

Elementos para Restricción de Flujo de Gas

Juan Manuel Ortiz Afanador - TGI S.A. ESP
John Fredy Velosa Chacón - TGI S.A. ESP



Resumen y Motivación

Los elementos para restricción de flujo de gas constituyen el elemento complementario de los sistemas de medición tipo mecánico (turbinas y rotativos) que brinda el mayor beneficio al más bajo costo. Paradójicamente, no todas las estaciones de medición poseen este tipo de componentes y en ocasiones, como consecuencia de aspectos operacionales de carácter normal o de eventos inesperados, los medidores que no cuentan con estos dispositivos sufren degradación de su desempeño metrológico y daños severos en sus componentes mecánicos, lo cual se traduce en riesgos económicos por la pérdida del control de errores de medición y sobrecostos por mantenimientos, reparaciones, recalibraciones, reemplazo de cartuchos y compra de nuevos medidores.

En la práctica también es común encontrar instalados elementos para restricción de flujo con unas características de diseño y construcción que no garantizan la protección de los medidores porque permiten el paso de un caudal de gas superior al máximo admisible. En contraposición, también es usual la instalación de elementos que restringen excesivamente los medidores, generando pérdida de su capacidad operativa y disminución drástica de la presión en las tuberías aguas abajo del sistema de medición.

El objetivo principal del presente artículo es brindar los fundamentos básicos de la operación de los elementos para restricción de flujo, la cual se fundamenta en el fenómeno de flujo crítico y en los resultados de múltiples experimentos llevados a cabo en laboratorio sobre elementos de diversas formas y geometrías; lo anterior con el propósito de contribuir a la correcta selección, diseño, dimensionamiento, construcción e instalación de estos dispositivos.

1. INTRODUCCIÓN

Los elementos para restricción de flujo son accesorios que se instalan en medio de la tubería aguas abajo del sistema de medición y que se caracterizan por reducir drásticamente el área de flujo. Como consecuencia de esta reducción en el área de flujo se reproduce un fenómeno denominado “flujo crítico” bajo el cual se logra un control del caudal con independencia de las condiciones presentes aguas abajo del elemento de restricción de flujo.

Esta condición es aprovechada en la práctica para la protección de medidores de gas de tipo mecánico, tales como turbinas y rotativos, los cuales pueden fallar si se someten a caudales superiores a su valor máximo nominal.

Cuando un medidor tipo turbina supera su capacidad máxima se presenta un desgaste excesivo de sus componentes mecánicos, tales como los álabes del rotor y los rodamientos que soportan el eje del rotor, así como de otros mecanismos asociados. Bajo condiciones severas es posible que se fracturen los álabes o que los rodamientos se bloqueen.

En el caso de los medidores rotativos, una operación a altas velocidades genera desgaste de los lóbulos y de la superficie interna del medidor (cámaras de medición), lo cual ocasiona un aumento de las tolerancias o huelgo mecánico entre las piezas. En ocasiones se puede presentar bloqueo de los lóbulos, casi siempre como consecuencia de los efectos de alta velocidad e impurezas del gas, aunque también es posible que se presenten bloqueos por daños en los rodamientos que soportan los ejes de los lóbulos. A diferencia de los medidores tipo turbina, en los que ante un bloqueo del rotor, el gas sigue fluyendo a través del cuerpo del medidor, el bloqueo de un medidor rotativo generalmente produce una suspensión del flujo de gas.

Típicamente, los fabricantes de medidores mecánicos diseñan sus equipos para soportar sobrecargas de flujo equivalentes a un 20% por encima de su capacidad nominal o caudal máximo. Sin embargo, esta situación no está prevista para una operación permanente sino para soportar pi-

cos puntuales de demanda que pueden llegar a presentarse eventualmente en la red, aguas abajo del sistema de medición.

En operaciones de transferencia de custodia de gas, prácticamente la única referencia que se toma como soporte para el diseño y aplicación de los elementos para restricción de flujo es el numeral 7.5.3.3 del Reporte AGA No. 7, edición 2006 [1], el cual a su vez está basado en el trabajo de Arnberg [2] que en esencia es una recopilación de estudios de diversas fuentes relacionadas con el tema.

2. CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA RESTRICCIÓN DE FLUJO DE GAS

En términos generales hay tres tipos de elementos para restricción de flujo de gas. Las diferencias entre los dispositivos están dadas principalmente por su forma y geometría. A pesar de las diferencias en los diseños, el funcionamiento de todos los elementos se basa siempre en el fenómeno de flujo crítico que se abordará en la próxima sección. A continuación se describen los elementos más usados para restricción de flujo de gas:

Placa (orificio crítico): Consistente en una placa con un orificio circular concéntrico, de bordes rectos y afilados, similar a las que se usan para medición de gas (AGA 3 - ISO 5167), pero diseñada bajo las consideraciones de la teoría de flujo crítico¹. Estas placas a su vez pueden subdividirse en placas delgadas (thin plates) y placas gruesas (thick plates), según la relación entre su espesor y el diámetro del orificio.

Las placas delgadas reciben su nombre debido a que tienen un límite máximo para la longitud del orificio (también conocido como espesor del orificio), de tal forma que la relación entre el espesor del orificio y el diámetro del orificio (T/D) debe ser inferior a 0,125.

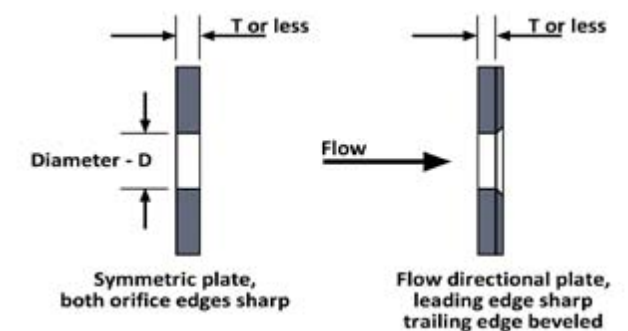


Figura 1. Elementos de restricción de flujo tipo placa de orificio (Tomado de [1])

¹ Las placas de orificio usadas para medición de caudal (Reporte AGA No. 3 o ISO 5167-2) se diseñan y operan estrictamente bajo consideraciones de flujo subsónico ($Mach=M<1$). Por su parte, los elementos para restricción de flujo diseñan y operan bajo consideraciones de flujo crítico, es decir alcanzando velocidades iguales a la velocidad del sonido (es decir sónicas, $M=1$) en el orificio. Un error común consiste en dimensionar placas para restricción de flujo haciendo uso de las normas citadas anteriormente.

Todas las teorías son legítimas y ninguna tiene importancia. Lo que importa es lo que se hace con ellas. Jorge Luis Borges (1899-1986) Escritor argentino

Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico, orientados a producir bienes y servicios de utilidad económica, social, y política.

En esta sección, cada semestre, expertos nacionales y/o extranjeros, ofrecerán artículos técnicos que buscan sensibilizar a nuestros lectores, acercándolos con conocimiento, a la aplicación de la metrología en las diferentes actividades de nuestra sociedad.

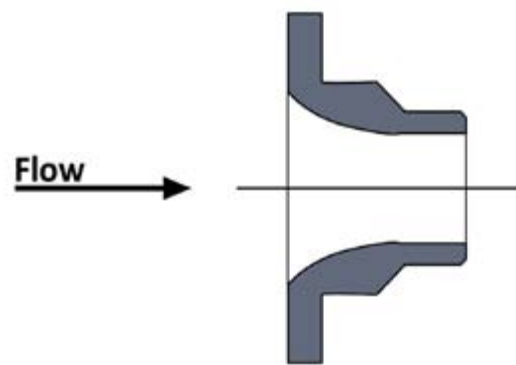


Figura 2. Elemento de restricción de flujo tipo tobera

Por su parte, las placas gruesas son aquellas que poseen una relación T/D superior a 0,125. No obstante, cuando dicha relación es considerablemente mayor (del orden de 2 o 3) se tienden a denominar “toberas cilíndricas”.

Tobera: Es un elemento de flujo consistente en una sección convergente con respecto al sentido del flujo y en la mayoría de los casos de bordes internos curvos. La sección de menor área de flujo se denomina “garganta” (throat).

Venturi: Su diseño representa la unión de una sección divergente con una sección convergente, ingresando el gas por la zona convergente. En la unión entre la zona convergente y divergente se localiza la garganta. El empalme entre las dos secciones puede realizarse de forma directa, es decir con superficies internas tangentes, sin ocasionar cambios bruscos de geometría (garganta toroidal), o mediante un cilindro recto en cuyo caso existe una leve (garganta cilíndrica).

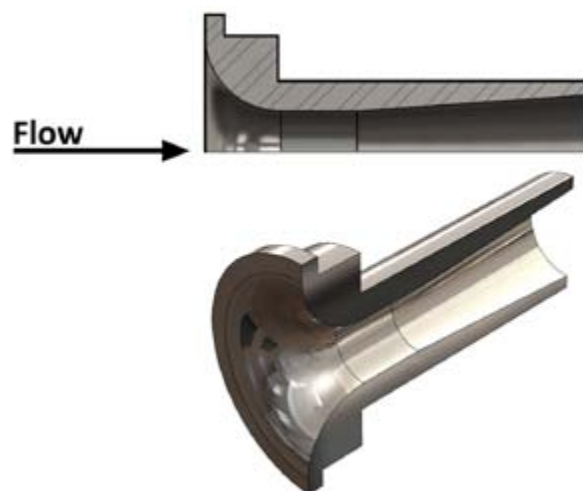


Figura 3. Elemento de restricción de flujo tipo tobera (Cortesía de Canada Pipeline Accessories)

² Este valor límite se conoce también como relación de presiones crítica. Bajo condiciones ideales tiene un valor de 0,528 para el aire y de aproximadamente 0,546 para el gas natural. Dependiendo de la geometría particular del elemento de restricción de flujo y del punto donde se midan las presiones es posible que dicha relación sea superior al valor indicado.

El fenómeno de flujo crítico hace referencia a la condición bajo la cual la corriente de gas se acelera hasta alcanzar la velocidad local del sonido en la garganta del elemento de restricción, esta se conoce a su vez como la “velocidad crítica”. En esta condición, el caudal másico del gas que fluye a través del elemento de restricción es el máximo posible para las condiciones existentes aguas arriba, generándose así una restricción del caudal.

No obstante, para que en un elemento de restricción se logre la condición de flujo máximo o restricción, mencionada anteriormente, es necesario que el cociente o relación entre la presión absoluta a la salida y a la entrada del elemento de restricción alcance un valor límite² dependiente de la naturaleza del gas (particularmente su coeficiente isentrópico), las condiciones termodinámicas (presión y temperatura) y la geometría del elemento; una vez alcanzada esta relación de presión (y por lo tanto el flujo crítico a través de la garganta del elemento) el caudal másico se mantendrá constante sin importar las condiciones aguas abajo de la restricción.

Considerando que los elementos para restricción de flujo deben ser seleccionados para operar con un medidor en particular, el cual posee un caudal máximo predefinido, se hace necesario establecer previamente cuál es el caudal máximo que puede obtenerse al desarrollarse el fenómeno de flujo crítico a través del elemento de restricción que será empleado en conjunto con el medidor.

De manera general este caudal puede ser establecido mediante dos métodos:

- Cálculo a partir de consideraciones teóricas y correlaciones basadas en resultados de experimentaciones documentadas.
- Caracterización experimental directa en laboratorio mediante mediciones de caudal para unas condiciones dadas de geometría y flujo.

Podría pensarse que si el caudal se determina mediante el segundo de los métodos mencionados (siendo este el método convencional para la determinación del caudal a través de elementos de flujo), no habría necesidad del primero y por lo tanto de ningún desarrollo teórico para explicar el fenómeno de flujo crítico. Sin embargo, esta condición solo es posible si el elemento es empleado exactamente a las mismas condiciones bajo las cuales se realizó la caracterización en laboratorio.

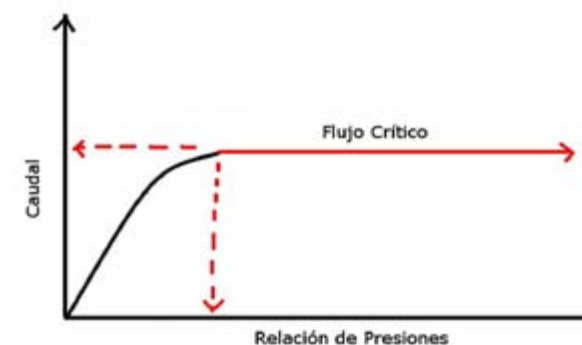


Figura 4. Fenómeno de Flujo Crítico

Considerando lo anterior, en la mayoría de aplicaciones prácticas, por razones técnicas o económicas es necesario usar elementos para restricción de flujo bajo condiciones de operación que difieren de las condiciones bajo las cuales se caracterizaron. Es aquí cuando la base teórica para la correlación de datos considerada para el primer método cobra relevancia.

Debido a la complejidad que podrían tener los modelos matemáticos al incluir las diferentes variables, es necesario hacer uso de consideraciones físicas y termodinámicas que permitan simplificar el modelo para permitir su uso práctico bajo la forma de una ecuación.

Para el caso particular del flujo crítico bajo condiciones ideales, es decir como un modelo simplificado, se asumen tres condiciones:

- El flujo es unidimensional
- El flujo es isentrópico
- El comportamiento del gas es ideal ($Z=1$)

Bajo estas condiciones el caudal de flujo crítico está dado por:

$$q_{mi} = \frac{p_0 a_* C_*}{\sqrt{\left(\frac{R}{M}\right) T_0}} \quad (\text{Ec. 1})$$

De acuerdo con la Ecuación 1 el caudal másico ideal-teórico (q_{mi}) es una función de las condiciones de presión (p_0) y temperatura de estancamiento³ (T_0), el área de flujo (a_*) y la constante de flujo crítica (C_*), la cual es una función adimensional exclusivamente dependiente de las propiedades del gas, que caracteriza las propiedades termodinámicas de un flujo isentrópico y unidimensional entre la entrada y el orificio o la garganta; de esta forma, cualquier cambio en

³ Las condiciones de estancamiento representan el valor que tomarían las propiedades de una corriente de flujo si el flujo fuera llevado a un estado de reposo mediante un proceso isentrópico.

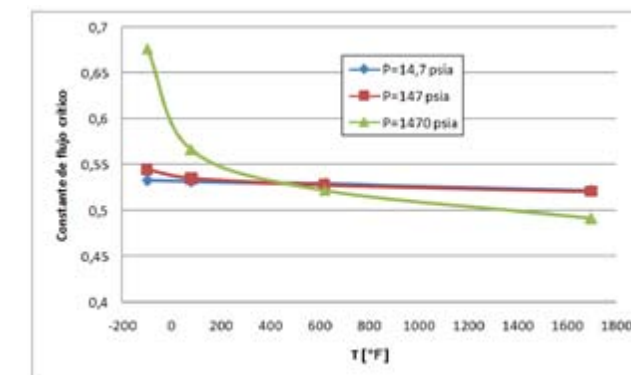


Figura 5. Variación en la constante de flujo crítico del aire en función de las condiciones de presión y temperatura

las propiedades del gas (real) tendrá un efecto significativo sobre la exactitud de los cálculos, como se puede observar en la Figura 5.

Por lo anterior, bajo condiciones reales, se requiere la adición de un factor adicional a la ecuación anterior, denominado “coeficiente de descarga” (C_d), el cual tiene en cuenta que el comportamiento del gas no es ideal, debido a que el flujo no es estrictamente unidimensional y que existen efectos asociados a la capa límite del fluido así como de fenómenos de flujo viscoso-compresible.

4. COEFICIENTE DE DESCARGA

La Ecuación 2 representa el caudal másico real (q_m), obtenido mediante la inclusión del coeficiente de descarga (C_d) a la Ecuación 1 que representaba el caudal másico teórico-ideal.

$$q_m = \frac{p_0 a_* C_* C_d}{\sqrt{\left(\frac{R}{M}\right) T_0}} \quad (\text{Ec. 2})$$

El coeficiente de descarga (C_d) se define comúnmente como la relación adimensional resultante del cociente el caudal real y el caudal teórico (gas ideal, no viscoso, flujo isentrópico, unidimensional). Por lo tanto, mediante la aplicación de este factor se espera corregir todas las inconsistencias que surgen entre las condiciones de flujo teóricas y reales, las cuales están presentes en el modelo teórico simplificado. No obstante, el coeficiente de descarga no puede compensar inconsistencias entre las condiciones bajo las cuales se determinó y las condiciones bajo las cuales es aplicado en la práctica y que a grandes rasgos tienen que ver con la necesidad de establecer una semejanza dimensional entre el modelo de laboratorio y la instalación en campo.

Algunos ejemplos comunes de este tipo de inconsistencias, y sus efectos en el coeficiente de descarga en elementos de flujo crítico son los siguientes:

1. El coeficiente de descarga puede variar si el perfil de velocidades de flujo y los efectos de capa límite resultantes de las condiciones aguas arriba en campo son diferentes a las usadas en el laboratorio.
2. El coeficiente de descarga puede afectarse por la presencia de películas de aceite o la deposición de contaminantes sobre la superficie del elemento de restricción de flujo como consecuencia de una inadecuada separación y filtración del gas.
3. El coeficiente de descarga puede sufrir modificaciones por variaciones geométricas relativamente pequeñas en la construcción y fabricación de los elementos de restricción de flujo en comparación a las especificaciones de diseño y tolerancias admisibles de los elementos evaluados en laboratorio, especialmente en los de menor tamaño.

La semejanza geométrica de un elemento para restricción de flujo juega un papel muy importante en el coeficiente de descarga, principal-

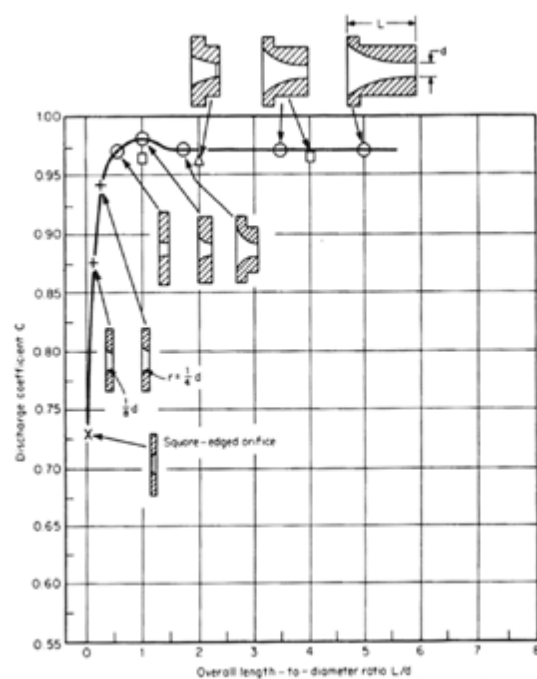


Figura 6. Variaciones del valor del coeficiente de descarga medio en función de la geometría del elemento de restricción de flujo (Tomado de [2])

⁴ La característica aquí mencionada para las toberas también aplica para el caso de los Venturis.

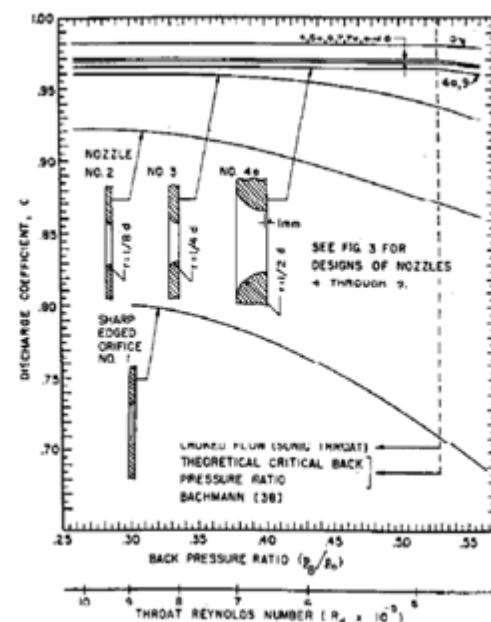


Figura 7. Variación del coeficiente de descarga en función de la relación de presión para diferentes diseños de elementos de restricción de flujo (Tomado de [2])

mente debido a la amplia variación en las condiciones de capa límite que se pueden generar de acuerdo con la geometría y diseños particulares empleados como elementos para restricción de flujo. Los efectos de la geometría sobre el coeficiente de descarga se pueden observar en la Figura 6.

También resulta interesante analizar la Figura 7 en la cual se puede observar no solo el efecto de la geometría sobre el coeficiente de descarga, sino también la aparición del fenómeno de flujo crítico una vez se alcanza la relación de presiones crítica citada en la sección 3. Un aspecto a resaltar tiene que ver con el desempeño de las toberas⁴ en comparación con las placas y tiene que ver con el hecho de que para las toberas una vez alcanzado el flujo crítico el coeficiente de descarga se mantiene constante sin importar las condiciones aguas abajo (disminución en la relación de presiones) del elemento de restricción de flujo. En el caso de las placas no se dispone del mismo comportamiento en el coeficiente de descarga, siendo este factor sensible con respecto a la variación de las condiciones aguas abajo.

Este último aspecto fue documentado inicialmente por Cunningham [3], quien estableció que en un sentido estricto, el flujo a través de una placa delgada nunca llega a ser completamente crítico, observándose un incremento gradual del caudal másico a través del orificio en la medida

en que disminuye la presión aguas abajo del mismo. No obstante la variación en el coeficiente de descarga para una placa delgada puede ser del orden de $\pm 6\%$ con respecto a la media de la variación, lo cual brinda una tolerancia apta para su uso como elemento limitador de caudal.

Así mismo, en la Figura 7 se observa que los coeficientes de descarga para toberas (y en general para los Venturis) son significativamente mayores (más cercanos a 1) a los de una placa delgada. Particularmente para una placa delgada, de bordes rectos y afilados (sharp edged orifice) el valor del coeficiente de descarga puede variar entre 0,71 y 0,80 aproximadamente, dependiendo de la relación de presiones, mientras que para las toberas es superior a 0,95⁵.

5. SELECCIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS DE RESTRICCIÓN DE FLUJO

5.1 Selección

Por ser elementos de un costo extremadamente bajo, dada la facilidad tanto de construcción como de ser verificados dimensionalmente para determinar si cumple con las dimensiones y tolerancias geométricas que avalen su uso por semejanza con respecto al modelo original caracterizado experimentalmente, los elementos de restricción de flujo más populares son los de tipo placa delgada de bordes rectos y afilados (orificio crítico).

A pesar de la variación del coeficiente de descarga de las placas delgadas con respecto a la relación de presiones analizada anteriormente, cuando se discutió la Figura 7, la principal desventaja de este tipo de elementos no se asocia a este aspecto, el cual es tolerable para propósitos prácticos, sino a la caída de presión permanente que se obtiene cuando entra en flujo crítico (limitando su caudal al valor máximo), dado que en flujo crítico esta pérdida puede llegar a ser del orden del 50% de la presión aguas arriba del elemento, generando a su vez un nivel de ruido elevado⁶.

⁵ En el caso de los Venturis, los coeficientes de descarga son aún mayores, pudiendo llegar a valores de hasta 0,995 en el caso de Venturis de una geometría fina, una transición suave entre la sección convergente y divergente y una fabricación cuidadosa (excelente acabado superficial).

⁶ Vale la pena aclarar que en condiciones normales de operación los elementos de restricción de flujo no operan bajo flujo crítico, es decir que la mayor parte de su operación transcurre bajo flujo subsónico, con una caída de presión permanente mínima. Solamente entran en flujo crítico cuando se alcanza el caudal máximo correspondiente a la relación de presiones crítica.

Comparativamente con respecto a las placas delgadas, las toberas y los Venturi de flujo crítico no ofrecen una caída de presión tan alta pudiendo llegar a ser de apenas un 15% en flujo crítico en el caso de los Venturis; este aspecto tiene que ver con una mejor y más eficiente recuperación de presión en la zona divergente. Claro está que la geometría curva de una tobera, y aún más, la de un Venturi no son fáciles de reproducir con fidelidad en un taller de mecanizado común. Aún más difícil es la caracterización dimensional y geométrica de los mismos elementos con el propósito de garantizar la semejanza respecto al modelo base sobre el cual se determinaron los coeficientes de descarga, especialmente para elementos de diámetros pequeños. Complementariamente, los costos por el material, el tipo de mecanizado y los acabados de las toberas son muy superiores a los de una placa delgada.

En conclusión, los tres tipos de elementos citados (placas, toberas y Venturis) están en capacidad de brindar una buena protección a los medidores, siendo las placas la solución más económica y los Venturis la más costosa, siendo las toberas un estadio intermedio en materia de costos. Las placas no deberían usarse en sistemas que de manera frecuente y prolongada van a estar sometidos a condiciones de flujo crítico, a menos que el proceso aguas abajo admita o tolere una alta caída de presión, en el mismo orden de ideas, en aquellos casos en los que la pérdida de presión sea un factor determinante para la selección, es mejor optar por una tobera o en caso extremo por un Venturi.

5.2 Diseño

Los aspectos relativos al diseño de elementos de flujo crítico pueden consultarse en las siguientes referencias:

- AGA Report No. 7 "Measurement of Natural Gas by Turbine Meter"
- ISO 9300 "Measurement of gas flow by means of critical flow Venturi nozzles"
- ANSI/ASME MFC-7M "Measurement of Gas Flow by Means of Critical Flow Venturi Nozzles"

Usualmente, los diámetros de orificios y gargantas en los elementos para restricción de flujo se diseñan para un caudal máximo que excede un 20% la capacidad máxima nominal del medidor (120%), esto debido a que los medidores mecánicos como turbinas y rotativos están en capacidad de soportar sobrecargas de flujo de esa magnitud, durante períodos de tiempo cortos y poco

frecuentes, sin generar daños o afectación significativa de su desempeño.

En el caso de las placas delgadas, es tan importante el apropiado diseño del diámetro del orificio como del espesor de la placa. En primer lugar, el espesor total de la lámina debe soportar estructuralmente la fuerza generada por la diferencia de presiones entre la entrada y la salida del elemento de restricción; si el espesor de la placa es insuficiente ésta se puede curvar hasta deformarse permanentemente, alabeándose en forma de cono truncado alrededor del orificio, con lo cual se perderían las características geométricas del elemento y por ende su caudal limitado de referencia. En segundo lugar, el espesor del orificio para una placa delgada no debe superar el valor límite de 0,125 en la relación entre el espesor del orificio y el diámetro del orificio, de lo contrario no puede considerarse como una “placa delgada” y por lo tanto los coeficientes de descarga no se van a ajustar a los modelos correspondientes, pasando a ser una placa gruesa o una tobera cilíndrica como se mencionó en las secciones precedentes. En estos casos se requiere obligatoriamente diseñar y maquinar un bisel en la cara aguas abajo de la placa como se muestra en la Figura 1 (derecha). El bisel se diseña de forma tal que el espesor del orificio sin biselar, alcance el valor necesario para cumplir con la relación de 0,125 citada.

El espesor total de la lámina usada para la construcción de placas delgadas depende del tamaño del medidor y del diámetro de la tubería sobre la cual se instalan, requiriéndose un mayor espesor para los tamaños de tubería más grandes. En la práctica, las láminas usadas para medidores desde 2” (DN 50) hasta 6” (DN150) -inclusive- son de un espesor típico de 3mm, mientras que en el caso de medidores de mayor tamaño pueden llegar a requerir espesores mayores a 10 mm (P. Ej. Para medidores de diámetros superiores a 16” (DN 400)).

5.3 Construcción

Uno de los aspectos más importantes en la construcción de los elementos de restricción de flujo es el diámetro del orificio o la garganta, el cual debe corresponder fielmente al diámetro obtenido mediante cálculo, para asegurar que cumpla bien su propósito como dispositivo limitador de caudal, protegiendo adecuadamente el medidor.

En la construcción de las placas se debe tener especial cuidado con la calidad del borde de ata-

que del orificio; este borde debe ser recto (90°) y además debe caracterizarse por poseer filo, es decir que el borde no sea romo, de lo contrario no se obtendría un coeficiente de descarga equivalente al de los estudios que lo soportan, siendo posible que el caudal máximo a través del orificio aumente. Otros aspectos relevantes en la construcción tienen que ver con garantizar que las placas sean completamente planas y que su superficie sea lisa.

Los elementos para restricción de flujo tipo placa generalmente se fabrican en acero inoxidable 304. Por otra parte, las toberas y los Venturis se fabrican usualmente en acero inoxidable 316 dado que este material brinda la posibilidad de obtener mejores acabados superficiales a través de procesos de pulido.

En el caso de las placas, generalmente se suelda un asta, visible luego de su instalación entre bridas, sobre la cual se graban aspectos relevantes a la misma, tales como el diámetro del orificio, el caudal máximo, el material de fabricación, una identificación para determinar su correcta orientación con respecto al flujo (bisel aguas abajo), un registro de identificación o “TAG”, entre otros.

Al finalizar por completo su construcción, todos los elementos para restricción de flujo deben someterse a una inspección dimensional con el fin de determinar si los aspectos geométricos característicos tales como los diámetros de orificio o garganta, espesores, biseles y curvaturas, entre otros, cumplen con las condiciones del modelo original y satisfacen rigurosamente los criterios de semejanza dimensional y que por lo tanto están en capacidad de reproducir fielmente el caudal máximo bajo condiciones de flujo crítico, asegurando una completa protección del medidor.

Dependiendo de las circunstancias, si un elemento de restricción no satisface los requisitos de semejanza dimensional citados anteriormente, es necesario que sean sometidos a pruebas de laboratorio para establecer sus condiciones de desempeño características y particulares.

6. Instalación y uso de elementos para restricción de flujo de gas

A continuación se presentan algunos aspectos relevantes a tener en cuenta con respecto a la instalación y uso de elementos para restricción de flujo de gas:

- Todos los elementos de restricción, independientemente de su diseño, forma o naturaleza se deben instalar aguas abajo del medidor, nunca aguas arriba.
- En el caso de las placas delgadas que requieran bisel para cumplir con la relación entre el espesor y el diámetro del orificio, el bisel debe apuntar aguas abajo.
- Típicamente los elementos para restricción de flujo de gas se instalan entre un par de bridas, considerando sus respectivos empaques para asegurar la hermeticidad del sistema.
- Las toberas y los Venturis son elementos robustos que dependiendo del diámetro de la tubería pueden llegar a tener un peso elevado; por esta razón se debe considerar la instalación de soportes adecuados para evitar transmitir esfuerzos y causar deformaciones a la tubería y al medidor.
- En el caso de los medidores tipo turbina, los elementos para restricción de flujo deben localizarse a una distancia mínima de 5 diámetros nominales de tubería, medidos aguas abajo de la brida de salida del medidor.
- En el caso de los medidores rotativos y de aquellas instalaciones de medidores tipo turbina diferentes a la recomendada en [1] (que no cuentan con un tubo de medición aguas abajo del medidor), los elementos de restricción de flujo no deben instalarse directamente acoplados al medidor. Una instalación directa al medidor rotativo facilitará la acumulación de polvo, suciedad y residuos entre el elemento de restricción, las cámaras internas del medidor y los lóbulos, facilitando la generación de fallas por atascamiento. Por

otra parte, en el caso más extremo de instalación, las turbinas pueden requerir aguas abajo de una distancia mínima (P. Ej. 2D) o un accesorio libre (P. Ej. un codo), aunque en este aspecto es necesario consultar las recomendaciones específicas de cada fabricante.

- Es conveniente hacer inspecciones periódicas internas del elemento de restricción. Esto con el fin de evaluar si sus características geométricas y dimensionales no han variado (P. Ej. Filo del borde de ataque, variación del diámetro de la garganta, rugosidad superficial, etc.). También para verificar que no se ha atrapado ningún material extraño y que está en óptimas condiciones de limpieza. Una práctica recomendada es hacer seguimiento a la operación del medidor (caudal) y a la caída de presión a través del elemento de restricción para evaluar si es necesario ampliar de capacidad el sistema de medición.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] American Gas Association, AGA Report No. 7, Measurement of Natural Gas by Turbine Meter, 2006
- [2] Arnberg, B.T., Review of Critical Flowmeters for Gas Flow Measurements, ASME Journal of Basic Engineering, 1962
- [3] Cunningham, R.G., Orifice Meters with Supercritical Compressible Flow, Trans. ASME, Vol. 73, pp. 625-638, 1951
- [4] ISO 9300:2005 Measurement of gas flow by means of critical flow Venturi nozzles, 2005