

VERIFICACIÓN DIMENSIONAL DE PLACA DE ORIFICIO

Diego Moncada B. - dmoncada@ciateq.mx

Bernardo Oviedo V. - beoviedo@ciateq.mx

Centro de Tecnología Avanzada CIATEQ, A. C. www.ciateq.mx

Calz. Del Retablo No. 150, Col. Fovissste Querétaro, Qro. – México

Tel. 01 (442) 211 2600 Fax 01 (442) 211 2609 E-mail: mkt@ciateq.mx

Resumen: La medición de flujo mediante el uso de elementos bajo el principio de presión diferencial es altamente utilizada en la industria hoy en día. La placa de orificio es uno de estos dispositivos que por su sencillez y costo bajo hacen que su aplicación sea atractiva; existen diversas normas que contemplan algunas de las características constructivas de la misma [1] [2]. Sin embargo, se requiere controlar las diversas variables que afectan o influyen en el cálculo de flujo, varias de las cuales tienen que ver las características dimensionales de la placa de orificio. El reporte AGA 3.0 Parte 2 contempla esas características dimensionales, mas no es completamente claro al momento de definir el como realizar las mediciones y como evaluarlas. Es propósito de este documento el describir a detalle los procedimientos a seguir para verificar dimensionalmente una placa de orificio considerando el reporte AGA 3.0 Parte 2. Usando los instrumentos correctos y calibrados se verifica minuciosamente la planitud, rugosidad, y estado superficial en las caras de la placa de orificio, el diámetro, redondez, borde y espesor del orificio, así como el espesor y bisel de la placa para asegurar que estos elementos están conforme a los requerimientos.

1. INTRODUCCIÓN

La medición de flujo de fluidos por placas de orificio es uno de los métodos más comunes a pesar de que se utiliza desde hace bastante tiempo. Se ha detectado que en Norteamérica el 85% del gas natural medido se realiza con placa de orificio; esto es, a pesar de las nuevas tecnologías de medición emergentes (coriolis, turbinas y ultrasónicos) la medición con placa de orificio es aún mayoría.

Lo anterior implica a que una correcta determinación del flujo se basa en un adecuado estado de la placa de orificio [3], [4]. Para este fin existen criterios diversos para definir qué es correcto y qué es incorrecto en las características dimensionales y de fabricación de placas de orificio.

Se identifican dos documentos ampliamente reconocidos, a saber: El reporte AGA 3.0 Parte 2 (API 14.3 Parte 2) "Manual of Petroleum Measurement Standards – Natural Gas Fluids Measurement – Concentric, Square-Edged Orifice Meters" [1] y la norma ISO 5167 "Measurement of fluid flow by means of differential pressure devices" [2]. Sin embargo, por ser el gas natural uno de los principales productos nacionales y por la aplicación específica del reporte AGA, se utiliza más comúnmente esta en los negocios de transferencia de custodia.

Ahora bien, la norma es una guía de los parámetros a controlar en una placa de orificio para garantizar un óptimo desempeño durante el proceso de medición. Sin embargo, esta guía contempla las variables a considerar mas no el aspecto metrológico de las mismas. Es el objetivo de este documento presentar una interpretación al reporte AGA 3.0 considerando el impacto metrológico de las mismas.

2. DESARROLLO

2.1 ASPECTOS IMPORTANTES DEL AGA 3.0 P2

Esta revisión (2000) incluye un cambio en los requerimientos de instalación (longitudes del tubo de medición). El estándar está basado para relaciones βr entre 0.10 y 0.75. Una menor incertidumbre del coeficiente de descarga de la placa de orificio se logra con una βr entre 0.20 y 0.60 y diámetro interno del orificio mayor o igual que 0.45plg (11.43mm).

Algunas definiciones importantes son:

Diámetro medido del orificio de la placa (dm), es medido a temperatura de la placa al momento de realizar las mediciones.

Diámetro de referencia del orificio de la placa (dr), es medido (o corregido) a la temperatura de referencia (Tr).

Tubo de Medición, basado en dos secciones de tubería recta incluyendo todos los elementos que son integrales del portaplaca aguas arriba y aguas abajo de la placa.

Diámetro interno medido del tubo de medición (D_m), es el promedio de las mediciones del diámetro interno realizadas a 1plg (25.4mm) de distancia a la cara aguas arriba de la placa.

Diámetro interno de referencia del tubo de medición (D_r), es medido (o corregido) a la temperatura de referencia (T_r).

Relación de diámetros (β), Se define como el cociente que resulta de dividir el diámetro del orificio de la placa entre el diámetro interno del tubo de medición.

Presión diferencial (DP), es la presión diferencial estática medida entre las tomas de presión aguas arriba y aguas abajo.

3. VERIFICACIÓN DIMENSIONAL (PLACA DE ORIFICIO)

3.1 Desviación de Planitud

La desviación de planitud en las caras de la placa debe ser menor o igual al 1% de la altura de obstrucción (h) en condiciones de ausencia de flujo. La altura de obstrucción (h) se calcula por la fórmula:

$$h = \frac{D_m - d_m}{2} \quad [1]$$

Donde:

D_m : Diámetro medio del tubo de medición

d_m : Diámetro del orificio de la placa

Por otro lado, es conveniente realizar esta verificación en varios planos (dos como mínimo) de tal manera que se cubra la mayor parte de la superficie de la placa. Esto es, realizar las mediciones en planos correspondientes a 0°, 45°, 90° y 135°.

Las figuras 1 y 2 muestran como realizar estas mediciones con ayuda de una barra paralela. Para este fin, y con el objeto de poder verificar diferentes placas de orificio se recomienda disponer de una

barra paralela de suficiente longitud. Se requiere, obviamente, realizar las correcciones necesarias para determinar las cotas correspondientes en la ubicación del diámetro interno del tubo de medición. Lo anterior se logra determinando (marcando) el diámetro interno del tubo de medición en la superficie de la placa y restar el valor de desviación de planitud en este punto del valor obtenido de desviación en el borde de entrada de la placa.



Fig. 1 Medición de Desviación de Planitud



Fig. 2 Medición de Desviación de Planitud

3.2 Medición de Rugosidad

La rugosidad en la superficie de las caras aguas arriba y aguas abajo de la placa no deberá tener abrasiones o rasguños visibles a simple vista que excedan 50 μ plg (1.27 μ m) R_a .

El valor de $50 \mu\text{plg}$ ($1.27\mu\text{m}$) R_a se obtiene del promedio de las mediciones hechas tanto en la cara anterior como posterior de la placa de orificio. Es recomendable tener mediciones en la parte exterior de la placa (cuatro como mínimo) y en la parte interior de la misma (cuatro como mínimo).

Aunque el reporte AGA indica "marcas a simple vista", es común encontrar placas con marcas o abrasiones visibles que no necesariamente son desviaciones de la norma. Estas marcas son evaluadas desde el punto de vista subjetivo; sin embargo, al utilizar un rugosímetro esta subjetividad se elimina y la evaluación resulta objetiva.

La rugosidad de la superficie de la placa se verifica usando un instrumento electrónico medidor de rugosidad con valor de corte no menor a 0.03plg (0.762mm). Aunque es posible utilizar otros métodos (como la comparación visual) garantizando la reproducibilidad y repetibilidad del instrumento electrónico, el uso de este último es preferible pues de nuevo juega un papel importante en la objetividad de las observaciones.

Finalmente, la presencia de material extraño en las superficies de la placa puede originar que la incertidumbre asociada al coeficiente de descarga (C_d) se incremente.



Fig. 3 Medición de Rugosidad

3.3 Borde del orificio de la placa

El borde aguas arriba del diámetro interno de la placa debe ser cuadrado y afilado. Este es inadecuado para realizar mediciones con precisión si un haz de luz llega a observarse cuando se inspecciona sin una lente de aumento o se verifica con un patrón.

Los bordes deberán estar libres de defectos visibles a simple vista tales como manchas, rugosidades, rebabas, muescas, ralladuras o protuberancias.

Sin embargo, los métodos anteriormente descritos pueden resultar imprácticos (como el hecho de tener que fabricar un cilindro patrón para cada placa que deba revisarse), por lo que se recomienda revisar elafilamiento del borde de una placa de orificio patrón que se tenga como referencia (técnicamente puede ser utilizada para verificar varios tamaños de placas), para lo cual dicho borde debe verse y sentirse similar al del radio de curvatura del borde de la placa patrón. Aunque el reporte AGA indica que esta comparación se debe realizar con una placa del mismo diámetro nominal, puede resultar impráctico tener tantas placas patrón como placas en servicio, por lo que una comparación con placas de diferente diámetro resulta también válida en el entendido que la mencionada verificación no considera el tamaño del orificio de la placa.

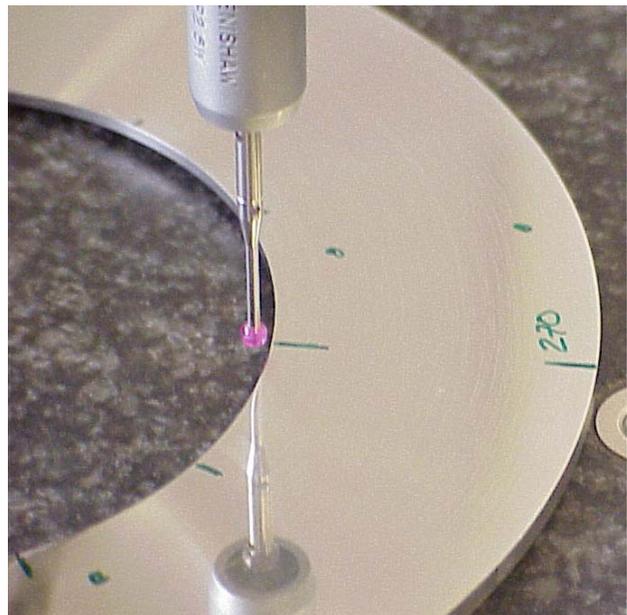


Fig. 4 Borde de Orificio

3.4 Diámetro y redondez de la placa de orificio

El diámetro interno medido de la placa (dm) se define como el promedio aritmético de cuatro o más mediciones uniformemente espaciadas en la entrada del borde interior. Es recomendable cuidar que las mediciones se realicen en la misma posición axial.

Ninguna lectura debe variar mas allá de los valores indicados en la tabla 2-1 del reporte AGA 3.0 P2 edición del 2000 (Tabla 1, en este documento).

Diámetro Interno <i>dm</i>		Tolerancia (\pm)	
pulgadas	milímetros	pulgadas	milímetros
\leq - 0,250 ^a	\leq - 6,350 ^a	0,0003	0,0076
0,251 - 0,375 ^a	6,375 - 9,525 ^a	0,0004	0,0102
0,376 - 0,500 ^a	9,550 - 12,700 ^a	0,0005	0,0127
0,501 - 0,625	12,725 - 15,875	0,0005	0,0127
0,626 - 0,75	15,900 - 19,050	0,0005	0,0127
0,751 - 0,875	19,075 - 22,225	0,0005	0,0127
0,876 - 1,000	22,250 - 25,400	0,0005	0,0127
> - 1,000	-	0,0005 ^b	0,0127 ^b

Nota: ^a usar diámetros menores a 0.45 no está prohibido, pero pueden resultar incertidumbres mayores a las especificadas en el Capítulo 14, Sección 3, Parte 1.
^b por pulgada de Diámetro

Tabla 1. Tolerancias para Diámetro de Orificio (Tomada y traducida del reporte AGA 3.0 P2)

De la Tabla 1 se puede deducir que la resolución del instrumento a utilizar deberá ser menor a 0,0005plg (0,0127mm), mientras que para diámetros iguales o superiores a 2.0plg (50.4mm) la resolución del instrumento podrá ser menor a 0.001plg (0,0254mm). El instrumento como tal puede ser un micrómetro de interiores (como el mostrado en la Fig. 5) o un vernier, pero siempre respetando la resolución descrita.

La temperatura de la placa de orificio deberá ser registrada al momento de realizar las mediciones. Lo anterior con el objeto de realizar las correcciones necesarias por dilatación o contracción por efecto de la temperatura con ayuda del coeficiente de expansión térmica correspondiente a cada material. Además, aunque es recomendable cuidar que la temperatura no varíe mas allá de +/- 0.5°C (32.9°F), no en todos los casos es práctico lograrlo.

El diámetro del orificio de la placa (dr) se recomienda que sea mayor a 0.45plg (11,43mm).

Aunque no está prohibido el uso de placas de orificio con diámetros menores, al considerarlas se debe tener en cuenta que los valores de incertidumbre en el cálculo de flujo pueden ser mayores.



Fig. 5 Medición Diámetro Orificio

3.5 Espesor del orificio de la placa (e)

La superficie interna del orificio de la placa debe ser un cilindro de diámetro constante y no debe tener defectos tales como ranuras, rebordes o irregularidades visibles a simple vista. La longitud de este cilindro se conoce como el espesor del orificio de la placa ϵ .

El (e) mínimo permisible está definido por el valor que sea mayor de la siguiente desigualdad.

$$e \geq 0.01 \text{ dr} \quad [2]$$

$$e > 0.005 \text{ plg (0.127mm)} \quad [3]$$

El (e) máximo permisible está definido por el valor que sea menor de la siguiente desigualdad.

$$e \leq 0.02 \text{ Dr} \quad [4]$$

$$e < 0.125 \text{ dr} \quad [5]$$

Cuando el espesor de la placa (E) sea mayor que el espesor del borde del orificio (e), entonces la placa deberá tener un bisel en el lado aguas abajo de borde del orificio. Este requerimiento no es aplicable cuando e es menor que 0.033 Dm.

Si la estación de medición es bidireccional; esto es, estaciones de medición que midan flujo en un sentido u otro, entonces la placa de orificio no deberá tener bisel.

Para medir el valor de e , es recomendable realizar mínimo cuatro mediciones a 0° , 90° , 180° y 270° en el borde de entrada de la placa con ayuda de un micrómetro de profundidades, asegurándose que la cara anterior de la placa de orificio reciba la superficie de apoyo del medidor de profundidades. La medición se realiza moviendo la punta del medidor hasta que visualmente se ajuste a la línea que une el bisel con el orificio de la placa (ver Fig. 6 Medición Espesor del orificio de la placa). Para este fin es recomendable utilizar una punta con extremo plano.



Fig. 6 Medición Espesor del orificio de la placa

3.6 Espesor de la placa de orificio

Los valores mínimo, máximo y recomendado de espesor de placa de orificio (E) para placas de acero inoxidable tipo 304 y 316 se dan en la tabla 2-3 del reporte AGA 3.0 P2 edición del 2000. La diferencial de presión máxima permisible recomendada para placas se indica en la misma tabla para temperaturas que no excedan los 150°F (65.5°C).

Aunque el rango de espesores permitidos es amplio, los espesores recomendados corresponden a valores comerciales. Cabe anotar que el rango de espesores depende del tamaño nominal del tubo de medición, así como de la cédula del mismo.

El proceso para llevar a cabo la medición es similar al del espesor del orificio e . Se recomienda realizar un mínimo número de mediciones (cuatro es recomendable) en puntos correspondientes a 0° , 90° , 180° y 270° . El instrumento adecuado es un micrómetro de exteriores con puntas redondeadas para no afectar la superficie de la placa.



Fig. 7 Medición Espesor de la placa de orificio

3.7 Bisel de la placa de orificio

En algunas ocasiones es necesario que a la placa de orificio se le maquine en su cara posterior (aguas abajo) justo en el borde de salida un bisel (θ). El ángulo que se forma entre la cara posterior (aguas abajo) y la superficie de este bisel se le conoce como ángulo del bisel.

El ángulo permisible del bisel es de $45^\circ \pm 15^\circ$. Existen diversos métodos para evaluar esta dimensión, tanto directos como indirectos. Obviamente, los métodos directos en donde se utilizan instrumentos como goniómetros o medidores de ángulos son los más precisos. Sin embargo, la tolerancia permitida por el reporte AGA 3.0 P2, la cual es de $\pm 15^\circ$ ($\pm 33\%$) hace que los métodos indirectos puedan ser considerados.

Para este fin, y con ayuda de las dimensiones E (espesor de la placa), e (espesor del orificio de la placa), distancia del borde de entrada a la circunferencia externa de la placa en sus caras anterior (US) y posterior (DS), es posible mediante una relación trigonométrica obtener el ángulo del bisel.

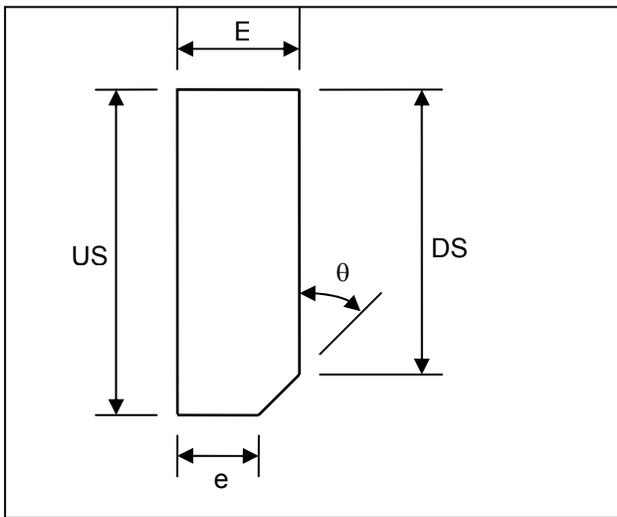


Fig. 8 Dimensiones para calcular el ángulo del bisel

La superficie del bisel no debe de tener defectos visibles a simple vista tal como se describió en las caras de la placa. De requerirse bisel, la dimensión (E-e) no debe ser menor a $0,0625p_lg$ (1,5875mm).

El que una placa lleve o no bisel dependerá de los valores del espesor de la placa (E) y del espesor del orificio de la placa (e) y su relación con respecto sus valores mínimos y máximos. En otras palabras, para placas nuevas se podrán definir los valores de E y e con el objeto de diseñar la placa para que no requiera bisel (esto puede no ser posible para cualquier diámetro tanto del tubo de medición como del orificio de la placa)

4. DISCUSIÓN

La verificación dimensional de placas de orificio, aunque implica el conocimiento de la normatividad aplicable, requiere el desarrollo de procedimientos específicos que contemplen los requisitos metrológicos, instrumentales y de aplicación.

Por otro lado, y tal como se indico en la sección anterior, existen diversas variables en la verificación dimensional de placas de orificio que contemplan información del tubo de medición. Esto es, la verificación de la placa no es totalmente completa si no se realiza en conjunto con el tubo de medición.

El registro de la temperatura a la cual se realiza la verificación, de todas las dimensiones, es de suma importancia dado que sobre todo para aquellas verificaciones que se realicen en campo (en la

propia estación de medición), no siempre va a ser posible tener las condiciones mas adecuadas.

En general, para todas las verificaciones de dimensiones descritas en este documento es adecuado el realizar varias repeticiones (tres como mínimo) para obtener el valor final que se utilizara en la verificación. Por otro lado, es necesario que la persona que realice las mediciones tenga un conocimiento profundo de los instrumentos a utilizar, su manejo, ventajas, desventajas y alternativas de uso. Aunque no es estrictamente necesario que dicha persona sea un metrologo certificado si es recomendable que su conocimiento acerca de la determinación de valores dimensionales mediante el uso de instrumentos de medición sea superior al promedio.

5. CONCLUSIONES

La verificación dimensional de placas de orificio es una metodología válida para asegurar el correcto desempeño de esta en la medición de flujo. Sin embargo, es necesario que dicha verificación se realice en conjunto con el tubo de medición.

Aunque los reportes o normas aplicables para la verificación dimensional de placas de orificio son útiles, su uso se debe basar en el conocimiento del entorno donde se localiza la placa y experiencia acerca del funcionamiento y operación del sistema de medición.

El considerar los aspectos metrológicos, y no solo los normativos, para la verificación de las placas de orificio permite obtener resultados más confiables que sean una guía para la toma de decisiones al respecto.

Es conveniente la capacitación y entrenamiento del personal de adecuado perfil para que realice la verificación con el objeto de garantizar resultados fiables.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo y buena voluntad de la Dirección de Medición e Instrumentación de CIATEQ para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] American Gas Association. 2000. AGA report No. 3: Orifice Metering of Natural Gas and

- Other Related Hydrocarbon Fluids. 4th Edition. Washington, Estados Unidos.
- [2] International Organization for Standardization. 1991. ISO 5167: Fluid flow rate measurement. 5th Edition
 - [3] NEL. 1999. National Engineering Laboratory. CFD Techniques Applied to Differential Pressure Flow-Meter Performance. Flow Measurement Guidance Note No. 20. Glasgow, Scotland
 - [4] Witte, J. 1992. Proper Orifice Meter Test Must Include Tube Inspection. Pipe Line & Gas Industry. December. Houston, Estados Unidos