

Acerca de la medición de vacío en sistemas HVAC con vacuómetros digitales

A continuación se recopilan respuestas a las preguntas frecuentes con respecto a la utilización de vacuómetros digitales.

1) El valor indicado de vacío sube luego de cerrar la válvula que conecta a la bomba



Figura 1 - Ejemplo de conexionado de sistema, bomba, vacuómetro y válvula

Suponiendo un esquema de conexión como el de la Figura 1, es frecuente que la indicación suba luego de efectuar el vaciado durante algún tiempo y cerrar la válvula. Esto puede deberse a varios motivos que son ajenos al instrumento.

- 1) El tiempo de vaciado fue insuficiente y todavía hay agua evaporándose en el circuito.
- 2) Las conexiones no son perfectamente estancas.
- 3) Puede haber difusión a través de las mangueras. Con que la manguera tenga algún poro es suficiente para romper el vacío.
- 4) El efecto de calentamiento de los componentes aumenta la presión en el circuito.
- 5) El rozamiento del cierre de las válvulas es suficiente para aumentar la presión, si el volumen vaciado es pequeño.
- 6) El estado de la bomba (hidrolización del aceite) puede afectar el valor de vacío alcanzado.
- 7) Los efectos anteriores se ven amplificados si el volumen de ensayo es muy pequeño (por ejemplo, al conectar directamente la bomba al instrumento con una manguera de 90 cm).
- 8) Si usted conecta el vacuómetro directamente a la bomba, sin válvula, y apaga la bomba, la indicación va a subir indefectiblemente. Esto es porque las bombas de vacío no necesariamente retienen la estanqueidad una vez apagadas.

Si la subida que observa es de hasta 1500 micrones luego de cerrar la válvula, puede deberse a humedad remanente en el circuito.

Si este fuese el caso, repita su ensayo dejando realizar más tiempo vacío a la bomba, y asegúrese de que las conexiones sean estancas (puede probar teflonar las conexiones o utilizar algún sellador líquido para refrigeración).

Solo si se probaron y descartaron todas las posibilidades anteriores puede considerarse que esté sucio el sensor o que exista una fuga en el instrumento. Pero esto último es altamente improbable, en especial si el vacuómetro tiene poco uso y se usa de forma responsable.

2) No logro tener valores de vacío aceptables, nunca llega debajo de cierto valor ¿el vacuómetro funciona mal?

Lo más probable es que se trate de alguno de los motivos enumerados en la respuesta a la pregunta anterior. Pero si se sospecha del vacuómetro puede limpiarse el sensor en primera instancia, y luego si aun así y habiendo descartado todo lo anterior se sospecha que presenta una fuga, deberá enviarlo a Servicio Técnico para que sea evaluado y reparado si es necesario.

3) ¿Cómo se limpia el instrumento?

Los vacuómetros que tengan un sensor Pirani (medición por conductividad térmica) pueden ser limpiados con alcohol (solo el sensor). Tape uno de los conectores, vierta alcohol a través del otro, tápelo también, agite el instrumento, vacíelo y deje secar destapado antes de usar.

Nunca use alcohol para la limpieza de carcasas plásticas, es solo para la limpieza interna del sensor.

Las carcasas y display, por otro lado, se limpian con un paño con agua jabonosa y luego se enjuagan de la misma manera con paño húmedo con agua.

4) ¿Cuándo se limpia el sensor?

Limpie el sensor cuando sospeche que pudo haberlo sometido a una condición en la que se haya salpicado o ensuciado, si observa diferencias en la medición comparando con otros instrumentos o bien cuando observe que la presión de vacío no alcanza niveles aceptables y ya se hayan descartado otros motivos.

5) ¿Puedo dejar el vacuómetro conectado a mi manifold mientras realizo otras tareas aplicando presión sobre el sistema?

No. Tenga presente que los vacuómetros no son para medir presiones positivas, y de hecho una presión alta, mayor a 6 bar (87 psi) puede hacer que se rompan. Si el equipo queda conectado mientras se presuriza el sistema, por ejemplo en una prueba de estanqueidad con nitrógeno, usted corre el riesgo de dañar el sensor de forma irreparable. Tenga presente cerrar la válvula que acopla el vacuómetro al manifold antes de realizar otra tarea o bien, para mayor tranquilidad, solo conéctelo al momento de realizar el vacío y luego una vez finalizada la tarea, cierre la válvula y desconéctelo.

6) Creo que mi vacuómetro no funciona... indica “ooooo” en pantalla a presión ambiente o aun cuando realizo vacío con la bomba

Esta indicación es normal. Los vacuómetros con sensor Pirani están ajustados para medir en rangos de presiones muy bajas. Por ejemplo, por debajo de los 20000 micrones (26,66 mbar). Por encima de esta presión, no habrá indicación ni calculo de punto de ebullición. A presión atmosférica, no hay indicación. Si usted realiza vacío y luego de algún tiempo no llega a tener indicación, es porque no se está alcanzando ese valor debajo de los 20000 micrones. Existe una fuga importante en el circuito, o bien la bomba necesita mantenimiento o es insuficiente para el sistema.

7) Se observa variabilidad en la medición, el valor no permanece estable

Los vacuómetros analógicos vienen escalados, en general, en pulgadas de mercurio o en cm de mercurio, con lo cual una diferencia de 300 micrones, por ejemplo, no podría ser detectada. Si usted venía trabajando con vacuómetros analógicos, el problema existía igual, solo que no podía verlo porque la resolución era insuficiente. Los vacuómetros digitales son mucho más precisos y con mejor resolución. Evidencian hasta las variaciones mínimas. Las fluctuaciones en muchos casos son generadas por la bomba. Recuerde que un micrón es una unidad 25400 veces más chica que la pulgada de mercurio.

8) ¿En qué unidades se expresan las presiones de vacío y por qué?

Las unidades más frecuentemente utilizadas para medir valores de presiones muy bajas (en valor absoluto) son:

- μmHg (micrones de columna de mercurio)
- mmHg (milímetros de columna de mercurio)
- inHg o “Hg (pulgadas de columna de mercurio)

- cmHg (centímetros de columna de mercurio)
- Torr (en desuso, se usa el mmHg)
- mbar (milibar)
- Pa (Pascuales)
- inH₂O o "H₂O (pulgadas de agua)
- mmH₂O (milímetros de columna de agua)

Se usan unidades que son submúltiplos de la altura de columna de mercurio (Hg). La columna de mercurio fue la forma en la que el físico y químico italiano Evangelista Torricelli midió por primera vez la presión atmosférica en un experimento en 1643 en la ciudad italiana de Pisa.

Tomó un tubo de 1 metro de largo con un extremo cerrado, lo llenó de mercurio y lo dio vuelta sobre una cubeta también llena de mercurio. Observó que la columna se mantuvo estable con una altura de 760 mm, y esta altura era entonces influida por la presión atmosférica. Se definió entonces que 1 atmósfera = 760 mmHg. Entonces 1 mm de la columna de Hg es equivalente a 1/760 atmósfera. Se llamó "Torr" a esta unidad en homenaje al italiano.

Sin embargo, al redefinirse los valores de aceleración de la gravedad standard y de la presión atmosférica standard por la Oficina Internacional de Pesos y Medidas, surgen diferencias entre las unidades. En el caso del Torr, no es exactamente 1 mmHg pero la diferencia es despreciable en la mayoría de los casos.

De forma homóloga es posible medir la presión con el peso de una columna de agua pura con densidad 1000 kg/m³. 1 mmHg entonces equivale a 13,595 mm de columna de H₂O.

Por otro lado, el Pascal es una unidad también muy pequeña y se define como kg/(m*s²). Un Pascal por otro lado, equivale a 0,0075 mmHg.

En los países que utilizan el sistema imperial, las unidades de columna son convertidas a pulgadas en lugar de mm. Es por este motivo que están tan difundidos los equipos que muestran la medición de vacío en "Hg o inHg ("in" por "inches", pulgadas).

De todas estas unidades, la más pequeña utilizada para las mediciones de vacío en sistemas HVAC es el "micrómetro (micrón) de columna de mercurio (μmHg)". Es decir, el submúltiplo 1000 veces menor que el mmHg.

Tenga presente que 1 μmHg son 0,000039 pulgadas de mercurio (inHg) o bien 0,0001 cm de mercurio (cmHg).

Otras unidades también de presión, como **hPa** (hectopascuales) o **psi** (pound per square inch o libra sobre pulgada cuadrada) resultan demasiado grandes e incómodas para trabajar en este orden de valores tan pequeños de presión.

mmHg (micrón)	Pa	mmca (mmH2O)	cmca (cmH2O)	hPa	mmHg	inH2O ("H2O)	cmHg	inHg ("Hg)
1	0,13332	0,01359	0,001359	0,0013332	0,001	0,00053524	0,0001	0,00003937
7,5006	1	0,10197	0,010197	0,01	0,0075	0,004014	0,00075	0,0002953
73,556	9,807	1	0,1	0,098	0,073556	0,03937	0,0073556	0,0028959
735,559	98,066	10	1	0,9807	0,73556	0,3937	0,073556	0,028959
750,061	100	10,197	1,0197	1	0,75	0,40146	0,075	0,0295
1000	133,322	13,595	1,3595	1,333	1	0,53524	0,1	0,03937
1868,32	249,089	25,4	2,54	2,49	1,868	1	0,18683	0,07355
10000	1333,224	135,951	13,595	13,332	10	5,352	1	0,3937
25400	3386,389	345,315	34,531	33,864	25,4	13,595	2,54	1

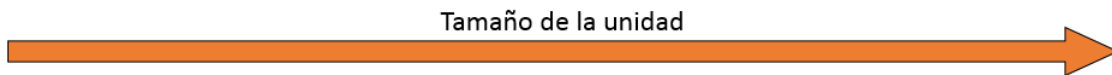


Figura 2 – Tabla de conversión entre unidades de presión de vacío.

9) ¿Qué tan pequeño es un 1 micrón?

Obsérvese el siguiente gráfico para tener una mejor noción de la diferencia en el orden de magnitud:

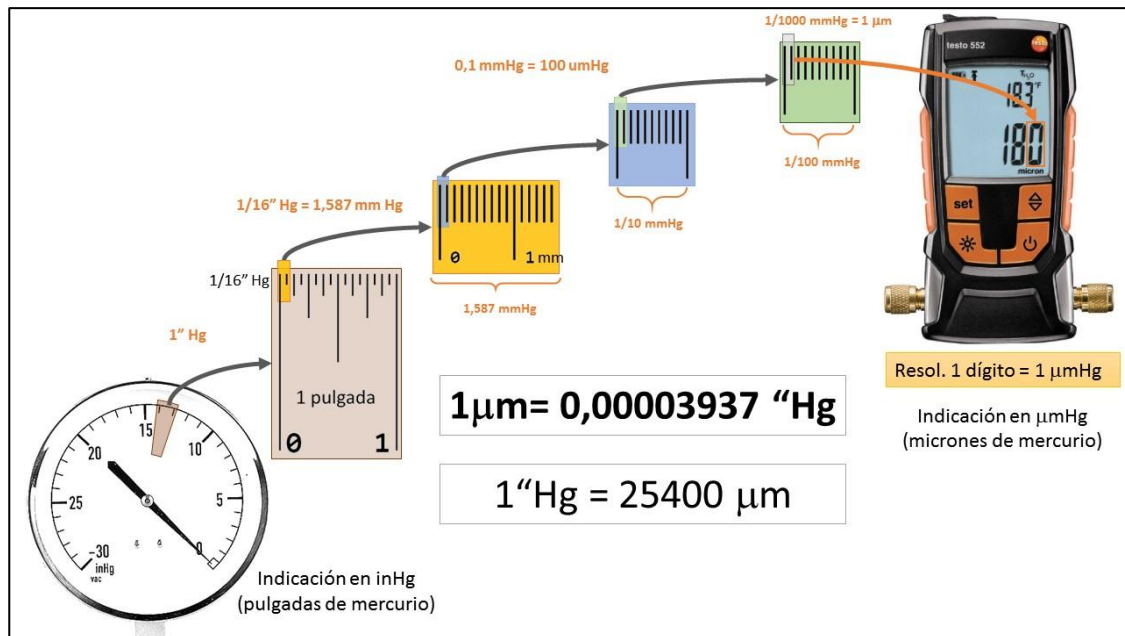


Figura 3 - Comparativa entre pulgadas de mercurio en un analógico y micrones de mercurio en un digital

10) ¿Por qué es necesario medir valores tan bajos?

Para poder garantizar que el sistema esté libre de agua es necesario alcanzar una presión de vacío muy baja. La bomba de vacío no solo remueve partículas de aceite y agua por succión, sino que además la generación de vacío hace que el punto de ebullición del agua baje a temperatura ambiente y sea removida en forma gaseosa. Agua en el circuito de refrigeración/bomba de calor, aunque sea en cantidades muy pequeñas, implica un menor rendimiento del sistema y riesgo de deterioro por oxidación, condensación en el compresor y golpe de ariete.

11) ¿Y para qué presión el punto de ebullición del agua baja a la temperatura ambiente?

La presión de saturación de vapor de agua es función de la temperatura ambiente y es la máxima presión a la que puede estar en equilibrio la fase líquida del agua con su fase gaseosa en un recipiente cerrado. Cuando la presión de vapor alcanza a la presión del agua líquida, el agua hierve.

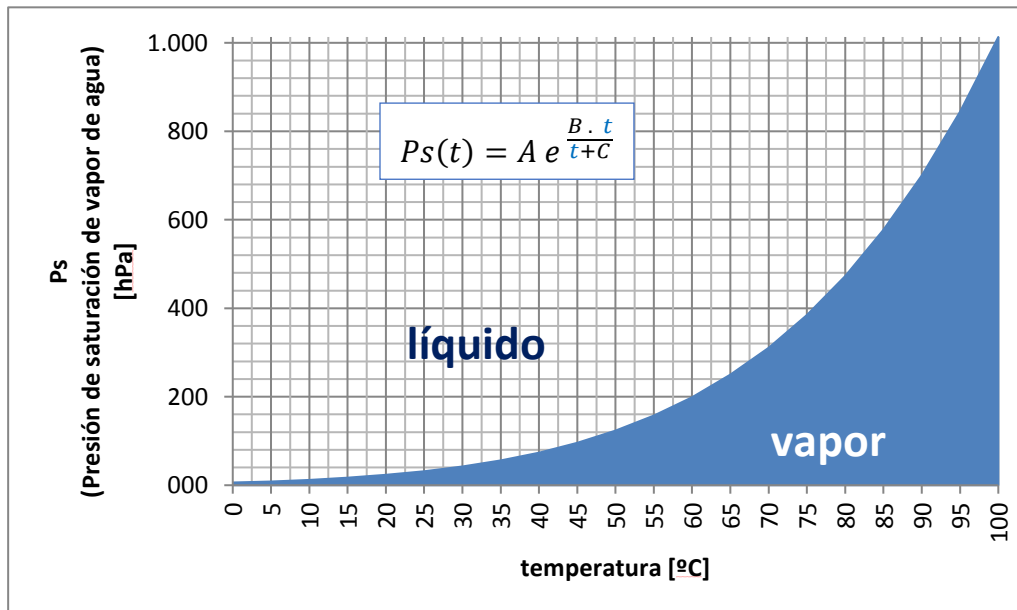


Figura 4- Curva de presión de saturación del vapor de H_2O

$A= 6,1094$, $B= 17.625$ $C= 243.04$
(coeficientes Magnus sugeridos por Alduchov, 1996)

A, B y C son los coeficientes Magnus sobre superficie de agua. Esta es una de las aproximaciones utilizadas para el cálculo de la presión de saturación.

Consideremos los siguientes ejemplos:

- En la ciudad de Buenos Aires, a 0 metros sobre el nivel del mar, la presión barométrica es de 1013 hPa. La presión de saturación de vapor para 100°C es de 1013 hPa... por ello el agua hierve a esta temperatura.
- En la ciudad de Cusco (3399 msnm), la presión barométrica es de 693 hPa y en consecuencia el agua hierve a 90°C.
- En los dos ejemplos anteriores hablamos de poner a calentar agua para modificar su temperatura y hacer que alcance el punto de saturación.
- Ahora supongamos que modificamos la presión y no la temperatura. Es lo que sucede al realizar la aspiración con bomba de vacío en un sistema cerrado. ¿Para qué presión el agua herviría a temperatura ambiente (25°C)?

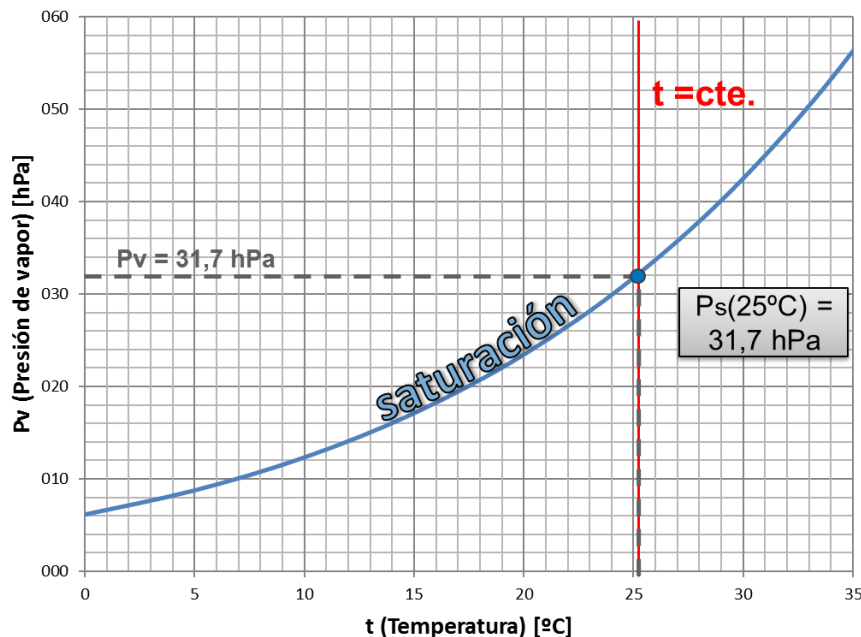


Figura 5 - Presión de saturación del vapor de H₂O para 25°C

El agua pasará a estado gaseoso a 25°C cuando la presión absoluta esté por debajo de 31,7 hPa (31,7 mbar). Este valor equivale a 23777 micrones. Para lograr el mismo objetivo pero a 10°C, la presión deberá descender a 12,29 mbar = 9226 micrones.

Si se desea que el punto de ebullición del agua sea de al menos 20°C por debajo de la temperatura ambiente (considerando 25°C), esto sería 8,73 mbar = 6548 micrones para que hierva a 5°C. Y para el caso de tener una temperatura ambiente de 10°C, lograr un punto de ebullición de -10°C requiere aspirar hasta bajar la presión a 1950 micrones. Recordemos entonces que una pulgada de mercurio son 25400 micrones: todos estos valores están muy por

debajo de esto. Los fabricantes de sistemas de aire acondicionado recomiendan el valor de micrones de vacío a alcanzar para tener resultados óptimos.

12) ¿La medición está expresada como “presión absoluta” o “presión relativa”?

Los vacuómetros digitales miden el vacío absoluto. Esto significa que la referencia de “cero” es el vacío absoluto.

Los manifolds y vacuómetros analógicos, en cambio, miden presiones manométricas, relativas. El “cero” de referencia en este caso es la presión atmosférica.

Un valor de presión absoluta siempre hará referencia al mismo valor. En cambio, la presión atmosférica puede variar dependiendo de las condiciones climáticas y de la altura. Por lo tanto, las mediciones manométricas están sujetas a esas variaciones. Dos valores distintos de presión relativa en distintas condiciones de presión atmosférica pueden hacer referencia al mismo valor de vacío absoluto alcanzado.

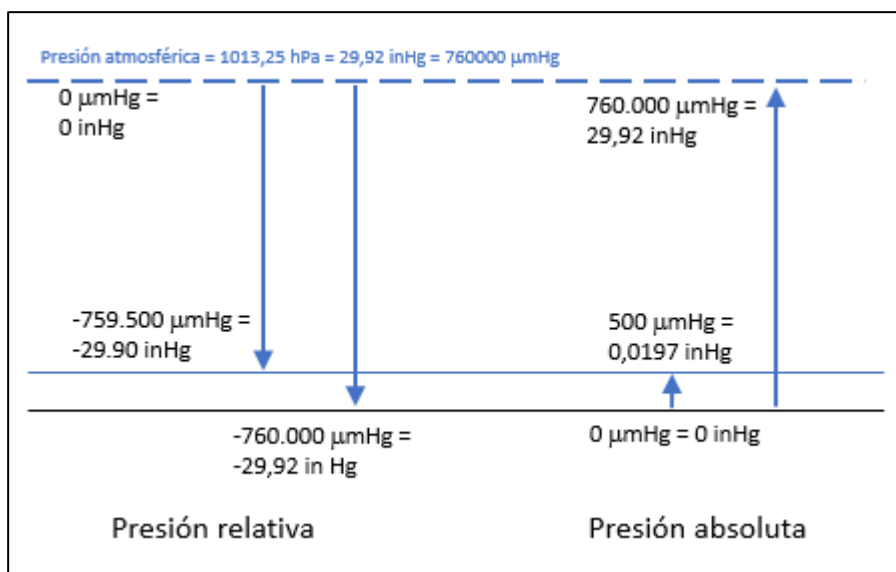


Figura 6 - Presión relativa y presión absoluta

Se cumple:

$$\text{Prel} = \text{Pabs} - \text{Patm}$$

donde Prel es la presión relativa, Pabs es la presión absoluta y Patm es la presión atmosférica.

En el ejemplo de la imagen anterior, para una presión absoluta alcanzada de 500 micrones luego del vaciado y presión atmosférica inicial de 1013,25 hPa (760.000 micrones) se tiene:

$$\text{Prel} = \text{Pabs} - \text{Patm} = 500 \mu\text{mHg} - 760000 \mu\text{mHg} = -759.500 \mu\text{mHg} \\ = \mathbf{-29,90 \text{ inHg} = -75,95 \text{ cmHg}}$$

Ese sería el máximo valor de vacío que debería indicar un instrumento analógico (si tuviese una resolución suficiente).

Tomemos otro ejemplo. En la ciudad de San Luis, la altura es mayor a 700 msnm. A esta altura, la presión atmosférica se sitúa alrededor de 933 hPa. ¿Cuánto sería la presión relativa que indicaría un vacuómetro analógico al alcanzar una presión absoluta de 500 micrones para un sistema cerrado y cuya presión inicial sea dicha presión atmosférica?

Convirtiendo a micrones:

$$933 \text{ hPa} * 760000 \mu\text{mHg}/1013,25\text{hPa} = 699.807 \mu\text{mHg}$$

$$\mathbf{\text{Prel} = \text{Pabs} - \text{Patm} = 500 \mu\text{mHg} - 699.807 \mu\text{mHg} = -699.307 \mu\text{mHg} = -27.53 \text{ inHg} = -69,93 \text{ cmHg}}$$

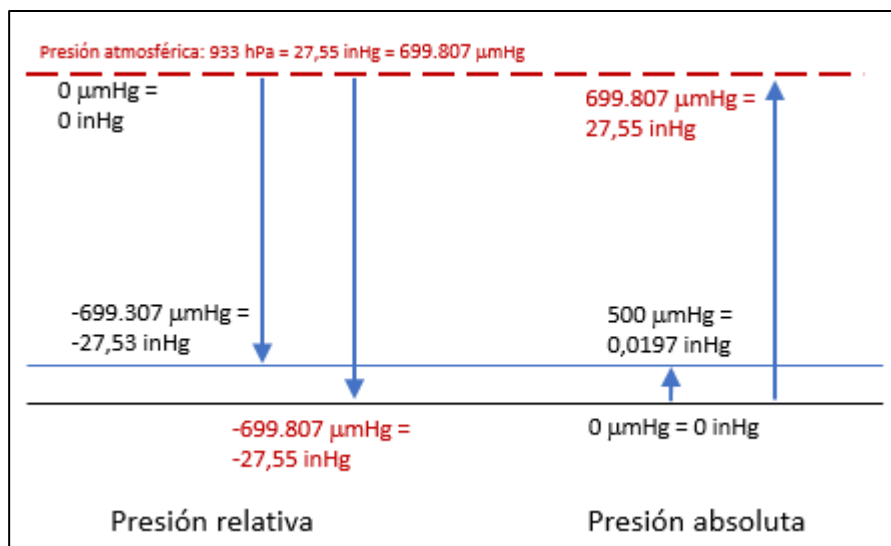


Figura 7- Diferencia de indicación a distinta presión atmosférica.

Observamos entonces que si vaciáramos el mismo sistema con la misma bomba y el mismo vacuómetro analógico, tendríamos distintas indicaciones relativas de vacío alcanzado según la presión atmosférica de cada lugar, pero ambos corresponderían al mismo valor absoluto.



Yerbal 5266 4to piso
C1407EBN Buenos Aires · Argentina
Tel. (011) 4683-5050 - Fax (011) 4683-2020
info@testo.com.ar - www.testo.com.ar

Peor aún, en un mismo lugar la presión atmosférica puede variar día a día en valores tales como +/-10 hPa, dando lugar a diferencias en los valores relativos medidos también.

La indicación de vacío absoluto, en cambio, siempre será la misma independientemente de ello.

Testo Argentina SA