

REGULADORES DE PRESIÓN

Ing. José Gregorio Rendón

Los reguladores de presión son aparatos de control de flujo diseñados para mantener una presión constante aguas abajo de los mismos. Este debe ser capaz de mantener la presión, sin afectarse por cambios en las condiciones operativas del proceso para el cual trabaja. La selección, operación y mantenimiento correcto de los reguladores garantiza el buen desempeño operativo del equipo al cual provee el gas.

Los reguladores reductores de presión son equipos de control de flujo diseñados para mantener una presión constante aguas abajo de ellos, independientemente de las variaciones de presión a la entrada o los cambios de requerimientos de flujo. La "carcaza" y los mecanismos internos que componen un regulador, automáticamente controlan o limitan las variaciones de presión a un valor previamente establecido.

Existen diferentes, marcas, estilos y aplicaciones para la industria del Gas Metano. Algunos tipos están constituidos por contenedores autocontrolados que operan midiendo la presión de línea y manteniéndola en el valor fijado, sin necesidad de fuentes externas de energía. Otros modelos requieren de una fuente externa para ejecutar su función de control de la presión.

Este suplemento muestra los principios de funcionamiento de los reguladores de Gas Metano, sus dos grandes grupos: los "auto-operados" y los "pilotados"; así como información importante que facilitará la selección del equipo ideal para cada aplicación.

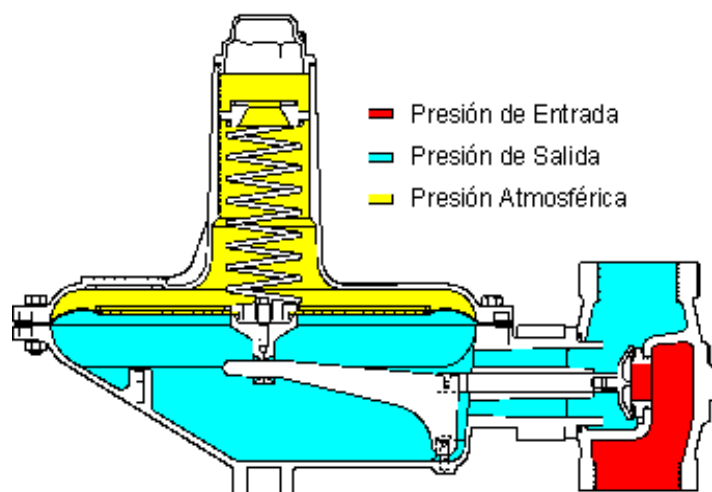


Fig 1 Regulador de Presión

Funcionamiento de los reguladores de presión

Un regulador básicamente es una válvula de recorrido ajustable conectada mecánicamente a un diafragma. (Ver figura 1). El diafragma se equilibra con la presión de salida o presión de entrega y por una fuerza aplicada del lado contrario, a la cara que tiene contacto con la presión de salida. La fuerza aplicada del lado opuesto al diafragma puede ser suministrada por un resorte, un peso o presión aportada por otro instrumento denominado piloto.

El piloto es, por lo general, otro regulador más pequeño o un equipo de control de presión. (En el caso de la figura 1, aparte de la carga del resorte, existe la presión ejercida por el aire (presión atmosférica)).

Para comprender el funcionamiento de los reguladores, la figura 2 muestra un diagrama esquemático de regulador auto-operado.

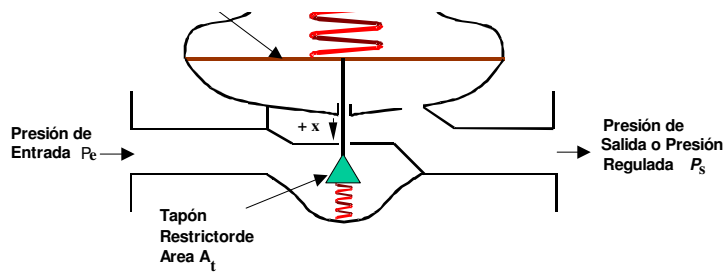


Fig 2 Regulador de Presión Auto-Operado

Los reguladores auto-operados funcionan bajo el principio de equilibrio de fuerzas. Esencialmente, las fuerzas aplicadas en la zona de alta presión (P_e), aguas arriba, se equilibran o balancean con las fuerzas de la zona de baja presión (P_s), aguas abajo. Este equilibrio de fuerzas es causado por la distribución de la energía (presión) en áreas desiguales, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$F = P \cdot A \quad (\text{EQ.1})$$

donde;

F = Fuerza (Lbf) ó (Nw)

A = Área (in²) ó (m²)

P = Presión (Lbf/in²) ó (Kpa)

De acuerdo a esto (EQ.1), la fuerza que actúa en la zona de baja presión, se distribuye en una superficie más grande que la fuerza que se aplica en la zona de alta presión. Debido a la diferencia de áreas se logra el equilibrio entre ambas zonas (EQ.2).

$$F_1 \cdot A_1 = F_2 \cdot A_2 \quad (\text{EQ.2})$$

La fuerza a la entrada puede ser considerada como fuerza de apertura, la cual se balancea a su vez con la fuerza de cierre. Para ajustar la presión aguas abajo, se introduce una tercera fuerza en la ecuación, esta fuerza es llamada fuerza de control, ejercida por un resorte o artefacto que suministra una presión o energía adicional. En el caso del regulador esquemático la fuerza de control la suministra un resorte y se considera como parte de la fuerza de apertura. El equilibrio matemático de fuerzas se expresaría de la siguiente manera:

$$F_{\text{entrada}} + \text{Fuerza}_{\text{resorte}} = F_{\text{salida}} \quad (\text{EQ.3})$$

El equilibrio de fuerzas de apertura y cierre de la válvula reguladora se lleva a cabo mientras el equipo opera en estado de flujo estable. Con base en las ecuaciones 2 y 3, se reconoce que si la presión de entrada permanece constante los cambios en la presión de salida son compensados por cambios en la fuerza que aplica el resorte, logrando así el balance.

La fuerza ejercida por el resorte se expresa con la siguiente ecuación, conocida como "Ley de Hooke".

$$F = -K \cdot X \quad (\text{EQ.4})$$

donde;

F = Fuerza (Lbf) ó (Nw)

K = Constante de elasticidad del resorte (Lbf/in) o (Nw/m)

X = Deformación del resorte, (in) ó (m)

A medida que el vástago de la válvula reguladora se desplaza el resorte se deforma, cambiando de esa manera la fuerza ejercida por el resorte. Los cambios en la fuerza suministrada por el resorte significan cambios en la presión de entrega.

Elementos que componen un regulador

En esencia un regulador está compuesto por tres elementos:

1. **Elemento restrictor:** orificio de la válvula y tapón.
2. **Elemento de medida o sensor:** diafragma y conductos o tubing.
3. **Elemento de Carga:** Resorte, gas comprimido o gas regulado suministrado por un piloto.

Un regulador típico es una válvula de globo en la cual el vástago se mueve por la interacción de un diafragma. El vástago es solidario al diafragma y su cambio de posición es transferido al vástago, modificando el área de la sección transversal que

atraviesa la corriente de flujo. El movimiento del diafragma está "limitado" o "controlado" por un resorte que actúa del lado opuesto al área que sensa la presión de entrega o presión a controlar. La presión de entrada actúa sobre el área proyectada del tapón.

Para alcanzar el balance de fuerzas, el área del diafragma debe ser mayor que el área proyectada del tapón. En el diseño y fabricación de reguladores, la relación de superficies diafragma/tapón es un factor muy importante para determinar la precisión y sensibilidad del equipo.

Tipos de Reguladores-Características

Existen dos (2) grandes categorías de reguladores: los auto-perados y los pilotados o accionados con fuentes externas:

1.) Reguladores Auto-Operados: la principal característica de los reguladores auto-operados es que disponen de menos partes móviles. La particularidad de contar con un resorte como único ajuste en la presión de entrega le confiere una ventaja en las labores de operación y mantenimiento, sin embargo esta simplicidad presenta desventajas operativas:

- Desbalance:** De acuerdo a la Ecuación 3 al incrementar la fuerza del resorte se aumenta el nivel de presión a la salida. Un cambio en la presión de entrada también afecta la presión de salida. Ello se debe a la relación existente entre el área del diafragma y el área tapón-orificio. (Por ejemplo una variación de 100 psig. en la presión de entrada, en un regulador cuya relación área diafragma/área tapón-orificio sea de 100:1, significa una variación en la presión de entrega de 1 psig).
- Decaimiento de presión:** Es el cambio en la presión de salida por efecto del desplazamiento del vástago. En equilibrio, cuando el regulador está cerrado, el resorte imprime una fuerza de acuerdo a la Ley de Hooke (ecuación 4). A medida que el vástago de la válvula se desplaza, el resorte se deforma, modificando la fuerza que transmite al diafragma. Los cambios en la fuerza que imprime el resorte, implican a su vez cambios en la presión de salida. Si la fuerza del resorte a lo largo del recorrido del vástago permaneciera constante, no se presentaría el efecto de decaimiento de presión. Este efecto es de particular relevancia en servicios de alta presión donde se requieren resortes de alta resistencia. En estos casos el fabricante ofrece una variedad de rangos, donde debemos seleccionar aquel que implique menos deflexión del resorte para el nivel de presión de entrega a regular.
- Error de medición:** De acuerdo a las características internas del regulador, existe una determinada caída de presión a lo largo del recorrido del fluido por los ductos internos del equipo. Esta caída interna de presión se incrementa a medida que crece el caudal que fluye por el artefacto. Los cambios internos de presión, por efecto del flujo, causan inexactitudes en la medición de la presión de salida por parte del diafragma, variando la presión de ajuste del regulador.
- Recuperación de Presión:** Cuando un regulador abre completamente, requiere de una fuerza adicional que devuelva el vástago a su posición original o de cierre hermético. Esa fuerza adicional es suministrada por la presión de entrada y por otro resorte (reten). En ambos casos la fuerza de retorno implica una fuerza de entrada adicional que afecta la presión de salida. El efecto es importante cuando el requerimiento de flujo es inestable y no se desean cambios en la variación de la presión de entrega.

(En la figura 3 se ilustra gráficamente el comportamiento de un regulador con la representación de los efectos explicados anteriormente).

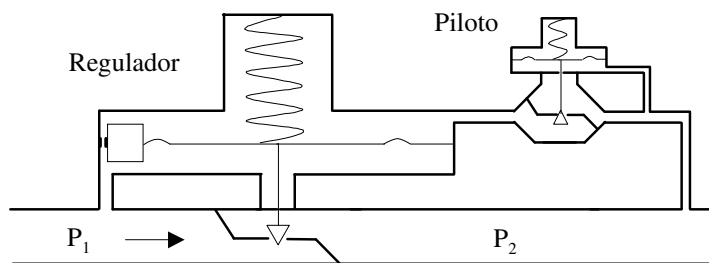


Fig. 3. Curva Típica de Desempeño de un Regulador

Estos efectos son considerados en el diseño de un regulador y debe buscarse su compensación a la hora de seleccionar el equipo apropiado para cada caso. (Por ejemplo, seleccionando el resorte con un rango de operación cercano al margen de trabajo práctico podemos lograr que el decaimiento no sea muy alto y que este, a su vez, contribuya a que la recuperación de presión y no afecte en gran medida la presión de entrega. No obstante, cuando el proceso exige márgenes muy cortos de variación se recomienda el uso de reguladores pilotados).

2.) Reguladores Pilotados: los reguladores pilotados están conformados por un pequeño regulador, o piloto, que es utilizado como control del regulador principal (Fig. 4). El piloto, amplificador o multiplicador tiene la habilidad de traducir los pequeños cambios en la presión aguas abajo, en grandes cambios aplicados sobre el instrumento de medida (diafragma).

El incremento relativo en la presión de salida del piloto versus el cambio en la presión de entrega del regulador principal se le

denomina ganancia. (Por ejemplo, si el cambio de 1psig. en la presión de ajuste del regulador principal significa un cambio de 10 psig en la presión de salida del piloto, quiere decir que el piloto tiene una ganancia de 10).

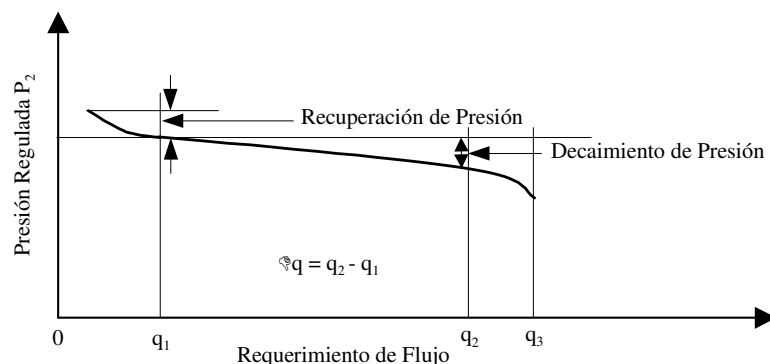


Fig. 4. Esquemático de un regulador pilotado.

El fenómeno de ganancia le confiere al regulador pilotado su exactitud. (Por ejemplo, un regulador que tenga un decaimiento de presión del 10 psig, con apertura completa, si se le adiciona un piloto con una ganancia de 20, el decaimiento se convierte en $10/20 = 0,5$ psig.).

Una alta ganancia del piloto permite el movimiento rápido del vástago, desde el nivel de completamente cerrado a completamente abierto, con el mínimo cambio de presión aguas abajo; permitiendo una regulación más precisa dentro del margen de flujo.

El incremento en la sensibilidad del piloto y la reducción del decaimiento de presión es una ventaja relativa. La ganancia del piloto incrementa sensibilidad, causando el incremento de la ganancia de todo el sistema. Esto puede causar inestabilidad en lazos de regulación o regulaciones en serie, manifestándose como fluctuaciones periódicas o golpeteo al más mínimo cambio de presión en el sistema. Una ganancia muy pequeña resulta en una respuesta lenta del regulador, la cual se manifiesta como variaciones por defecto o exceso de la presión de entrega.

Para garantizar una correcta operación, el piloto debe ser configurado y seleccionado acorde con el regulador principal. Las conexiones y elementos de medición de presión deben tener un arreglo que permita el control y ajuste de la presión de entrega adecuadamente, es decir, se debe contemplar la instalación de orificios o válvulas de aguja, así como válvulas de alivio o de cierre rápido. Los primeros permitirán la puesta a punto en campo del equipo y los segundos protegerán el sistema en caso de fallas.

El piloto, por lo general, es un regulador pequeño y económico, comparado con el regulador principal. Esto permite una gran flexibilidad para ajustar parámetros que afectan el desempeño del sistema. Modificando el piloto se puede adaptar el regulador principal a las condiciones específicas de nuestro proceso. (Por ejemplo, la sensibilidad puede ser ajustada cambiando el orificio del piloto, el resorte del piloto, el diafragma, las conexiones o tubos que sensan la presión e incluso hacer cambios en el regulador principal acorde con los cambios del piloto). Existen muchas opciones y arreglos en reguladores pilotados y al manejar sistemas de regulación en serie o paralelo, la gama de alternativas para eliminar cualquier problema o desajuste es bastante amplia.

Consideraciones finales

La selección de un regulador, como en la mayoría de los equipos, esta ligado a consideraciones económicas, de operación y mantenimiento. El énfasis que se haga para definir con exactitud el requerimiento de presión y flujo del proceso, así como los márgenes de variación posibles y su impacto en la producción, es el primer paso para garantizar una buena elección.

Estos equipos, si se seleccionan adecuadamente, pueden operar por muchos años sin acarrear grandes costos de mantenimiento, pero la falla de uno de ellos puede significar la parada del equipo que alimenta, de un tren de producción o la parada de la planta en su totalidad. Por eso es importante tomar las previsiones en la instalación a fin de contar con desvíos o by-pass que permitan realizar labores de mantenimiento o recambio sin afectar la continuidad de flujo. También es aconsejable contar con repuestos a la mano de las partes susceptibles a daño, tales como: diafragma, carcasa, resortes, etc. y dependiendo de la criticidad del proceso otro regulador de reemplazo.

Dirección del correo electrónico del autor, José Gregorio Rendón: mmr1@telcel.net.ve

Fuente

COULTER JOHN, "Fundamental Principles of Pilot Operated Regulators". Grove Valve and Regulator Co. Oakland, California.

CRABTREE GILES, "Fundamental Principles of Self-Operated Regulators" American Meter Company, Philadelphia, Pennsylvania.

Para obtener mayor información sobre este tópico, puede comunicarse directamente con la Superintendencia de Asistencia Técnica Especializada de PDVSA-Gas, por los teléfonos: (041) 506.820 (041) 506.940 (041) 506.815 (041) 506.885