

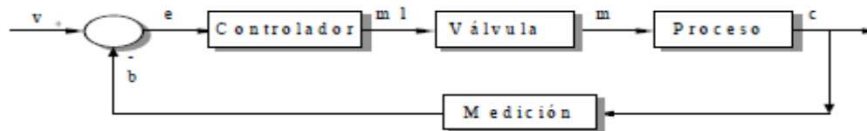
UNIDAD 10 - Parte 1

VÁLVULAS DE CONTROL

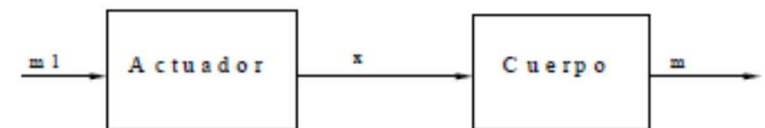
INTRODUCCIÓN

La válvula es un elemento final de control, ya sea automático y/o manual. Realiza la función de variar el caudal del fluido de control (líquido, gaseoso o vapor), que modifica a su vez el valor de la variable controlada, comportándose como un orificio de área continuamente variable.

De los elementos de un lazo de control, es el que mayor cantidad de energía maneja. En la siguiente figura podemos ver el diagrama en bloques de un lazo convencional de control.

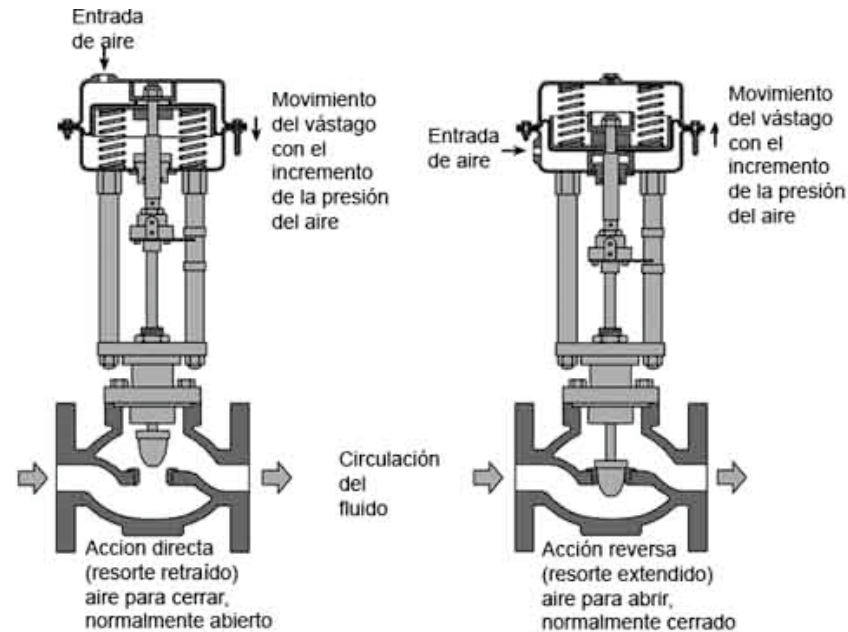
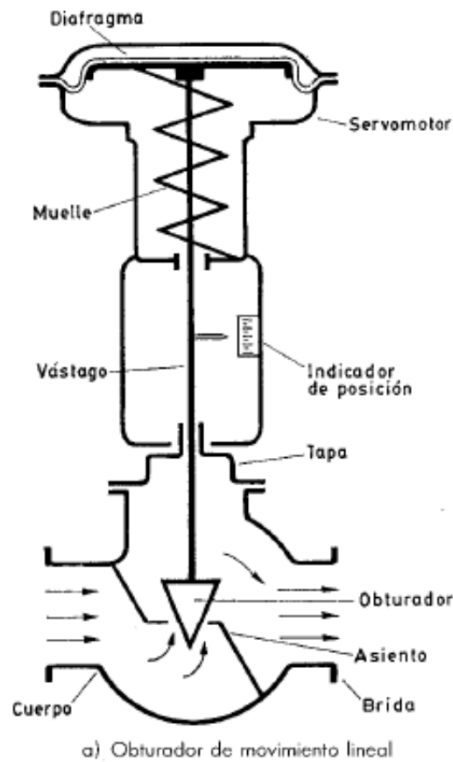


- m_1 : señal de entrada al llamado indistintamente actuador, servoactuador o servomotor de la válvula (normalmente una señal de 3 a 15 psig. Esta a su vez proviene de un convertidor I/P que recibe una señal de 4 a 20 mA del controlador.
- m siempre será un caudal a través del cuerpo de la válvula inserta en el proceso.



Donde x : l(carrera) o grados(rotación)

COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL



Debemos tener en cuenta las posibles acciones previstas para el actuador ante falla o falta de señal:

- Que la válvula cierre- FC (fail close)
- Que la válvula abra- FO (fail open)

Esto tiene relación directa con el proceso donde la válvula está inserta, la acción debe ser tal que la planta o circuito donde se encuentra vaya a condición segura ante falta de señal.

COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

• ACTUADORES

▪ CLASIFICACIÓN

1. A DIAFRAGMA Y RESORTE

$$(m_1 - m_0) * A = k * x$$

donde:

- m_1 = señal de entrada medida en psi.
- m_0 = 3 psi al que corresponde un $x = 0$.
- A = área del diafragma.

➤ *Fuerzas de Inercia*

$$Fn = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}}$$

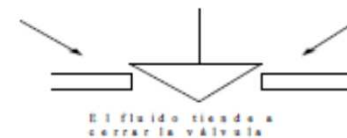
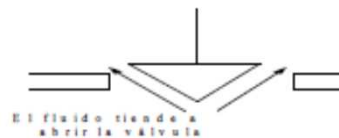
Donde:

- k = constante del resorte.
- M = masa.

Lo deseable es que $Fn > 25$ ciclos/seg.

➤ *Fuerzas Estáticas de Fricción:* Debido a la fricción (ajuste) de la empaquetadura

➤ *Fuerzas Dinámicas:* Debido a las fuerzas ejercidas por la circulación del fluido.



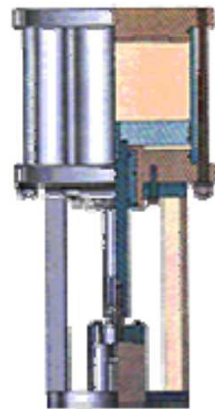
COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

- ACTUADORES

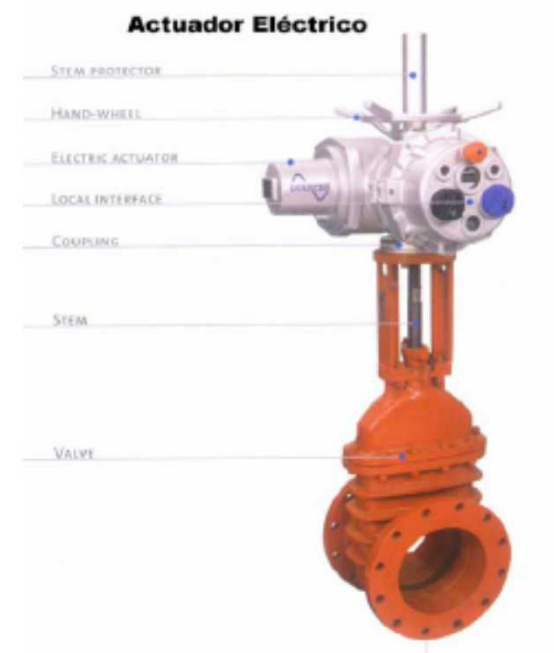
Actuador a Diafragma



Actuador a Pistón



Actuador Hidráulico



COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

• VALVULAS - CUERPOS

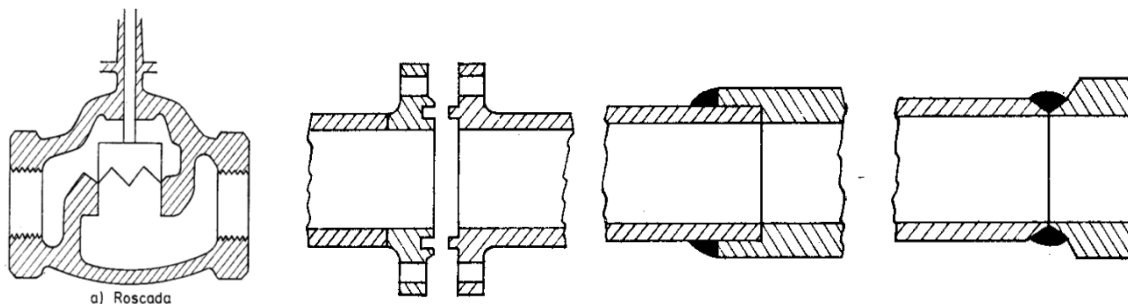
El cuerpo de la válvula debe resistir la temperatura y presión del fluido sin pérdidas, tener un tamaño adecuado para el caudal que debe controlar y ser resistente a la erosión o corrosión producida por el fluido .

Las conexiones pueden ser

- a) Roscadas hasta 2"
- b) Bridadas (planas, con resalte, machihembradas)
- c) Soldadas (con encaje hasta 2" o con soldadura a tope desde 2 1/2" en adelante)



Materiales: hierro, acero, acero inoxidable, y en ciertos casos cuando los fluidos son muy corrosivos o están sometidos a altas temperaturas (1100°C), pueden ser de monel (Cobre+Niquel), hastelloy B o C (aleación de Cobalto, Cobre, Niquel y Molibdeno)



COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

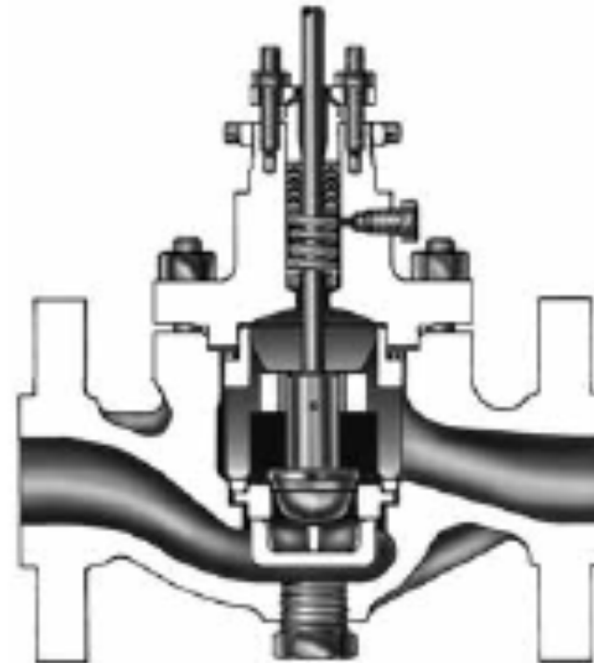
- VALVULAS – CUERPOS

- 1) Válvula Tipo Globo simple asiento

Es una de las válvulas más usadas. En su interior se encuentra el obturador unido al eje. La distancia entre el obturador y el asiento son quienes regulan (modulan) el caudal $m(t)$.

En este tipo de válvulas, mecanizando la forma del obturador conseguimos las diferentes características inherentes de las válvulas de control.

La forma de modular el caudal, es lo que determinará la característica inherentes a la válvula.

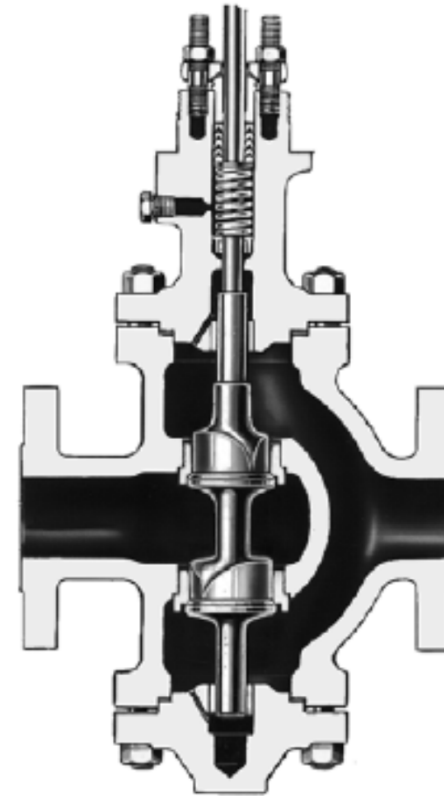


COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

- VALVULAS – CUERPOS

- 2) Válvula Tipo Globo doble asiento

Es una de las válvulas que tiene balance dinámico, pero tiene más pérdidas en el cierre

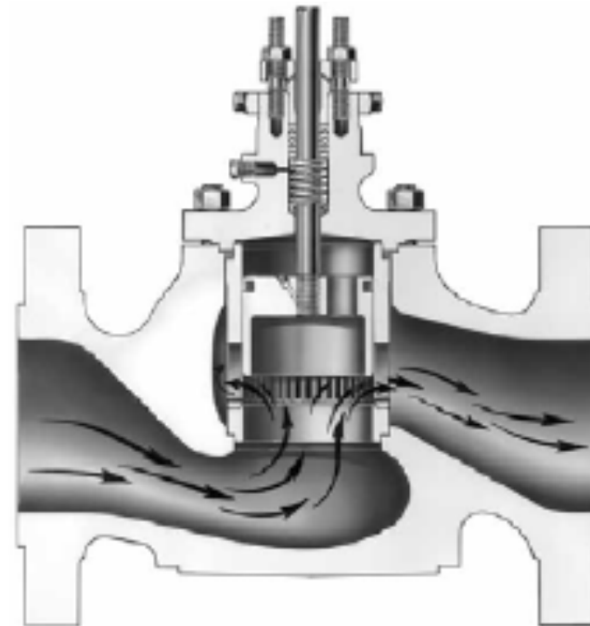


COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

- VALVULAS – CUERPOS

- 3) Válvula Tipo Jaula

Este tipo de válvula, también permite conseguir diferentes características, dependiendo de las formas de las aberturas de la jaula



COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

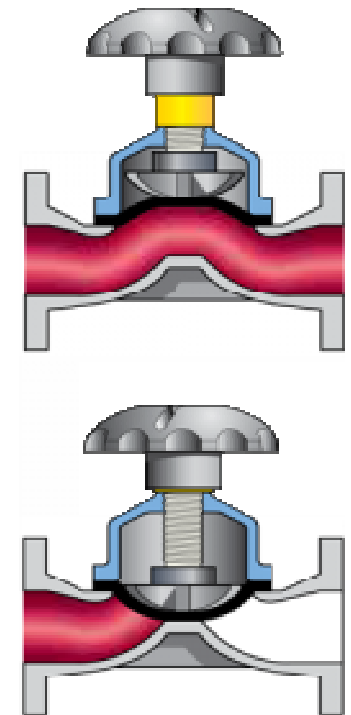
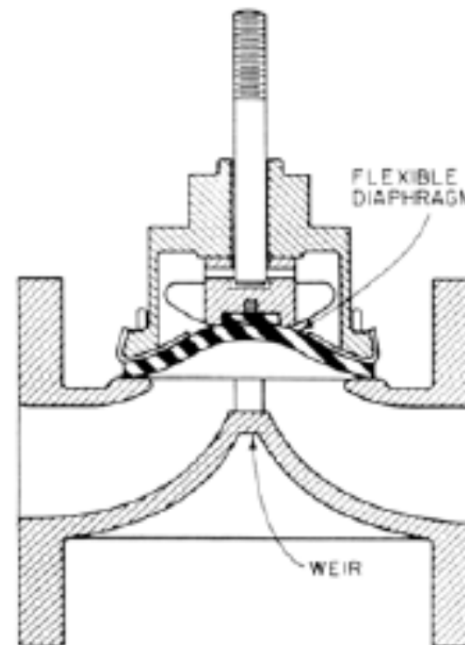
- VALVULAS – CUERPOS

- 4) Válvula Tipo Saunders

Este tipo de válvula permite que su cuerpo se pueda revestir de goma y trabaje en ambientes corrosivos.

El obturador permite trabajar en procesos químicos o minería., fluidos corrosivos, fluidos contaminados con sólidos en suspensión.

El inconveniente es que deben trabajar con servomotores muy potentes



COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

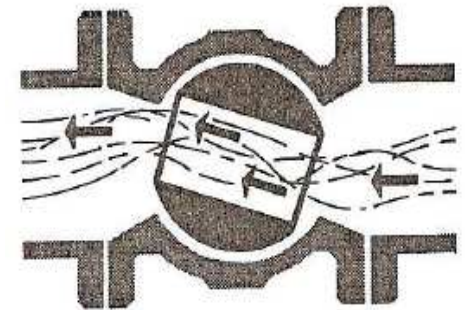
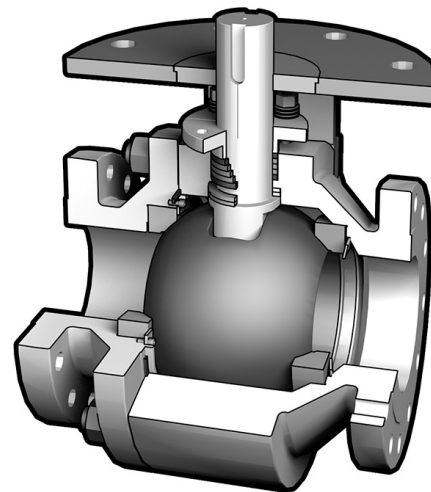
- VALVULAS – CUERPOS

- 5) Válvula Tipo esférica o de bola

El obturador es una esfera con un orificio en el centro.

Este tipo de válvula tiene las siguientes ventajas:

- a.- Cierre estanco.
- b.- Alto Caudal
- c.- Sistema de alta presión de entrada.
- d.- Elevada pérdida de carga admisible
- c.- Permite trabajar con fluidos con sólidos en suspensión



Typical ball valve in throttling position.

COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

- VALVULAS – CUERPOS

- 6) Válvula Tipo Mariposa

El obturador es clapeta giratoria. La válvula tiene su cierre hermético sobre un anillo de goma encastrado en el cuerpo de la válvula.

Normalmente son accionadas por un servomotor externo.

Este tipo de válvula tiene las siguientes ventajas:

- a.- Cierre estanco.
- b.- Alto Caudal
- c.- Son válvula todo o nada (90°)



COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

- VALVULAS – CUERPOS

- 7) Otros tipos de movimiento lineal

- Válvulas de Compuerta

- Válvulas en Y

- Válvulas de tres vías o mezcladoras

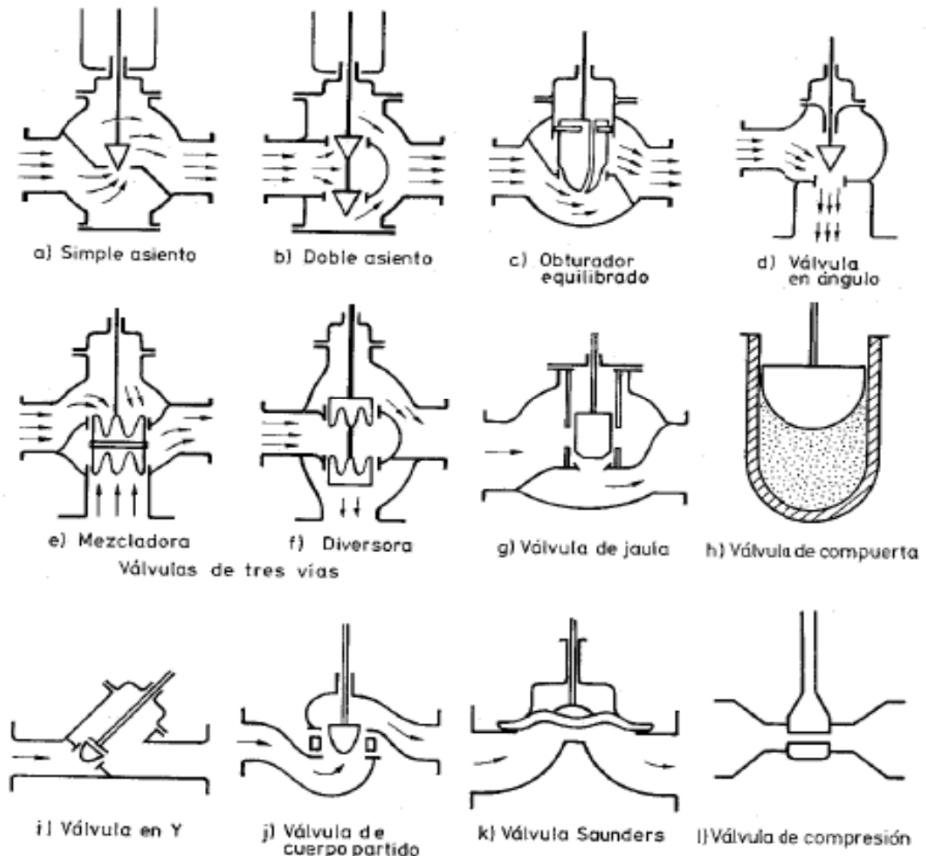
- Válvula de cuerpo partido

- Válvula de compresión

- Válvula de ángulo

- Otras

OBTURADORES DE MOVIMIENTO LINEAL



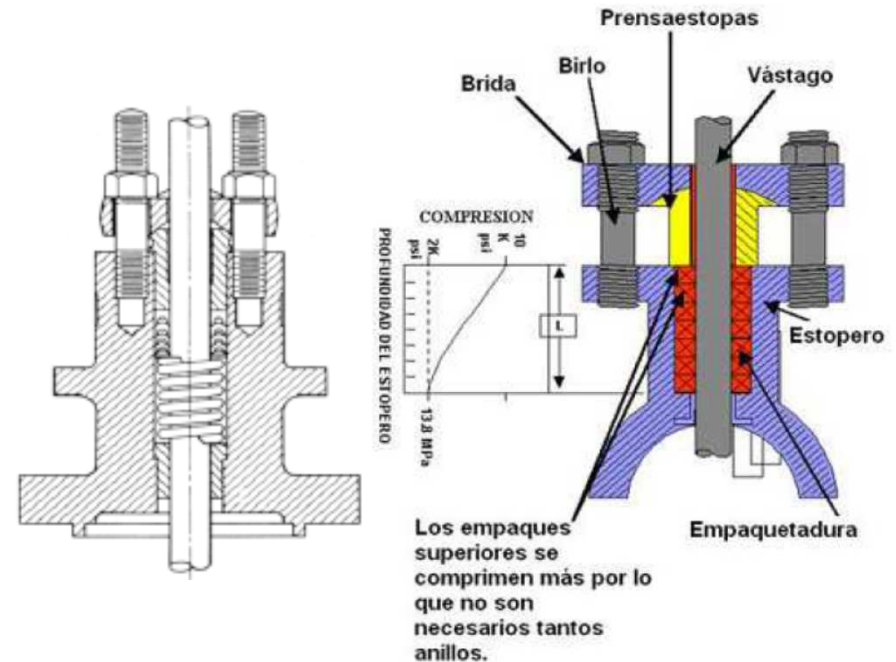
COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

• TAPA DE LA VÁLVULA

La tapa de la válvula de control tiene por objeto unir el cuerpo al servomotor. A través de ella se desliza el vástago del obturador accionado por el motor. Este vástago generalmente dispone de un índice porcentual (entre una pulgada a una pulgada y media) que señala en una escala la posición entre la apertura y el cierre de la válvula.

Para que el fluido no se escape a través de la tapa y el contorno del vástago, es necesario disponer de una caja de empaquetadura. La empaquetadura que se utiliza normalmente es de teflón, cuya temperatura máxima de servicio es de 220 °C.

El conjunto más común suele ser de aros de teflón de sección en V, comprimidos con un resorte y tiene la ventaja de que el teflón es autolubrificante y no necesita engrase.

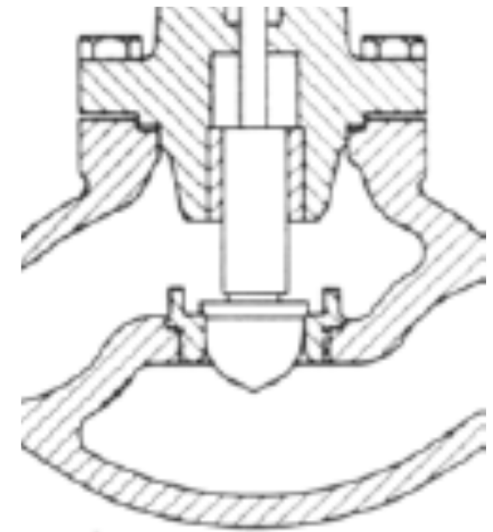


COMPONENTES DE UNA VÁLVULA DE CONTROL

- **CONJUNTO ASIEN TO - OBTURADOR**

Como partes internas de la válvula se consideran generalmente las piezas metálicas internas desmontables que están en contacto directo con el fluido. Estas piezas son: el vástago, la caja de empaquetadura, el obturador y el asiento. Hay que señalar que el conjunto asiento - obturador constituyen el “corazón de la válvula” al controlar el caudal, gracias al orificio de paso variable que forman al variar su posición relativa.

Ambos se fabrican normalmente de acero inoxidable, porque este material es muy resistente a la corrosión y a la erosión del fluido.

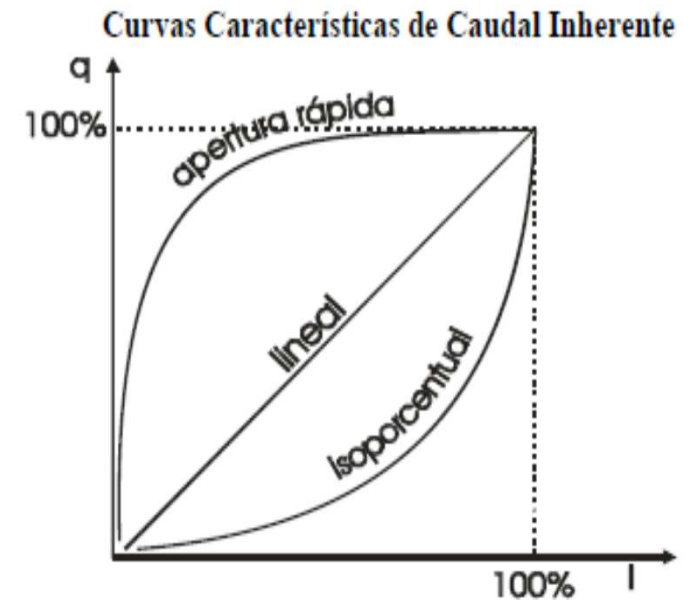


CURVAS CARCATERÍSTICAS DE LAS VÁLVULAS DE CONTROL

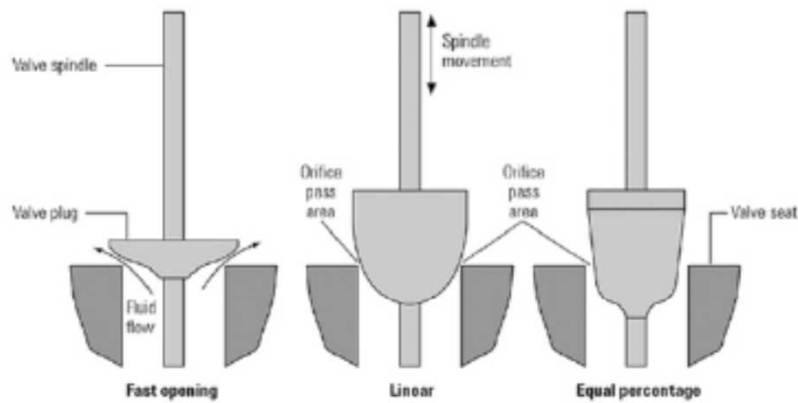
El conjunto asiento - obturador determina la característica de caudal de la válvula, es decir, la relación que existe entre la posición del obturador respecto del asiento determina la forma en que pasa el fluido a través de la válvula.

La característica de un **fluido incompresible** fluyendo en condiciones de **presión diferencial constante** a través de la válvula se denomina "característica de caudal inherente", y se representa usualmente considerando como abscisas la carrera del obturador de la válvula y como ordenadas el porcentaje de caudal máximo a una presión diferencial constante.

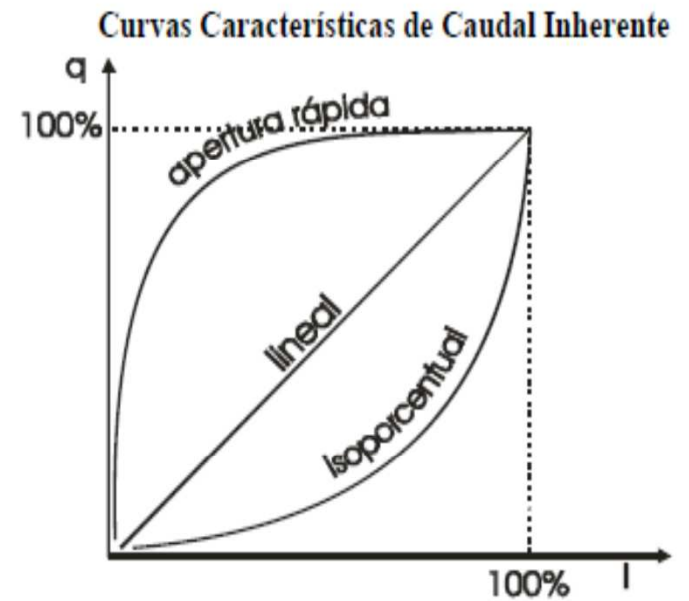
Las curvas características más significativas son: la de apertura rápida (o quick-opening), la lineal y la isoporcentual, siendo estas dos últimas las más importantes a los efectos del control regulatorio, estando la primera orientada al control tipo todo - nada.



CURVAS CARCATERÍSTICAS DE LAS VÁLVULAS DE CONTROL



Mecanizado de asiento obturador de válvula globo de simple asiento



CURVAS CARCATERÍSTICAS DE LAS VÁLVULAS DE CONTROL

1.- Válvulas con Obturador con característica LINEAL

En este tipo de válvulas el caudal es directamente proporcional a la carrera de la válvula (apertura).

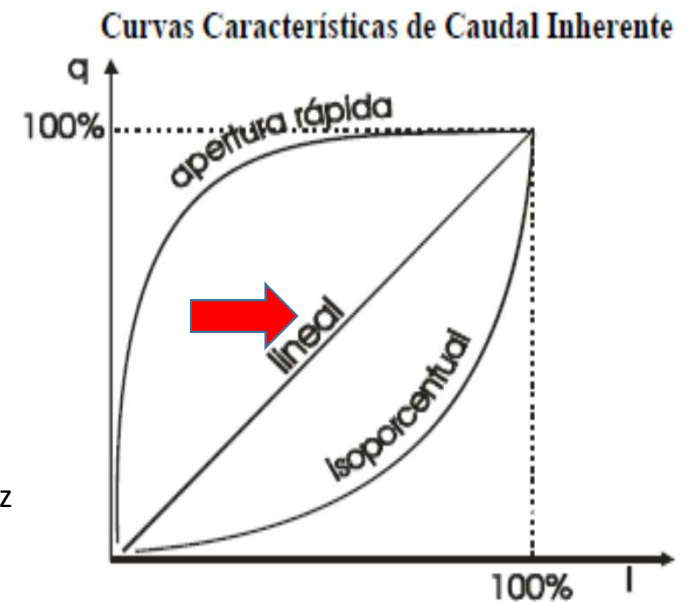
$$q = k \cdot l$$

q = caudal ($\Delta P = \text{ctte}$)
 k = constante
 l = carrera de la válvula

1.1.- CONCEPTO DE RANGEABILIDAD:

La rangeabilidad es el campo de control de caudales que la válvula es capaz de regular manteniendo la curva característica inherente. Para una válvula lineal esta relación de caudales es de 15: 1 o 30: 1.

$$R = \frac{q_{\text{máx que se puede controlar}}}{q_{\text{mín que se puede controlar}}}$$



CURVAS CARCATERÍSTICAS DE LAS VÁLVULAS DE CONTROL

2.- Válvulas con Obturador con característica ISOPORCENTUAL

En este tipo de válvulas a cada incremento de la carrera del obturador, se produce un cambio en el caudal, que es proporcional al caudal que fluía antes de la variación.

La representación gráfica de una válvula con característica ISOPORCENTUAL, se caracteriza porque al principio de la carrera la variación del caudal es pequeña y al final con pequeños incrementos de la carrera se traduce en grandes variaciones de caudal.

El término ISOPORCENTUAL justamente significa que por cada incremento porcentual de la carrera, se produce el mismo incremento porcentual del caudal.

$$\frac{dq}{dl} = a \cdot q$$

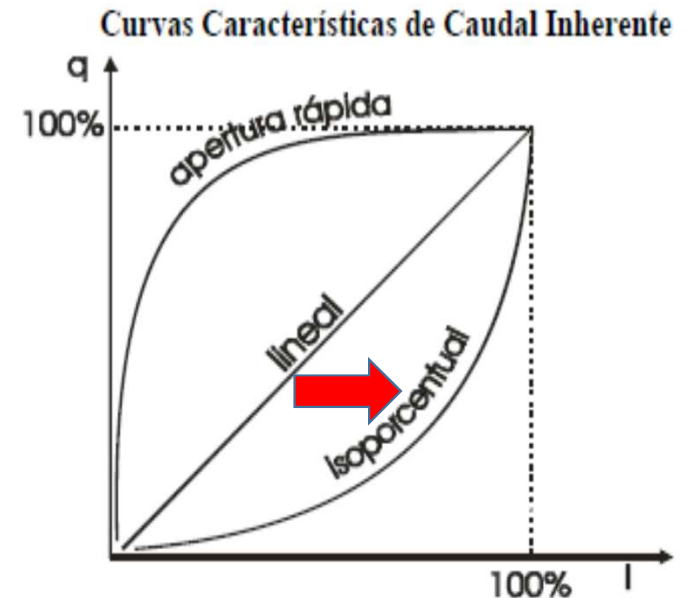
q = caudal a pérdida de carga constante

l = carrera

a = constante

$$\frac{dq}{q} = a \cdot dl \Rightarrow \int \frac{dq}{q} = a \cdot \int dl \Rightarrow \ln q = a \cdot l + C \Rightarrow q = e^{al+C} \Rightarrow q = e^{al} \cdot e^C$$

$$q = b \cdot e^{al}$$



CURVAS CARCATERÍSTICAS DE LAS VÁLVULAS DE CONTROL

Suponiendo lo siguiente

$$\text{Para } l=0 \Rightarrow q = q_{\min} = b$$

$$\text{Para } l=1 \Rightarrow q = q_{\max} = b * e^a \Rightarrow q_{\max} = q_{\min} * e^a \Rightarrow \frac{q_{\max}}{q_{\min}} = e^a$$

Como:

$$q = b * e^{al}, \text{ luego}$$

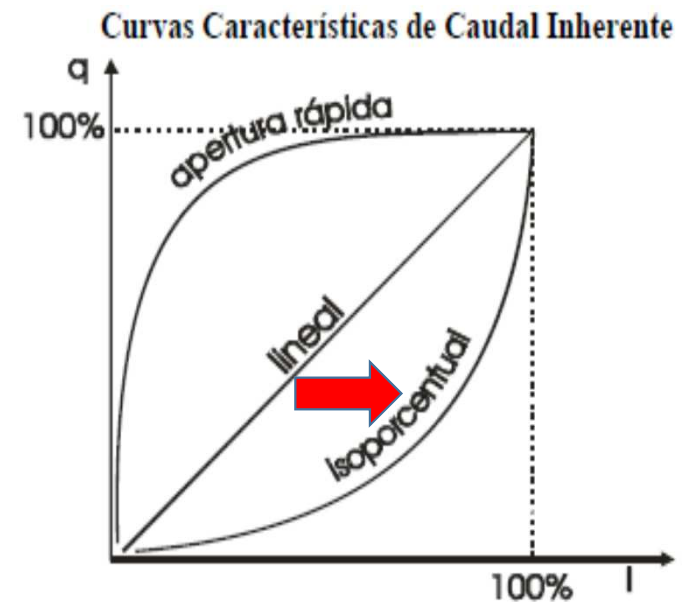
$$q = q_{\min} * \left(\frac{q_{\max}}{q_{\min}} \right)^l \Rightarrow \frac{q}{q_{\max}} = \frac{q_{\min}}{q_{\max}} * \left(\frac{q_{\max}}{q_{\min}} \right)^l$$

2.1.- CONCEPTO DE RANGEABILIDAD:

Basándonos en la definición de rangeabilidad, la expresión anterior queda (entendiendo que q es el caula inherente, esto es q_i):

$$\frac{q_i}{q_{\max}} = \frac{1}{R} * R^l \text{ ó } q_i = \frac{1}{R} * R^l * q_{\max}$$

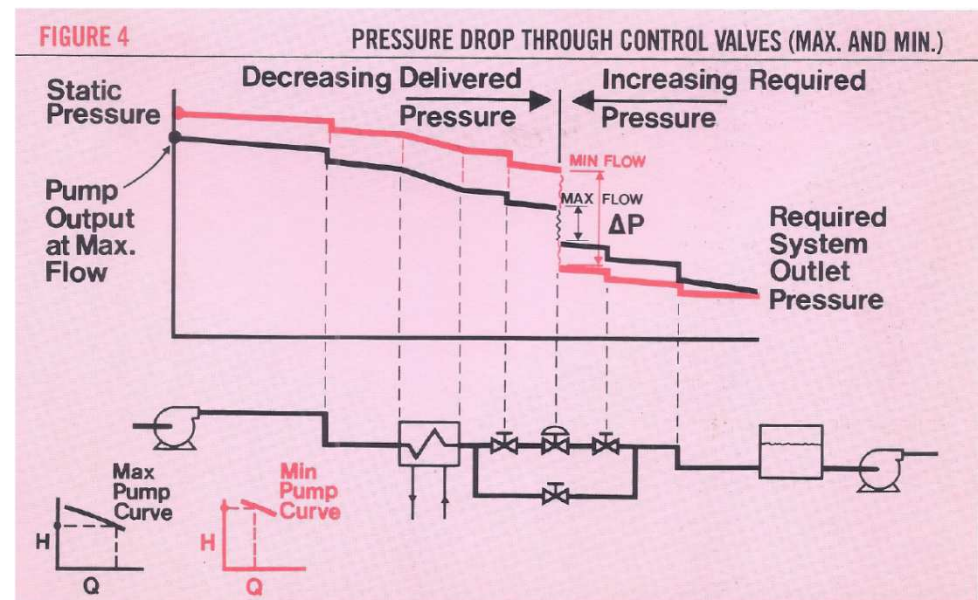
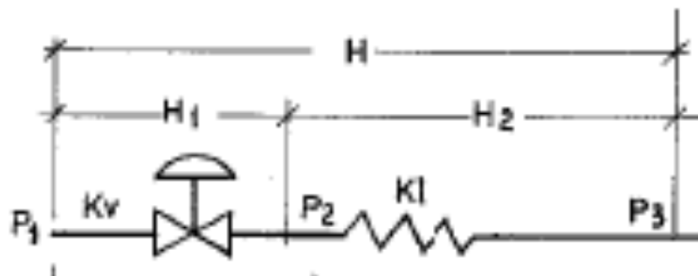
Esta última expresión nos da el porcentaje de caudal en función del campo de control o rangeabilidad de la válvula. Los valores típicos de rangeabilidad para este tipo de válvula están en un rango de 30 a 50.



CURVAS CARCATERÍSTICAS DE CAUDAL EFECTIVAS LAS VÁLVULAS DE CTROL.

La mayor parte de las válvulas trabajan en condiciones reales. La presión diferencial cambia cuando varía la apertura de la válvula, por lo que la curva real que relaciona la apertura de la válvula con el caudal, se aparta de la característica de caudal **inherente**. Esta curva se denomina característica de caudal **efectiva**.

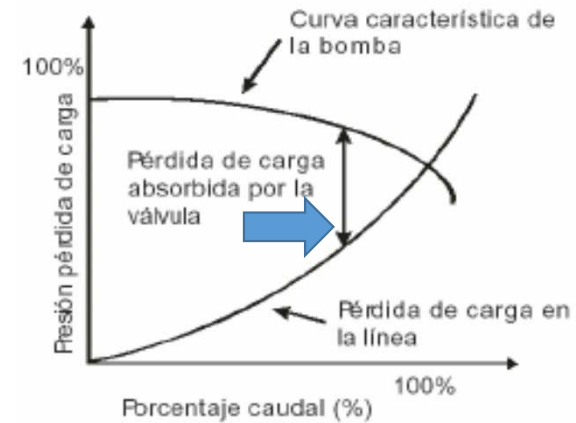
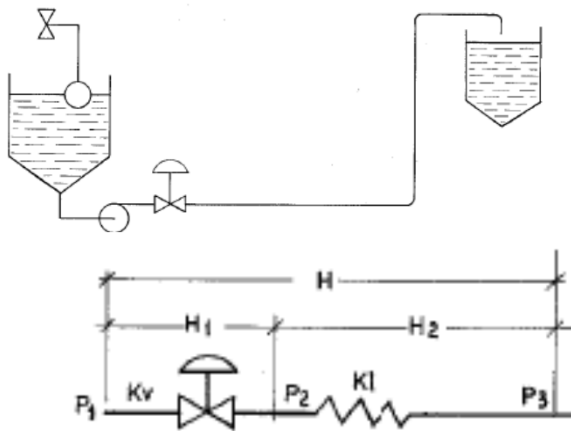
Como la variación de presión diferencial depende de las combinaciones entre la resistencia de la tubería y las características de las bombas y tanques del proceso, es evidente que una misma válvula instalada en procesos diferentes, presentará curvas efectivas distintas.



CURVAS CARCATERÍSTICAS DE CAUDAL EFECTIVAS LAS VÁLVULAS DE CTROL.

En la siguiente gráfica se puede observar:

- *Curva característica de la Bomba*
- *Pérdida de carga en la línea*



Analizando este circuito industrial:

- *H: Presión de impulsión de la Bomba*
- *H1: ΔP producido en la válvula cuando la apertura es del 100%*
- *H2: Pérdida de carga en la tubería*
- *Definimos "r" como la siguiente expresión*

$$r = \frac{H_1 (\Delta p \text{ producido por la válvula totalmente abierta})}{H (\text{presión de envío de la bomba})}$$

$$r = \frac{H_1}{H_1 + H_2}$$

CURVAS CARCATERÍSTICAS DE CAUDAL EFECTIVAS LAS VÁLVULAS DE CTROL.

Para cada valor de “r” se podrá construir un conjunto de curvas características del CAUDAL EFECTIVO que se apartará de la curva de caudal INHERENTE DE LA VÁLVULA.

Para “r”=1, coincidirá con la curva de caudal INHERENTE propia de la válvula, esto es, que la línea no absorbe presión y queda toda disponible para la válvula

Se puede demostrar que:

$$q_e = \frac{1}{\sqrt{1-r + \frac{r}{q_i^2}}}$$

Siendo:

q_e : Caudal Efectivo

q_i : Caudal Inherente

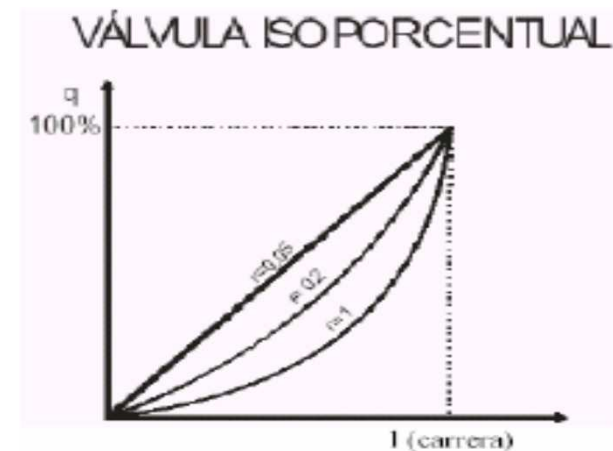
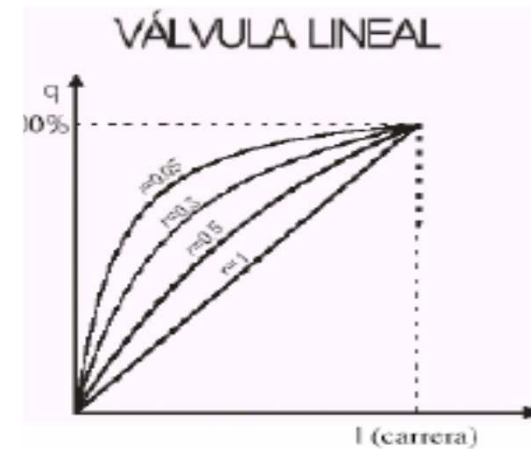
Criterios de Selección:

- Si $r \geq 0,50$ se selecciona una válvula lineal
- Si $0,35 < r < 0,50$ la selección debe ser evaluada teniendo en cuenta otras consideraciones tales como: capacidad de evacuación de la emergencia, no linealidades del proceso, ...
- Si $r \leq 0,35$ se selecciona una válvula isoporcentual

CURVAS CARCATERÍSTICAS DE CAUDAL EFECTIVAS LAS VÁLVULAS DE CTROL.

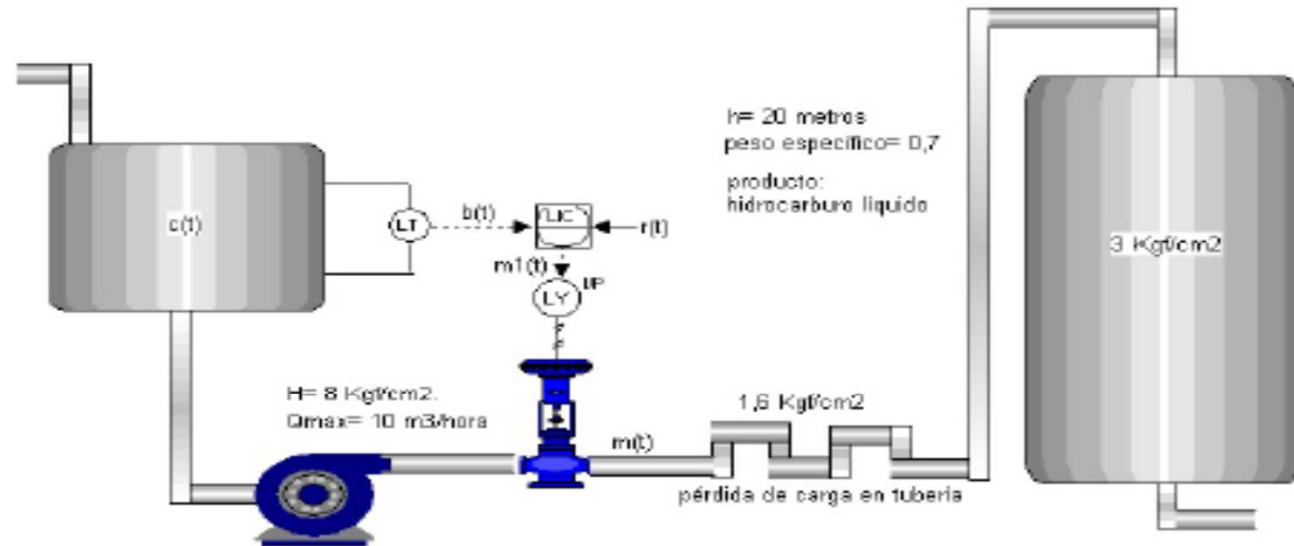
Consideraciones a tener presente en la Selección:

- Válvulas con características Isoporcentuales para:
 - Procesos rápidos.
 - Cuando la dinámica del sistema no se conoce muy bien.
 - Cuando se requiere alta rangeabilidad.
- Válvula con características de apertura Lineales para:
 - Procesos lentos.
 - Cuando más del 50 % de la caída de presión del sistema cae en la válvula.
- Quick-opening o apertura rápida para:
 - Control on-off.
 - Cuando la máxima capacidad de la válvula debe ser obtenida rápidamente.



CURVAS CARCATERÍSTICAS DE CAUDAL EFECTIVAS LAS VÁLVULAS DE CTROL.

EJEMPLO DE CÁLCU



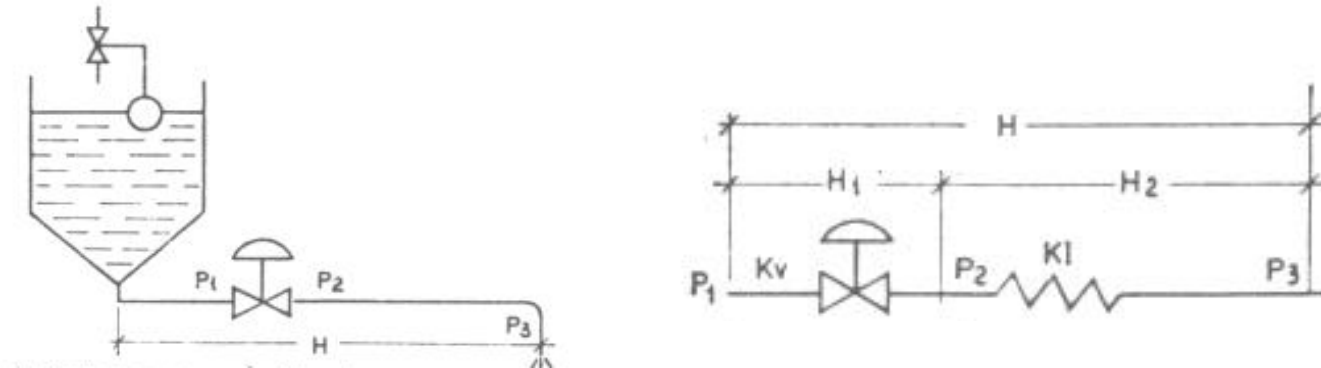
$$H_2 = (1,6 + \frac{20}{10} \cdot 0,7 + 3) \text{ Kgs/cm}^2 = 6 \text{ Kgs/cm}^2$$

$$r = \frac{H_1}{H} = \frac{H - H_2}{H} = \frac{(8 - 6) \text{ Kgs/cm}^2}{8 \text{ Kgf/cm}^2} = 0,25$$

$r \leq 0,35 \Rightarrow$ se selecciona una válvula isoporcentual.

CURVAS CARCATERÍSTICAS DE CAUDAL EFECTIVAS LAS VÁLVULAS DE CTROL.

EJEMPLO DE CÁLCULO:



Si $H = 10 \text{ Kgf/cm}^2$ y las pérdidas en la tubería $H_2 = 4 \text{ Kgs/cm}^2$, luego:

$$r = \frac{H_1}{H} = \frac{H - H_2}{H} = 0,6$$

$r \geq 0,50 \Rightarrow$ se selecciona una válvula lineal.

Notar en este ejemplo que no hay alturas ni contrapresiones a vencer.

CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS DE CONTROL.

CONCEPTOS DE C_v y K_v :

Dimensionar una válvula de control, es seleccionar correctamente el diámetro del orificio que permita el pasaje del caudal necesario.

Con la determinación del “r”, hemos podido seleccionar el “Tipo” de Válvula, pero ahora debemos dimensionar su tamaño (diámetro del orificio).

DEFINICIONES:

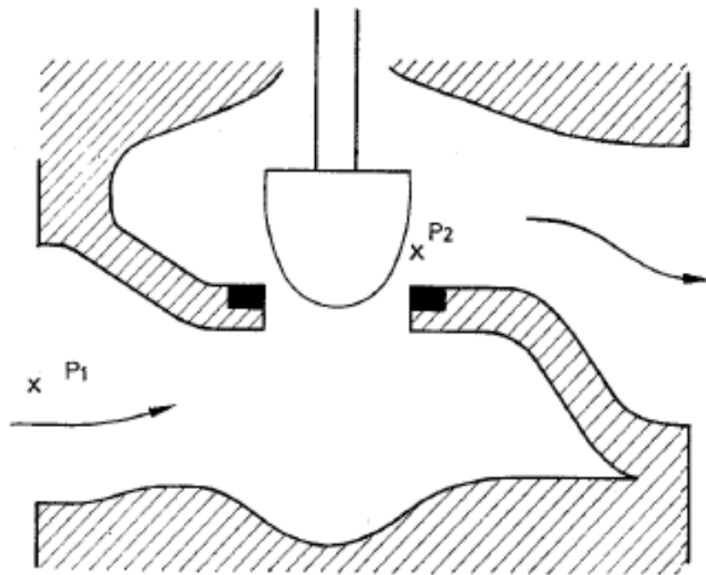
C_v : Es el Caudal de agua a **60 °F** y expresado en gal/min, que pasa a través de la válvula ensayada y **completamente abierta** y provoca una **pérdida de carga de 1 psi**

K_v : Es el Caudal de agua a **15 °C** y expresado en m³/h que pasa a través de la válvula ensayada y **completamente abierta** y provoca una **pérdida de carga de 1 kg/cm²**

$$1 K_v = 0,86 C_v \quad \text{y} \quad 1 C_v = 1,16 K_v$$

CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS DE CONTROL.

La válvula se comporta como un orificio de paso variable que permite la circulación de un cierto caudal con una determinada pérdida de carga. Aplicando el teorema de Bernoulli:



$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 + m \cdot \frac{P_1}{\rho_1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 + m \cdot \frac{P_2}{\rho_2}$$

Dividiendo por m y g , se tiene:

$$\frac{1}{2g} \cdot v_1^2 + \frac{P_1}{g \cdot \rho_1} = \frac{1}{2g} v_2^2 + \frac{P_2}{g \cdot \rho_2}$$

CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS DE CONTROL.

Un fluido a través de la válvula de control sigue las mismas leyes de conservación de masa y energía como la expresada en la mecánica de los fluidos.

$$v_2^2 - v_1^2 = 2gh \quad v_2^2 \gg v_1^2$$

$$Q = v * A$$

$$v_2 = v = \beta * \sqrt{2gh} \quad \text{pero } h \text{ (m)} = \frac{\Delta p_v \text{ (Kgf / cm}^2\text{)}}{\gamma \text{ (Kgf / dm}^3\text{)}} = \frac{H_1}{\gamma}$$

Si v en m/segundo y A en m^2 , luego Q queda en $m^3/segundo$

CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS DE CONTROL.

Reemplazando, arreglando la expresión de forma tal que el caudal quede en m³ / hora y reagrupando las constantes, se tiene que:

$$Q = A \cdot \beta \cdot 3600 \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{\frac{H_1}{\gamma}}$$

Si ahora definimos una nueva constante que contenga a todas las previas:

$$K_v = A \cdot \beta \cdot 3600 \cdot \sqrt{2g}$$

CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS DE CONTROL.

Estando la válvula totalmente abierta, el caudal resultará el máximo posible, por lo que expresión final será:

$$Q_{\max} = K_v \cdot \sqrt{\frac{H_1}{\gamma}} \quad \text{ó} \quad K_v = Q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{H_1}}$$

Ahora cuando la válvula se instala, el valor de dicho Kv ya no dependerá sólo del Qmax sino también de H1 y γ .

Para entender ésta última expresión, hay que tener en cuenta la definición de Kv , ya que en ese caso, el cociente bajo la raíz cuadrada vale 1 y por lo tanto el Qmax, depende únicamente de las características propias de la válvula y no de las condiciones de proceso.

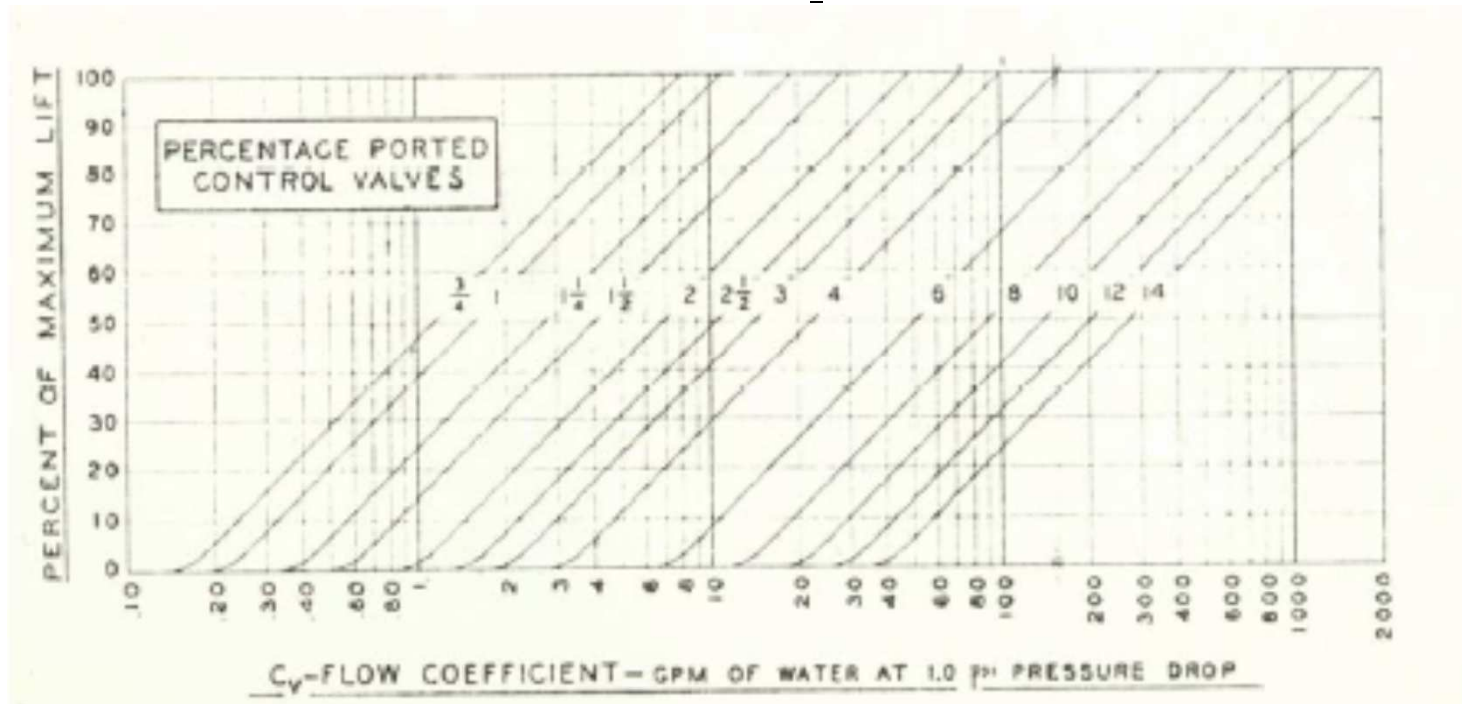
Tomando los datos del proceso del ejemplo 1, se tiene que :

$$K_v = 10 \frac{m^3}{h} \cdot \sqrt{\frac{0,7 \text{ Kgf / dm}^3}{2 \text{ Kgf / cm}^2}} = 5,91$$

$$Cv = 5,91 \cdot 1,16 = 6,85$$

CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS DE CONTROL.

Curvas para dimensionamiento de orificios en función del C_v :



Con el valor de C_v (5,91), debe ingresarse a la Tabla para determinar cuál es el diámetro más conveniente a seleccionar:

Nota: Cuando se reemplaza el caudal máximo en m^3/h , el peso específico en Kg/dm^3 y la presión H_1 de caída en la válvula en Kg/cm^2 , existe una primera impresión de no coherencia de las unidades, para ello se recuerda que el reagrupamiento de las constantes no adimensionales "encierran" las unidades que dan coherencia a la expresión final calculada de KV.

CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO DE VÁLVULAS DE CONTROL.

Dimensionamiento para fluidos compresibles (gases y vapores).

Los líquidos al ser incompresibles no varían su densidad a través de la válvula, en cambio los gases o vapores se expanden al caer la presión y por lo tanto su densidad decrece al pasar por la válvula.

En nuestro estudio nos limitamos al desarrollo de Kv para líquidos, expresamos a continuación y sin demostración las propias para gases y vapores (extraídos del manual de cálculo de la firma Foxboro y en términos de Cv):

Para gases

$$C_v = 0,00259 \cdot Q_{m\acute{a}x} \cdot \sqrt{\frac{T_f \cdot \gamma}{H_1}}$$

Para vapor

$$C_v = \frac{0,0037 \cdot W}{\sqrt{H_1}}$$

Donde:

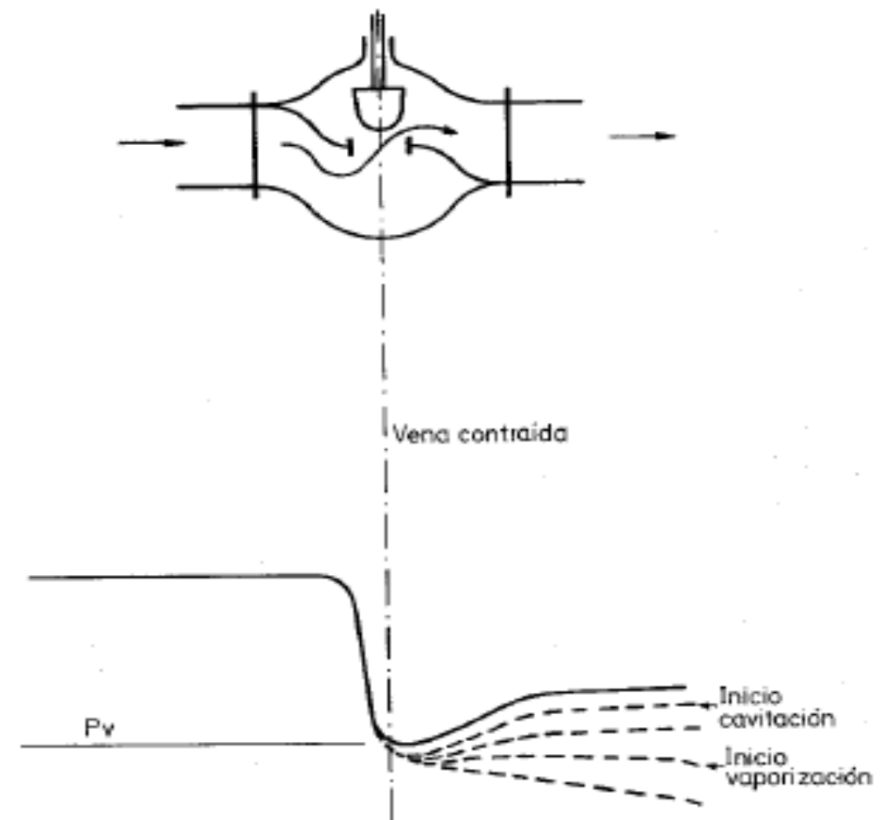
Tf: Temperatura del caudal en °K

W: Kgf/hora (Caudal másico)

FLASHING (Vaporización) Y CAVITACIÓN

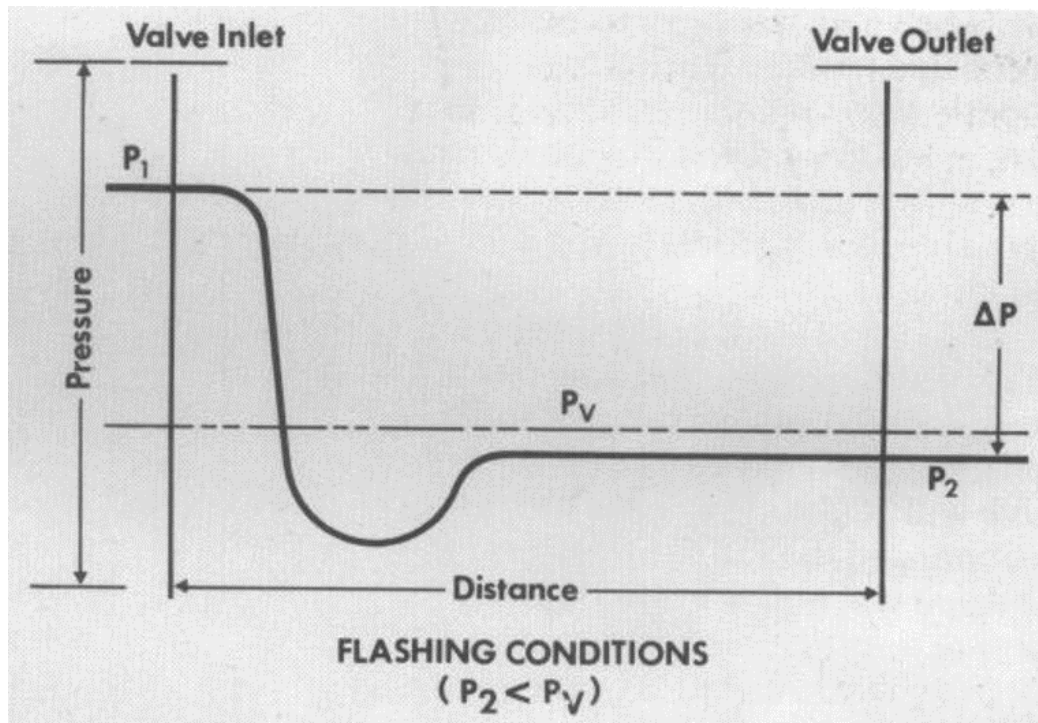
Para mantener un Q constante en las inmediaciones de la restricción, la velocidad debe incrementarse conforme disminuye el área. La velocidad máxima se alcanza en un punto inmediatamente posterior al área mínima. Este punto es conocido como vena contracta y le corresponde punto de mínima presión. Luego de la vena contracta, el líquido comienza a disminuir su velocidad y a aumentar la presión.

Nota: La **Presión de vapor** o más comúnmente presión de saturación es la [presión](#) a la que a cada [temperatura](#) las fases líquida y [vapor](#) se encuentran en equilibrio; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas. En la situación de equilibrio, las fases reciben la denominación de líquido saturado y vapor saturado.



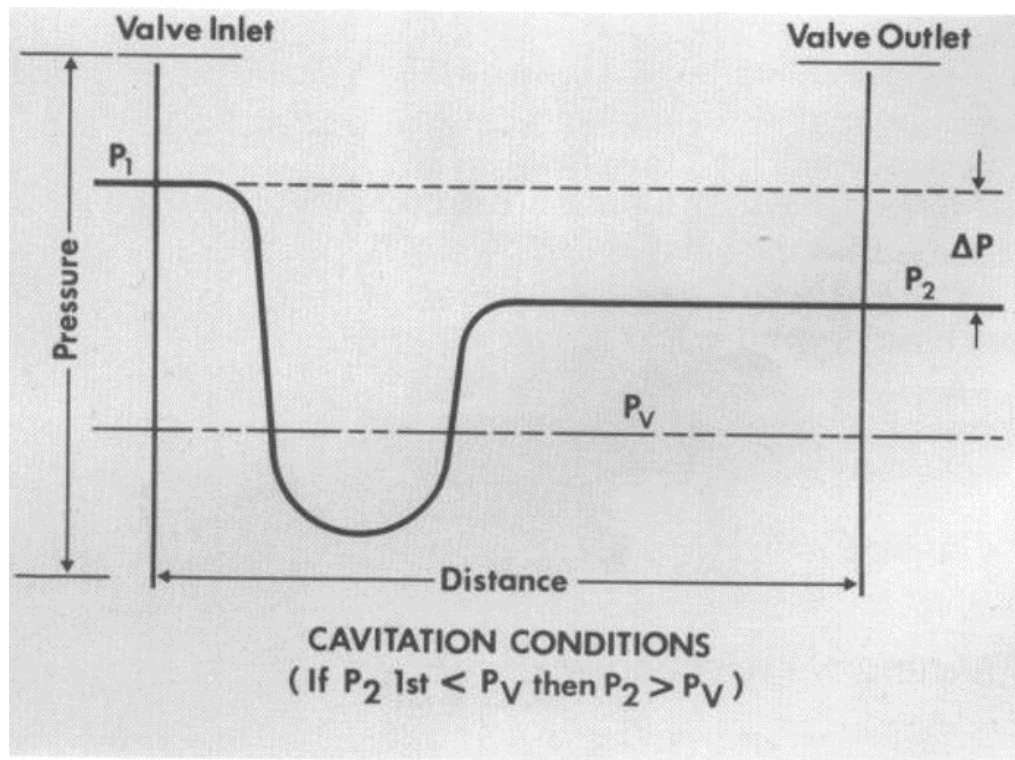
FLASHING (Vaporización)

Si la recuperación de la **Presión** está por debajo de la **Presión de Vapor del líquido**, aparece el fenómeno de la **VAPORIZACIÓN instantánea**, y entonces tiende a disminuir el caudal (Q) dado que las burbujas entorpecen el paso del fluido e incluso pueden llegar a bloquear.



CAVITACIÓN

Si la recuperación de la **Presión** es suficiente para elevarse por encima de la **Presión de Vapor del líquido**, entonces las burbujas empiezan a implotar y se produce el fenómeno de **CAVITACIÓN**.



POSICIONADORES

Es un dispositivo semejante a un controlador proporcional y su función es comparar la señal de salida del controlador con la posición del vástago de la válvula, la cual se asegura mediante una realimentación mecánica, entre el vástago y el posicionador.

Si el vástago no está en la posición indicada por el controlador, con el posicionador se añade o elimina aire del actuador de la válvula hasta que se logra la posición correcta.

El posicionador tiende a eliminar o al menos minimizar los efectos de:

- Retardo en los actuadores de gran capacidad.

- Fricción del vástago debido a la empaquetadura.

- Fricción debida a fluidos viscosos o pegajosos.

- Cambios en la presión en la línea de procesos donde está instalada la válvula.

- Operación segura “al cierre” de la válvula con grandes caudales

Se recomienda el uso del posicionador cuando la respuesta del conjunto válvula-posicionador es mucho más rápida que el proceso mismo.



POSICIONADORES

Otras ventajas que presenta el posicionador son:

Se reduce la histéresis y mejora la linealidad.

El piloto amplificador puede trabajar a presiones mayores que el de señal, o sea para m_1 variando entre 3 a 15 psi, m_2 variará entre 3 a 60 psi.

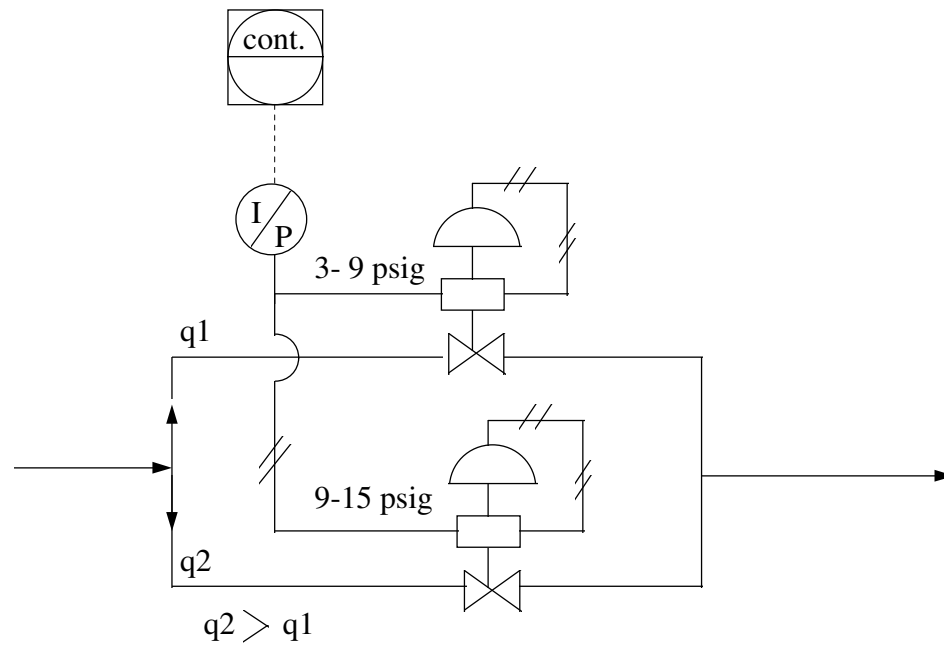
Esto permite trabajar con fuerzas estáticas de fricción mucho mayores.

Permite discriminar mayor cantidad de posiciones del vástago, incrementando su número de 50 a 200 aproximadamente.



POSICIONADORES

Finalmente y como aplicación importante permite trabajar en rango partido o sea $m1$ de 3 a 15 psi y ajustando $m2$ de la válvula pequeña para plena carrera entre 3 a 9 cuando $m1$ varía entre 3 a 9 psi (parte baja) y $m2$ de la válvula grande para plena carrera entre 3 a 15 psi cuando $m1$ varía entre 9 a 15 psi (parte alta).



FIN

Muchas gracias por su
atención