que son diferentes, investigar los motivos por los que hayan cambiado. Lo ideal para verificar si una calibración nueva, quizás realizada en un laboratorio diferente al anterior, haya sido realizada correctamente, sería disponer de varios patrones del mismo rango (rangos duplicados o triplicados) y la capacidad de comparar internamente esos patrones con una incertidumbre asociada adecuada. Esto, en muchas ocasiones, no nos lo podemos permitir debido al elevado coste de los patrones y de las recalibraciones aparte de que la comparación precisa entre una balanza y otra no es una tarea fácil. No obstante, es importante realizar esta verificación y si hay un método más fácil y fiable para hacerlo, aumenta la confianza en nuestras mediciones. Para simplificar esta tarea, y cuando la capacidad óptima de medición depende principalmente de la incertidumbre de las calibraciones externas, hemos desarrollado una técnica para enlazar los rangos que permite detectar y eliminar escalones de incertidumbre o correcciones significativas entre un rango inferior y uno inmediatamente superior si hay una parte solapante entre los dos rangos. El método consiste en usar módulos electrónicos digitales de alta resolución de 0,0001 %FS (1 PPM) y de buena repetibilidad a corto plazo para comparar en uno o dos puntos donde hay una solapa de la escala entre los dispositivos. Se puede realizar, por ejemplo, con dos conjuntos pistón-cilindro o dos manómetros de alta precisión cuya "clase de incertidumbre" sea de 0,01 % o mejor. El enlace se debe hacer en dos puntos (o más), para permitir analizar y comparar también la pendiente de las correcciones del dispositivo de rango inferior y el de rango superior. El método es una verificación de si los datos de calibración publicados en dos certificados de calibraciones externas de dos dispositivos independientes coinciden o siguen válidos. De no haber coincidencia dentro del margen esperado, teniendo en cuenta la incertidumbre, la posible deriva a corto y largo plazo, y la incertidumbre del método de la comparación, quizás habría que cuestionar la calidad de algunas de las calibraciones externas. Si, al contrario, hubiese buena coincidencia entre las dos calibraciones y los dos dispositivos, serviría como una aceptación de las calibraciones externas. Podría también usarse como argumento válido para eliminar o suavizar el escalón de incertidumbre entre el uso de un patrón y otro de diferentes rangos.

2. DESARROLLO/DESCRIPCIÓN

Para desarrollar y verificar la validez del método se han empleado dos conjuntos pistón cilindro para presión neumática. El conjunto pistón cilindro nº 1 (PCU1) fabricado de acero inoxidable, de rango 20 ... 350 hPa y de diámetro nominal 32 mm, calibrado [2] en un laboratorio acreditado según la ISO17025. El conjunto pistón cilindro nº 2 (PCU2) fabricado de carburo de tungsteno, de rango 30 ... 2000 hPa y de diámetro nominal 25 mm, también calibrado [3] en un laboratorio acreditado ISO17025. Como módulos (sensores digitales) de comparación de alta resolución fueron empleados 2 de diferentes modelos y rangos. En general es suficiente usar solo un módulo, pero en este caso hemos usado dos para destacar la fiabilidad del método. El módulo nº 1 modelo ADT155 era de Clase 0,02 %FS, con rango de medición de ± 250 hPa y aunque haya sido calibrado, la calibración no es relevante para el procedimiento debido a que su uso es como "detector de nulo". El segundo módulo ADT161 también es de Clase 0,02 %FS, con rango de medición de ± 350 hPa y fue calibrado por el fabricante en diciembre 2021. La resolución del display de ambos módulos era 0,001 hPa y los puntos nominales para las comparaciones de 199 hPa y 249 hPa en modo relativo. En la "Fig. 1" y "Fig. 2" podemos ver imágenes de los dos patrones comparados y en la "Fig. 3" y "Fig. 4" el módulo ADT161 y el terminal visualizador.

El procedimiento para la comparación fue el siguiente repitiendo la misma secuencia para los dos valores nominales de presión (199 y 249 hPa):

- 1) Despreza de los dos módulos usando un controlador automático de presión.
- 2) Medición dimensional de los 4 diferentes niveles hidro-estáticos.
- 3) Dejar cada pistón flotando y aislado individualmente del circuito mediante válvulas.
- 4) Conexión entre el PCU1 y los dos módulos, tomar la lectura de ambos.
- 5) Desconexión del PCU1 y conexión entre el PCU2 y los dos módulos, tomar la lectura de ambos.
- 6) Desconexión del PCU2 y repitiendo 2 veces más el proceso desde el punto 4.



Fig. 1: Conjunto pistón - cilindro CPU1.



Fig. 2: Conjunto pistón - cilindro CPU2.

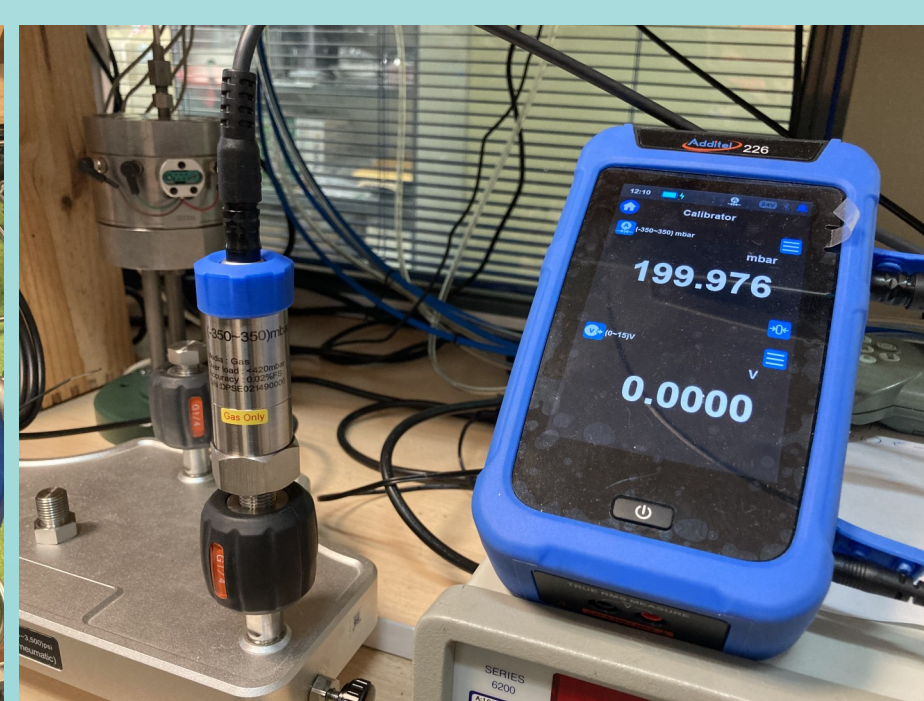


Fig. 3: Módulo de presión ADT161.



Fig. 4: Módulo de presión ADT161 con terminal visualizador digital.

4. CONCLUSIONES

Para el análisis de los datos hay que considerar la inferior repetibilidad de los módulos comparado con la repetibilidad de las dos balanzas. Al tomar las lecturas de las dos balanzas en intervalos de pocos minutos, se reduce esa influencia. Se puede observar también, una pequeña deriva con el tiempo y los ciclos de los módulos de 0,001 - 0,0015 % de la lectura (módulo ADT155) y 0,002 - 0,003 % a la lectura (módulo ADT161) en el primer punto de 249 hPa y menos que 0,001 % de la lectura de ambos módulos en el segundo punto de 199 hPa. La menor deriva hacia el final de las pruebas nos animaría a hacer más repeticiones la próxima vez para aumentar la fiabilidad de los datos. Con las observaciones realizadas, se ven claros indicios de que hay una diferencia entre la presión de una balanza y otra. Usando el módulo ADT155 a la presión nominal de 249 hPa, la diferencia ha sido 0,002 % de la lectura. Al emplear el módulo ADT161 con la misma presión nominal, la diferencia ha sido 0,0035 % de la lectura. Para la presión nominal de 199 hPa hemos notado sendas diferencias, de aproximadamente 0,0030 % de la lectura. Teniendo en cuenta que la incertidumbre de la calibración del área efectiva en ambos casos ha sido superior a esa diferencia, consideramos que el método es muy válido y especialmente para las siguientes tareas:

- 1) Verificación de que los datos de una calibración externa recién realizada, son conformes a los datos de la calibración de otros instrumentos de referencia cuando las escalas son solapantes.
- 2) Verificación de las prestaciones, tolerancia, y los datos de calibración de una balanza usada en la parte baja de su escala. En este caso el PCU2 ha sido probado hasta el 10 % de su escala nominal y el PCU1 al 71 % de su escala.
- 3) Reducir la magnitud de escalones importantes de incertidumbre asociadas al CMC del servicio de calibración debido a grandes diferencias de incertidumbre entre la calibración de un patrón y otro.
- 4) Para las calibraciones hidráulicas, verificar si las correcciones por los parámetros del fluido son conformes a las teóricas. La presión generada por las diferencias entre los niveles de referencia, equivale aproximadamente a 0,095 hPa por cada 1 mm de diferencia (aceite hidráulico mineral o sintético). Usando un módulo con rango de 7000 hPa (resolución de 0,01 hPa) se puede fácilmente comprobar si las correcciones teóricas corresponden a la realidad.

5. REFERENCIAS

- [1] R.S. Dadson, S.L. Lewis, G.N. Peggs, "The Pressure Balance: Theory and Practice" (HMSO, London, 1982).
- [2] Minerva, "Certificate number 4190966", RvA K048, Amersfoort, August 2019.
- [3] Minerva, "Certificate number 4190972", RvA K048, Amersfoort, August 2019.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la "Tabla. 1" y "Fig. 5" podemos ver los resultados comparativos de las correcciones a la presión nominal de 249 hPa del módulo ADT155 usando como patrón el CPU1 y el CPU2. Se puede observar que hay diferencias del orden de 0,001 - 0,002 % del valor de presión (de la lectura).

En la "Tabla. 2" y "Fig. 6" podemos ver los resultados comparativos de las correcciones a la presión nominal de 249 hPa del módulo ADT161 usando como patrón el CPU1 y el CPU2. Se puede observar que hay diferencias del orden de 0,003 - 0,004 % del valor de presión (de la lectura).

En la "Tabla. 3" y "Fig. 7" podemos ver los resultados comparativos de las correcciones a la presión nominal de 199 hPa del módulo ADT155 usando como patrón el CPU1 y el CPU2. Se puede observar que hay diferencias del orden de 0,003 % del valor de presión (de la lectura).

En la "Tabla. 4" y "Fig. 8" podemos ver los resultados comparativos de las correcciones a la presión nominal de 199 hPa del módulo ADT161 usando como patrón el CPU1 y el CPU2. Se puede observar que hay diferencias del orden de 0,003 % del valor de presión (de la lectura).

Tanto en las tablas como en las gráficas se pueden observar que la presión generada por el conjunto pistón cilindro CPU2 es diferente a la presión generada por el conjunto pistón-cilindro CPU1 y que esa diferencia ha sido entre 0,002 y 0,004 % de la presión generada.

Presión nominal [hPa]	Corrección ADT155 (patrón PCU1) [hPa]	Corrección ADT155 (patrón PCU2) [hPa]	Corrección ADT155 (patrón PCU1) [%]	Corrección ADT155 (patrón PCU2) [%]	Diferencia corrección (PCU2-PCU1) [%]
249	0,000	-0,003	0,00020	-0,00112	-0,00133
249	0,004	-0,002	0,00140	-0,00072	-0,00213
249	0,005	-0,001	0,00181	-0,00032	-0,00213

Tabla 1: Diferencia entre las correcciones a 249 hPa usando el módulo ADT155.

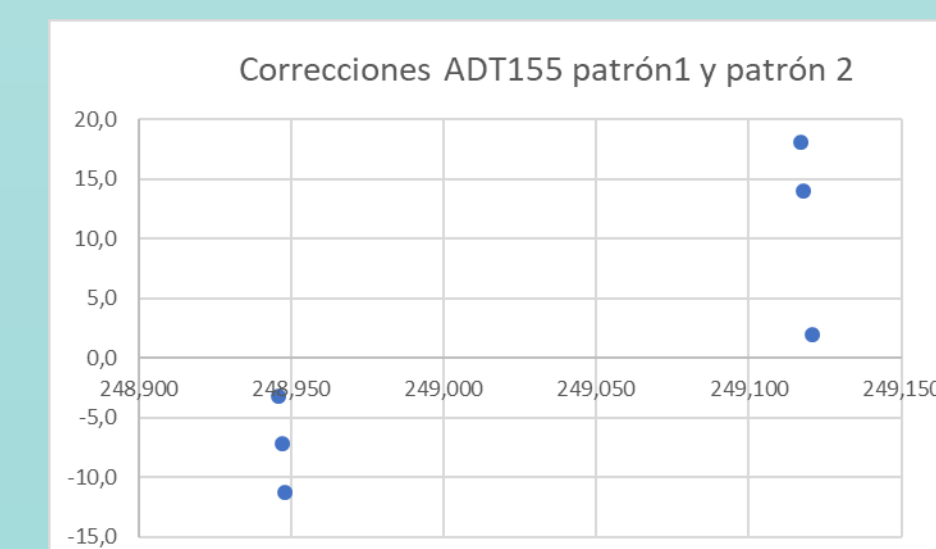


Fig. 5: Diferencia entre las correcciones a 249 hPa usando el módulo ADT155.

Presión nominal [hPa]	Corrección ADT161 (patrón PCU1) [hPa]	Corrección ADT161 (patrón PCU2) [hPa]	Corrección ADT161 (patrón PCU1) [%]	Corrección ADT161 (patrón PCU2) [%]	Diferencia corrección (PCU2-PCU1) [%]
249	0,001	-0,008	0,00060	-0,00313	-0,00374
249	-0,004	-0,013	-0,00140	-0,00514	-0,00374
249	-0,007	-0,016	-0,00301	-0,00635	-0,00314

Tabla 2: Diferencia entre las correcciones a 249 hPa usando el módulo ADT161.

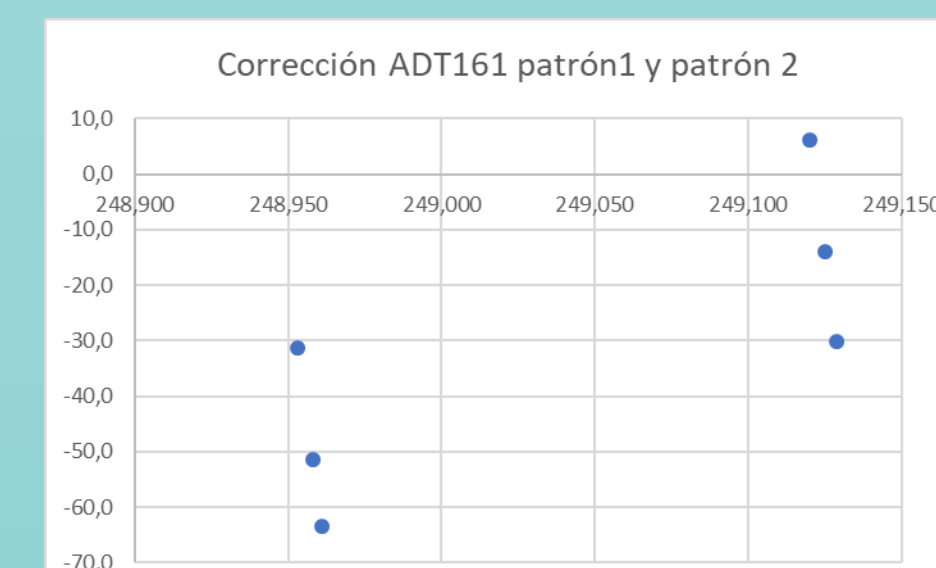


Fig. 6: Diferencia entre las correcciones a 249 hPa usando el módulo ADT161.

Presión nominal [hPa]	Corrección ADT155 (patrón PCU1) [hPa]	Corrección ADT155 (patrón PCU2) [hPa]	Corrección ADT155 (patrón PCU1) [%]	Corrección ADT155 (patrón PCU2) [%]	Diferencia corrección (PCU2-PCU1) [%]
199	0,005	0,000	0,00255	-0,00010	-0,00265
199	0,005	-0,001	0,00255	-0,00060	-0,00315
199	0,006	0,000	0,00305	-0,00010	-0,00315

Tabla 3: Diferencia entre las correcciones a 199 hPa usando el módulo ADT155.

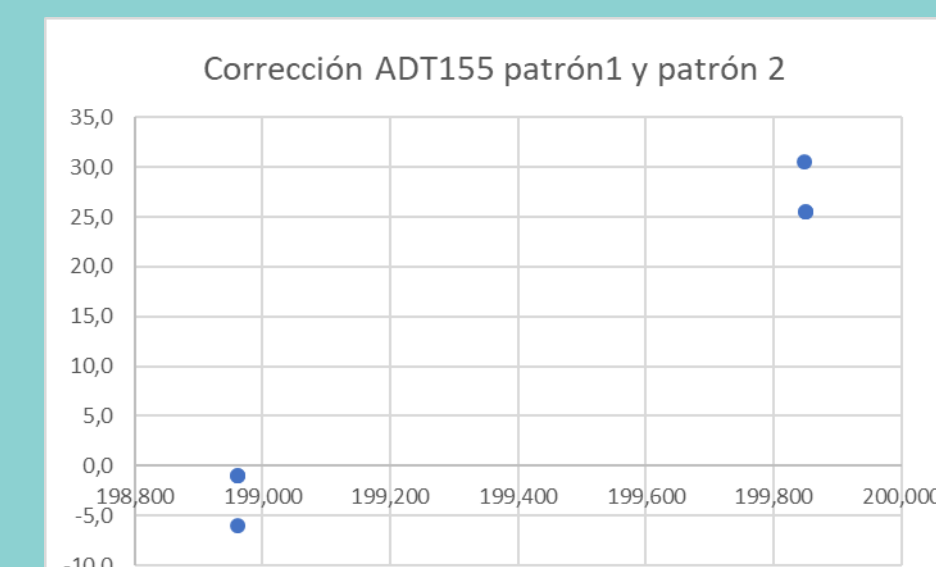


Fig. 7: Diferencia entre las correcciones a 199 hPa usando el módulo ADT155.

Presión nominal [hPa]	Corrección ADT161 (patrón PCU1) [hPa]	Corrección ADT161 (patrón PCU2) [hPa]	Corrección ADT161 (patrón PCU1) [%]	Corrección ADT161 (patrón PCU2) [%]	Diferencia corrección (PCU2-PCU1) [%]
199	-0,008	-0,015	-0,00395	-0,00764	-0,00369
199	-0,010	-0,016	-0,00495	-0,00814	-0,00319
199	-0,010	-0,015	-0,00495	-0,00764	-0,00269

Tabla 4: Diferencia entre las correcciones a 199 hPa usando el módulo ADT161.

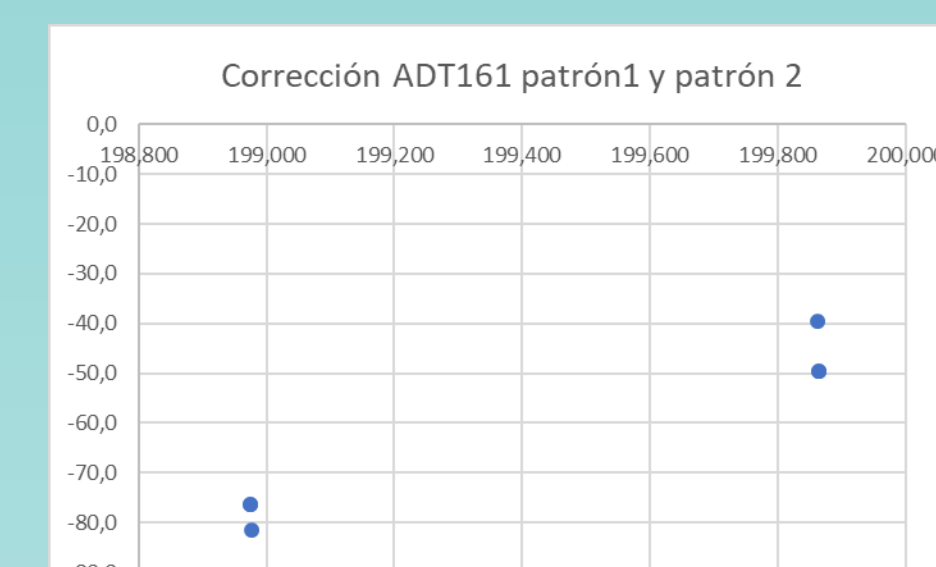


Fig. 8: Diferencia entre las correcciones a 199 hPa usando el módulo ADT161.