

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

CALCULO Y SELECCION DE VALVULAS DE CONTROL MEDIANTE COMPUTADORA

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a

ARIEL SAMUEL BAUTISTA SALGADO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CURS. Texi
AÑO. 1925
FECHA _____
PROC. MH 47



QUÍMICA

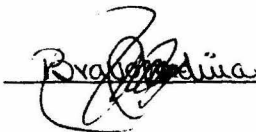
Jurado asignado según el tema:	PRESIDENTE	Prof. Octavio Figueroa A.
	VOCAL	Prof. Alejandro Lozada P.
	SECRETARIO	Prof. Enrique Bravo M.
	1er. SUPLENTE	Prof. Alejandro Ramírez G.
	2do. SUPLENTE	Prof. Eduardo Vergara C.

Sitio donde se desarrolló el tema: INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

Sustentante: Ariel Samuel Bautista Salgado



Asesor del tema: Prof. Enrique Bravo Medina



A mi Madre, que ha forjado mi alma
enseñándome a ser fuerte en el esca-
broso camino de la vida.

A la memoria de mi Padre .

Con profundo agradecimiento al
Ing. Enrique Bravo Medina por
su gran colaboración.

A los Ingenieros:

Eduardo Vergara Cabrera
Alfonso Mondragón Medina y
Eduardo Contreras Fernández

cuya cooperación, hizo posible la
realización de este trabajo.

Con profunda gratitud a vosotros
Maestros .

I N D I C E

Introducción		1
Capítulo I) Generalidades		
1.	Importancia de las Válvulas de Control	3
2.	Partes de una Válvula de Control	4
2.1	Tipos de Cuerpo	4
2.1.1	Válvulas de Globo	5
2.1.2	Válvulas de Tres Vías	8
2.1.3	Válvulas de Angulo	10
2.1.4	Válvulas de Estilo Y	11
2.1.5	Válvulas de Cuerpo Dividido	11
2.1.6	Válvulas de Jaula	12
2.1.7	Válvulas Saunders	14
2.1.8	Válvulas de Mariposa	16
2.1.9	Válvulas de Bola	18
2.2	Tipos Especiales de Cuerpo	20
2.2.1	Microflute	21
2.2.2	Válvulas usadas en procesos criogénicos	22
2.2.3	Válvulas de Control diseñadas para provocar poco ruido	25
2.3	Tipos de Conexiones	26
2.3.1	Conexiones Roscadas	26
2.3.2	Conexiones Bridadas	27

2.3.3	Conexiones Soldadas	28
2.4	Bonete	30
2.5	Caja de Empaque	31
2.6	Partes internas del cuerpo de la Válvula (Trim)	35
2.6.1	Tipos de Tapón	35
2.7	Actuadores	42
2.7.1	Actuadores Neumáticos de Diafragma	43
2.7.2	Actuadores de Pistón	45
2.7.3	Actuadores Electrohidráulicos	47
2.7.4	Actuadores Electromecánicos	53
2.7.5	Actuadores Manuales	54
2.8	Posicionadores	56
Capítulo II)	Especificación de Válvulas de Control	65
1.	Datos Contenidos en la Especificación	65
2.	Dimensionamiento de Válvulas de Control	66
2.1	Dimensionamiento de Válvulas de Control que manejan Líquidos.	72
2.1.1	Cavitación y Flasheo	73
2.2	Dimensionamiento de Válvulas de Control que manejan Gases	74
2.3	Dimensionamiento de Válvulas de Control para el Caso de Lí- quidos que se Flashean.	92
2.4	Dimensionamiento de Válvulas que manejan Mezclas de Líquido y Gas.	95
2.5	Efectos de Tubería sobre el C. v.	99

3.	Selección del tipo de cuerpo	103
3.1	Factores que intervienen en la Selección del tipo de Cuerpo	103
4.	Selección de Materiales	107
4.1	Selección de Materiales del Trím	108
4.2	Selección de Materiales del Cuerpo	108
5.	Selección del tipo de conexiones y capacidad de las mismas.	111
6.	Selección del tipo de asiento	114
7.	Acción de la Válvula cuando falla el Actuador.	114
8.	Selección del Material de Empaque	116
9.	Selección del tipo adecuado de característica	116
10.	Selección de Actuadores	117
11.	Posicionadores	119
Capítulo III)	Desarrollo del Programa.	
1.	Uso de la Computadora para resolver problemas.	120
2.	Elaboración de Hojas de Datos de Válvulas de Control mediante Computadora.	121
Capítulo IV)	Referencias Bibliográficas.	131
Capítulo V)	Apéndice.	133

I N T R O D U C C I O N

En todo diseño de Plantas Industriales uno de los factores de primordial importancia es la selección de una válvula de Control adecuada, ya que en la mayoría de los casos la buena operación de un proceso depende de dicha Selección.

Para llevar a cabo esta selección, se requiere de una serie de pasos los cuales muy a menudo se ven complementados por la habilidad del diseñador; quién basado en una serie de información contenida en catálogos, manuales, información de fabricantes, etc; obtiene como resultado una elaboración más eficiente de las hojas de datos de válvulas de control.

Debido a que la elaboración de las hojas de datos requiere de una cantidad considerable de tiempo y en ocasiones de una serie de tanteos, es necesario estudiar la posibilidad de desarrollar un programa de computadora con bastante flexibilidad que realice el mismo trabajo, pero en un tiempo considerablemente menor.

Como la mayor parte de la información requerida para elaborar las hojas de datos se encuentra contenida en tablas y en gráficas, es necesario recurrir a correlaciones, extrapolaciones y métodos numéricos capaces de asegurar el hábil manejo de las mismas mediante el uso de computadoras.

Por lo anteriormente expuesto el presente trabajo contiene toda aquella información necesaria y suficiente para poder lograr la elaboración de hojas de datos de Válvulas de Control,

quindi la possibilità di essere per il momento di carattere. La stessa realtà è non così
senza di altri, e per il resto di noi, e una vera e propria esperienza di fondo in la
verosimile.

CAPITULO I

CAPITULO I

Generalidades

1. Importancia de las Válvulas de Control.

La válvula de control juega un papel muy importante en el control automático de las Plantas Modernas. Dicho control depende de la correcta distribución y regulación de líquidos o gases fluyendo. El Control puede ser de: intercambio de energía, reducción de presión o nivel, dependiendo del elemento final de Control. Los elementos finales de control pueden ser considerados como la parte principal de todo circuito de Control, debido a que ellos suministran la potencia necesaria para controlar el flujo de Fluídos.

Todo circuito de control es un mecanismo capaz de asegurar la buena operación de un proceso, midiendo las condiciones requeridas y suministrando acciones correctivas en caso de que dichas condiciones varíen.

Un circuito de control está formado por elementos de medición y elementos de control.

Los elementos de medición están constituidos de tres partes principales. La primera de ellas denominada elemento primario de medición, el cual está en contacto directo con el proceso y mide el valor de la Variable Controlada. La segunda parte de los elementos de medición está formada por medios de transmisión tales como capilares, conductores termopares que conectan al elemento primario de medición con el Controlador. La última parte de dichos elementos es un receptor

encargado de operar los elementos finales de Control.

Los elementos de control están formados por el Controlador, el elemento final de Control y el Agente de Control.

El Controlador se encarga de definir y medir el error entre el valor deseado de la Variable y el valor medido; enviando una señal correctiva al elemento final de control, el cual varía el flujo del agente final de control con objeto de regresar la variable controlada al valor deseado.

El modo por el cual el controlador responde al cambio de Valor de la Variable Controlada se conoce como modo de control.

2. Partes de una Válvula de Control.

Las Válvulas de Control están formadas por la parte inferior o cuerpo de la válvula y la parte superior o actuador de la válvula

2.1 Tipos de Cuerpo.

El cuerpo de la válvula es la porción que controla el paso del fluido; éste consiste principalmente de una cavidad, provista de partes internas, el bonete y conexiones de flujo.

Las partes internas del cuerpo son aquellas que están en contacto directo con el fluido controlado.

Estas partes son el anillo de asiento el tapón y la caja.

El tapón es una parte móvil que se encarga de variar el flujo a medida que éste se desliza. Existen varias formas de tapones los cuales serán analizados en párrafos posteriores.

El anillo de asiento es una pieza insertada en el cuerpo de la válvula, la cual forma el puerto.

El bonete es una estructura a través de la cual el tapón se mueve y sirve como medio de sello contra la filtración a lo largo del vástago.

Generalmente está provisto de medios para montar el actuador.

En la Fig. 1 se muestran las partes que constituyen una válvula de Control.

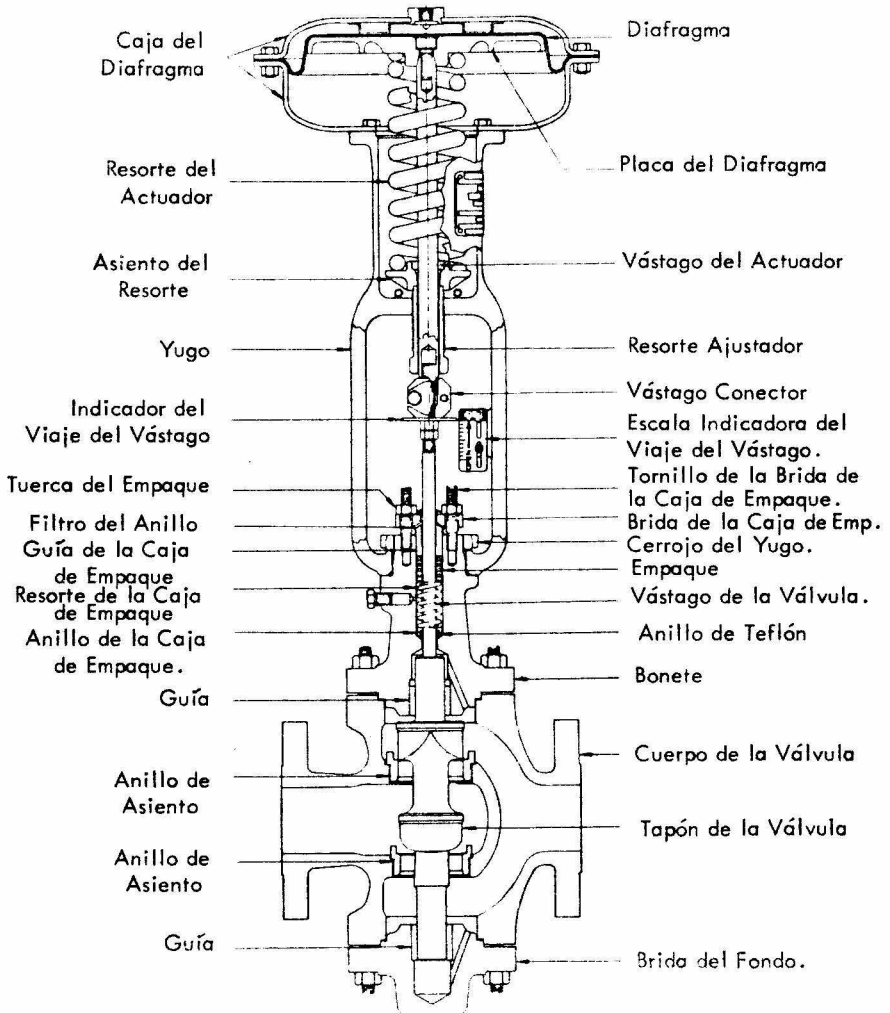


Fig. 1 Partes principales de una válvula de control.

El cuerpo de la válvula se presenta en varias formas tales como Globo, Angulo, tres vías, mariposa, bola, etc.

2.1.1 Válvulas de Globo.

El estilo más común de cuerpo de válvula de control es el de forma de Globo.

Las válvulas de Globo pueden ser asiento sencillo o asiento doble.

Válvulas de Asiento Sencillo.

Las válvulas de asiento sencillo se emplean cuando se requiere cierre hermético.

La diferencia de presión a través de la válvula, provoca una fuerza que tiende a levantar el tapón, haciendo que éste tome una posición diferente a la requerida; esto provoca que exista gran desbalanceo de fuerzas, por tanto se requiera actuador de gran potencia.

Un ejemplo de válvulas de globo de asiento sencillo es mostrado en la Fig. 2.

Válvulas de Doble Asiento

Diseñadas para balancear las fuerzas que actúan sobre válvulas de puerto sencillo; esto es debido a que un tapón siempre se mueve en la misma dirección de la corriente, mientras el otro se mueve en dirección opuesta. Sin embargo, por razones de montaje la construcción de la válvula de Doble asiento es tal,

que el diámetro del puerto superior es $1/8''$ mayor que el puerto del Diámetro inferior. Esto provoca que se presente el balanceo de fuerzas en el punto de cierre, de ahí que una válvula de Doble Asiento no presente cierre hermético por lo tanto cierta cantidad de fluido se filtrará a través de la misma.

Las válvulas de doble asiento requieren actuadores de menor potencia que las válvulas de asiento sencillo.

En la figura 3 se muestra el tipo mas común de válvulas de Globo de asiento doble.

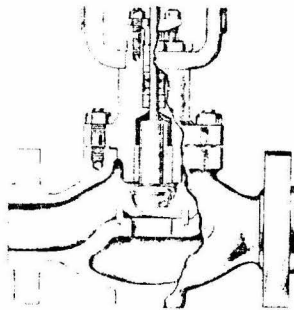


Fig. 2
Válvulas de Globo de
Asiento Sencillo

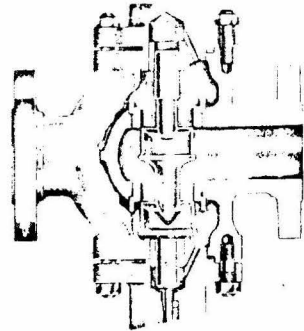


Fig. 3
Válvulas de Globo de
Asiento Doble

2.1.2 Válvulas de Tres Vías.

Las válvulas de tres vías son similares a las válvulas de Globo de Doble Asiento. Estas son usadas para mezclar dos corrientes en una, o bien para dividir una corriente en dos.

Las válvulas usadas para dividir una corriente en dos, tal como se muestra en figura 4, constan de un doble puerto modificado cuyo tapón inferior, que está colocado en forma opuesta a la posición de cierre hermético, es guiado por una costilla en su parte inferior, la cual sustituye a la guía inferior de las válvulas de Asiento Sencillo. El cuerpo está provisto de un puente que separa el lado derecho y la salida inferior.

En la figura 5 se representa una válvula de tres vías, usada para mezclar dos flujos. La relación entre los valores de éstos cambia a medida que el tapón va tomando posiciones diferentes.

Independientemente del servicio prestado, una válvula de tres vías tiene las siguientes características:

- 1a. Desbalanceo de fuerzas a través del tapón, esto se debe a que el nivel de la presión en cada puerto varía considerablemente.
- 2a. El flujo total a través de las válvulas permanece constante y lo único que varía es flujo a través de ambas corrientes dependiendo de la posición del tapón.

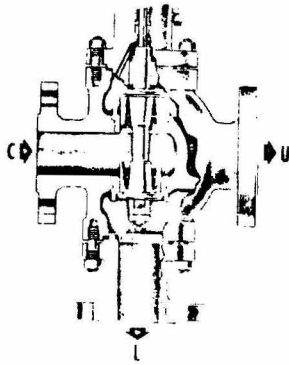


Fig. 4 Válvulas de Tres Vías usadas para dividir una corriente en 2.

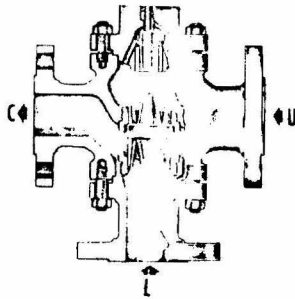


Fig. 5 Válvulas de Tres Vías usadas para mezclar 2 corrientes en una.

2.1.3 Válvulas de Angulo

Las válvulas de ángulo son válvulas de asiento sencillo, diseñadas para servicios de hidrocarburos que se encuentran a altas temperaturas y/o altas presiones; así como para servicios donde puede ocurrir formación de Coque y Flasheo de líquidos. Ellas son particularmente adaptadas al control de nivel y al control de presión. El interior de la válvula de - encuentra recubierto de Lyning, con el objeto de prevenir - la acumulación de sólidos en la pared del cuerpo.

Además de las aplicaciones mencionadas anteriormente, estas válvulas se emplean cuando por restricciones de espacio no - es posible emplear una válvula de Globo.

Un ejemplo típico de Válvulas de Angulo se muestra en la - Fig. 6.

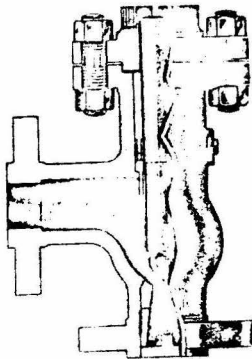


Fig. 6 Válvula de Angulo.

2.1.4 Válvulas Estilo Y

Estas válvulas se encuentran rodeadas de una capa de aislamiento que ayuda a minimizar la transferencia de calor, permitiendo que sean usadas en instalaciones fundidoras de metal, así como en plantas criogénicas donde se debe evitar al máximo la transferencia de calor.

En la figura 7 se ilustra una válvula de estilo Y.

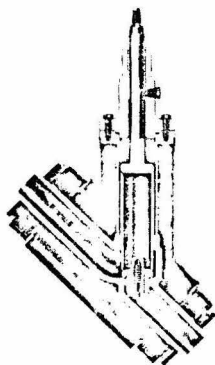


Fig. 7 Válvula Estilo Y

2.1.5 Válvulas de Cuerpo Dividido.

Estas válvulas están formadas de partes que se pueden intercambiar fácilmente sin ayuda de herramientas especiales, por lo tanto presentan la ventaja de requerir poco tiempo de mantenimiento e Inspección. De ahí que sean usadas para servicios

de flúidos muy corrosivos, que demandan frecuentemente inspección o reemplazo de las partes interiores de la válvula.

En la figura 8 se muestra un tipo de Válvula de Cuerpo dividido.

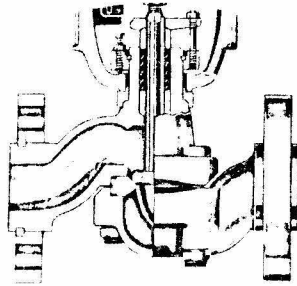


Fig. 8 Válvulas de Cuerpo Dividido

2.1.6 Válvulas de Jaula.

Este tipo de válvulas es de fácil mantenimiento, debido a que las partes interiores de las mismas, pueden ser removidas sin necesidad de quitar el cuerpo de la línea.

Las válvulas de Jaula se presentan en tres diferentes diseños que son: el de asiento sencillo, de tapón balanceado y el de anillo de asiento contornado; cada uno de los cuales está provisto de empaque hecho de metal flexible, que sirve como espaciador entre el bonete y el anillo de asiento.

En el diseño de asiento sencillo, tal como se muestra en Fig. 9, la Jaula y el Anillo de Asiento son de una sola pieza.

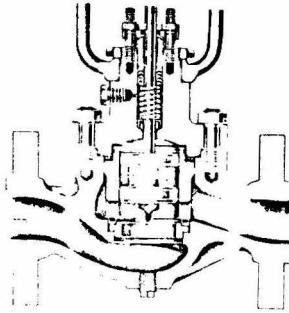


Fig. 9 Válvula de Jaula desbalanceada.

El diseño de tapón balanceado, consta de un tapón en forma de Pistón, que se desliza a través de una cavidad interna. En este tipo de diseño la presión del fluido se transmite a ambos lados del tapón; lo cual provoca que exista tendencia a cancelar las fuerzas hidrostáticas que actúan sobre el mismo. Sin embargo, se tiene una filtración similar a la existente en las válvulas de globo de asiento sencillo.

En la figura 10 se muestra una válvula de Jaula balanceada.

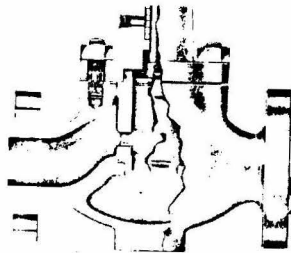


Fig. 10 Válvula de Jaula Balanceada.

El diseño de Anillo de asiento contornado es ilustrado en Fig. 11, en este diseño el Anillo de asiento tiene un contorno interno para suministrar característica de igual porcentaje. Este tipo de válvula se emplea para el manejo de Lodos y Fluidos erosivos.

Esta válvula únicamente queda guiada por el vástago.

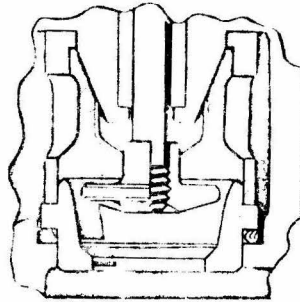


Fig. 11 Válvula de Jaula con anillo de asiento contornado.

2.1.7 Válvulas Saunders.

Las válvulas saunders son usadas para el control de fluidos corrosivos, así como de fluidos viscosos y de fluidos que contienen sólidos en suspensión.

Una válvula saunders, como la mostrada en la fig. 12 consiste de una cavidad provista de presa central y diafragma móvil que se encuentra entre el Cuerpo y el bonete. En estas válvu-

las el vástago no queda en contacto directo con el fluido circundante ya que el cierre se obtiene a través del diafragma. La característica de flujo es determinada por la distancia entre la presa y el Diafragma.

Las válvulas saunders presentan las siguientes ventajas:

- 1o. Bajo costo
- 2o. Cierre hermético
- 3o. Pueden ser usadas con fluidos tóxicos así como con fluidos que solidifican al estar en contacto con el aire.
- 4o. No requieren empaque
- 5o. Facilidad de mantenimiento

Las desventajas de las válvulas saunders son:

- 1o. Mala característica de flujo
- 2o. No pueden ser usadas para presiones mayores de 150 psig, debido a que la fuerza resultante contra el Diafragma se convierte en excesiva.
- 3o. La temperatura a la cual se usan, está limitada al material del diafragma.
- 4o. Para servicios de fluidos corrosivos o muy peligrosos, el cuerpo de la válvula se debe recubrir con hule o cualquier material plástico.
- 5o. Se requieren fuerzas de gran magnitud en el actuador.

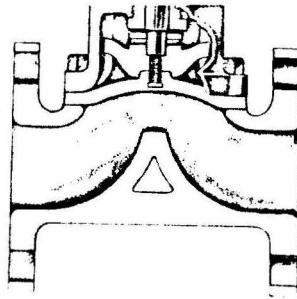


Fig. 12 Válvula Saunders

2.1.8 Válvulas de Mariposa

Las válvulas de mariposa son válvulas de control del tipo rotatorio, cuyo tamaño varía de 2" a 36". Estas se usan para manejar grandes flujos a bajas presiones, así como para manejar fluidos que llevan gran cantidad de sólidos en suspensión. La válvula de mariposa consiste de un disco cuyo diámetro interno es aproximadamente igual al diámetro interno de la tubería. En posición horizontal este disco ofrece mínima resistencia al flujo, mientras que en posición vertical mantiene completamente cerrada la válvula. En esta última posición del disco se tiene una filtración similar a la que se presenta en las válvulas de Globo de Doble Asiento. Para minimizar esta filtración, es necesario insertar en el cuerpo de la válvula anillos elaborados de materiales plásticos, tales como neopreno, Buna N ó Viton A.

Las características principales de las válvulas de mariposa son las siguientes:

- 1o. Requiere un mínimo espacio para su instalación.
- 2o. Tienen baja pérdida de presión a través de la válvula.
- 3o. Tienen alta capacidad.
- 4o. Son económicas especialmente en grandes tamaños.
- 5o. Son capaces de suministrar cierre hermético.
- 6o. Presentan desbalanceo de fuerzas, provocado por la caída de presión del fluido circulante cuya tendencia es cerrar la válvula. La magnitud de éstas depende de la posición del disco, así como de la caída de presión y del diámetro de la válvula.

En la selección de una válvula de mariposa, se deben considerar los siguientes factores:

- 1o. La posibilidad de cavitación debido al bajo coeficiente de recuperación de presión.
- 2o. La posibilidad de daño por el golpeteo del fluido.
- 3o. El efecto de reducciones en la tubería al calcular la capacidad de la válvula.

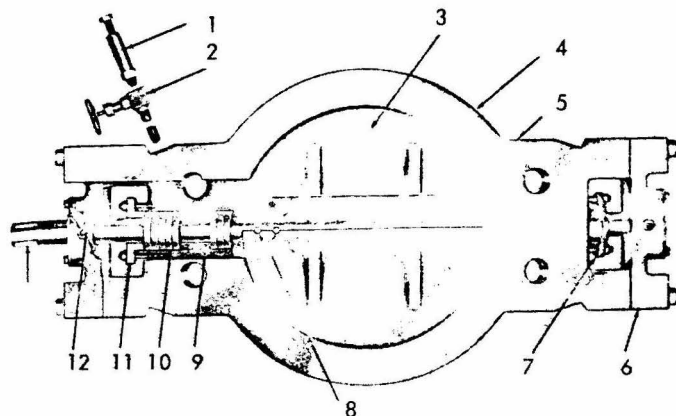


Fig. 13 Partes principales de una Válvula de Mariposa

- 1.- Lubricador
- 2.- Válvula Aislante
- 3.- Disco
- 4.- Cuerpo
- 5.- Flecha
- 6.- Soporte del Cuerpo
- 7.- Brida de Empaque
- 8.- Eje
- 9.- Anillo de Linterna
- 10.- Empaque
- 11.- Brida de Empaque
- 12.- Soporte.

2.1.9 Válvulas de Bola.

Las válvulas de bola se usan para manejar pulpa de papel, así como lodos, fluidos que contienen sólidos en suspensión y materiales fibrosos.

Las válvulas de bola son fabricadas en gran variedad de materiales con asientos elásticos o metálicos.

La selección del material del asiento depende de la filtración permitida y de la temperatura; así los asientos elásticos son usados cuando se requiere cierre hermético, pero a bajas temperaturas; en tanto los asientos metálicos se usan a altas temperaturas, pero en ellos se tiene filtración.

Las válvulas de bola presentan mayor capacidad de flujo que las válvulas de Globo, lo cual representa gran ventaja económica; sin embargo, éstas presentan índices de cavitación mayores que las válvulas de Globo, sobre todo en casos donde la presión a la cual el líquido entra a la válvula es cercana a la presión de vapor del mismo. Esto se debe a la alta capacidad de Flujo y a la disposición de en vena contracta que tiende a mantener una trayectoria recta del mismo. En la Fig. 14 se presentan las partes principales de una válvula de bola.

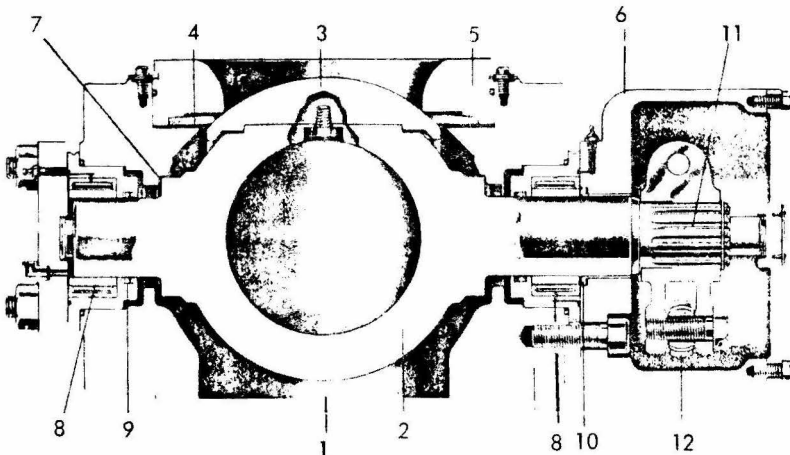


Fig. 14 Partes principales de una Válvula de Bola.

1. Mitades de Cuerpo soldadas.
2. Flecha de la bola, la cual resiste altas presiones diferenciales.
3. Superficie de sello adherida a la bola mediante una capa de tornillos, los cuales pueden ser fácilmente reemplazables en caso necesario.
4. Anillo de sello protector, el cual consta de un contorno semejante a una boquilla suministra eficiente trayectoria de flujo y máxima capacidad en posición abierta. Este anillo previene al fluido de chocar contra el cuerpo.
5. Asientos. Parte que suministra el cierre hermético.
6. Bonete.
7. Paros integrales
8. Soportes de flecha de bola.
9. Anillos reemplazables.
10. Sellos de Grasa.
11. Conexión ranurada entre la flecha y palanca. Suministra un ajuste hermético que permite que la fuerza del actor sea aplicada a la válvula de bola.
12. Rodillos y cojinetes con aleación plástica no requieren lubricación.

2.2 Tipos Especiales de Cuerpos.

Existen dos tipos de válvulas de control, uno usado en el control de flujos pequeños y el otro empleado en servicios de bajas temperaturas.

2.2.1 Válvulas para el Control de Pequeños Flujos.

Estas válvulas son usadas en laboratorios ó en procesos industriales donde se requiere el control de pequeños flujos cuando se tienen moderadas caídas de presión o bién controlar cantidades considerables de flujo cuando se tienen grandes caídas de presión.

En estos casos se tienen C_v pequeños generalmente menores de 1.

Para estos factores de flujo se requieren válvulas cuya restricción de flujo es muy pequeña, así como de tapones y de anillos de asiento, fabricados de Stellite para resistir la erosión causada por la caída de presión.

En la Fig. 15 se muestra una válvula típica para el manejo de pequeños flujos con tapón de bola y actuador con carrera variable para un amplio rango de C_v .

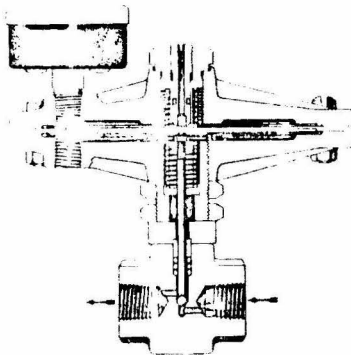


Fig. 15 Válvula para Controlar pequeños flujos.

Existen partes interiores que pueden ser instaladas en las válvulas de globo convencionales con el objeto de controlar bajos flujos, ésto presenta la ventaja de poder usar dichas válvulas para controlar un amplio rango de flujo ya que con solo cambiar las partes internas se pueden controlar flujos altos y bajos.

2.2.2 Válvulas usadas en Procesos Criogénicos.

Proceso Criogénico es aquel cuya temperatura de operación es menor de -150°F .

Las válvulas empleadas en servicios criogénicos son construídas de materiales austeníticos.

Las válvulas que operan a esta temperatura están manejando generalmente gases extremadamente fríos y gases licuados. Todas ellas están equipadas con una extensión de bonette, la cual suministra poca área de transferencia de calor a la caja de empaque, evitando la formación de hielo sobre el cuerpo de la misma; al mismo tiempo proporciona aislamiento al cuerpo con el objeto de minimizar el área de transferencia de calor entre el fluido y el medio.

Las válvulas para servicios criogénicos se presentan en tres diseños principales; el primero que consta de bonete de gran diámetro, fabricado de material austenítico y relevado a través de la pared de la caja de empaque. Esto permite remover las partes internas de la válvula sin necesidad de desmontar el cuerpo de

la tubería, en la parte inferior del bonete se encuentra un sello de teflón el cual actúa como válvula check, minimizando la filtración, aunque permite liberar cualquier gas que se genere.

Tanto las válvulas como el equipo y tuberías unidos a estas se instalan en grandes cajas llenas de aislantes. En la figura 16 se muestra este diseño.

El segundo diseño, mostrado en la figura 17, consta de un cuerpo, el cual está rodeado de una capa de aislante. Encima de esta capa se colocan fuelles de acero inoxidable usados para eliminar los esfuerzos en la tubería originados por la expansión diferencial.

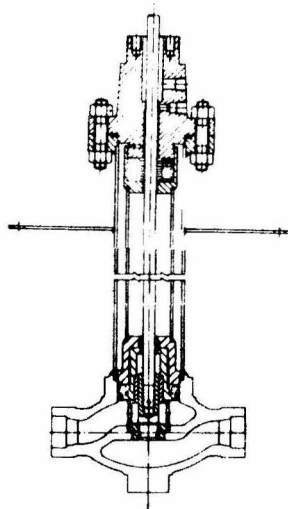


Fig. 16 Válvulas con extensión de bonete.

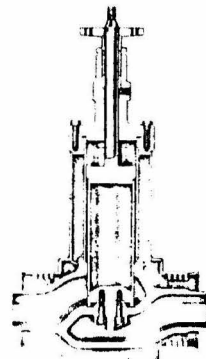


Fig. 17 Válvulas rodeadas por aislante para servicio criogénico.

El tercer tipo de diseño de válvulas para servicios criogénicos lo constituyen las válvulas rotatorias.

Estas válvulas, equipadas de una extensión de bonete, son usadas en casos donde se requiere cierre hermético.

En la figura 18 se muestra este diseño especial, el cual consta de un disco, un asiento con superficie esférica, el cual da cierre hermético debido al uso de un especial inserto.

Los procedimientos de limpieza para servicios criogénicos son bastante rígidos durante la operación y particularmente durante el montaje. Los lubricantes usados en estas válvulas no deberán presentar tendencia a solidificar; a convertirse en quebradizos ó a ser incompatibles con el tipo fluido manejado por las válvulas.

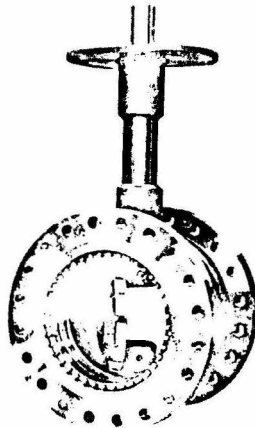


Fig. 18 Válvula de Mariposa provista con extensión de bonete e inserto para uso criogénico.

2.2.3 Válvulas de Control diseñadas para tener poco ruido.

Estas válvulas se diseñan para producir un nivel de ruido menor de 90 decibeles que es el nivel de ruido máximo permisible por el oído humano.

En la mayoría de las válvulas el ruido es generado, en casos donde se manejan fluidos compresibles, debido a la conversión en sonido de una porción de energía disipada en el proceso.

Para tener un nivel de ruido bajo se debe tener bajas velocidades de fluido, así como altas frecuencias de vibración.

Esto es debido a que el nivel de ruido incrementa a la octava potencia de la velocidad del fluido a velocidades menores que la velocidad del Sonido.

Un tipo de válvula diseñado para generar poco ruido es mostrado en la figura 19, éste consiste de una serie de etapas, en las cuales se fuerza al fluido a cambiar de dirección continuamente, causando altas turbulencias y pérdidas de energía por fricción.

Para compensar los cambios de densidad con la presión, se incrementa el área del tapón y del anillo de asiento hacia la sección inferior. La sección cónica resultante evita que se aumente la velocidad del fluido.

Las válvulas de globo convencionales de asiento sencillo, particularmente aquellos diseños de jaula, pueden ser modificadas para incrementar su frecuencia de ruido con lo cual se disminuye la

intensidad del sonido. En servicios de grandes caídas de presión, la parte de salida de la válvula requiere especial tratamiento. Este puede ser dado, colocando placas diseñadas para reducir la velocidad en las etapas sucesivas e incrementar la frecuencia.

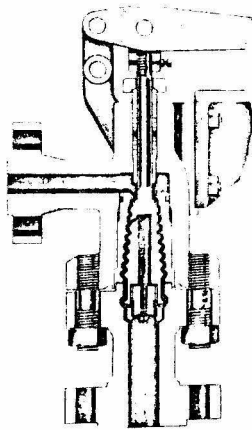


Fig. 19 Válvula diseñada para producir bajo ruido.

2.3 Tipos de Conexiones.

Hay tres métodos comunes de instalar válvulas de control en tuberías:

- 1o. Por uniones roscadas.
- 2o. Por uniones bridadas.
- 3o. Por uniones soldadas.

2.3.1 Uniones roscadas.

Las conexiones roscadas son generalmente mas económicas que las conexiones bridadas; éstas son frecuentemente usadas a bajas temperaturas y bajas presiones, ellas no pueden ser re movidas de la tubería como las conexiones bridadas. Se usan en tamaños de 1" y menores.

2.3.2 Uniones bridadas.

Válvulas con extremos bridados son fácilmente removidas de la tubería y son ajustadas para usarse a través de un rango de pre siones de trabajo para el cual son fabricadas.

La capacidad de la brida es determinada por el tipo de servicio, el material requerido, la presión y la máxima temperatura del fluído.

Los tipos más comunes de conexiones bridadas son: las de cara plena, cara realzada y junta tipo anillo.

Las bridas de cara plana se usan para bajas presiones de opera ción, éstas se fabrican principalmente en fierro fundido, bronce y tienen la ventaja de minimizar el esfuerzo causado por la fuer za de cierre de bridas. Las bridas se igualan al ponerse en con tacto con un empaque insertado entre ellas.

Las bridas de cara realzada constan de una cara realzada circu lar con un diámetro interior igual al de la abertura de la válvula y con un diámetro externo ligeramente menor que el diámetro del

perno de cierre. La cara realizada es acabada con ranuras concéntricas circulares para dar buen sello y resistencia al Empaque. Esta clase de brida es usada con una variedad de materiales de Empaque y materiales de brida para presiones hasta de 6000 psía y temperaturas hasta 1500°F.

La junta tipo anillo es similar en apariencia a la brida de cara realizada excepto que está provisto de una ranura en forma de V concéntrica a la abertura de la válvula cortada en la cara realizada. El empaque consiste de un anillo metálico de sección octagonal o elíptica. Este tipo de brida tiene cierre hermético ya que cuando los extremos están cerrados el empaque es fijado en las ranuras.

El empaque generalmente es de fierro blando o monel pero es fabricado en casi cualquier metal.

Este tipo de unión es usado para altas presiones pero no para altas temperaturas.

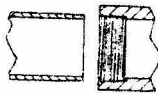
2.3.3 Conexiones Soldadas.

Las conexiones soldadas tienen la ventaja de impedir filtraciones a cualquier presión y temperatura siendo de bajo costo inicial.

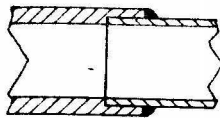
Las conexiones soldadas son manufacturadas en dos estilos en injertos y topes.

Los injertos soldables son preparados por taladrar en cada extremo

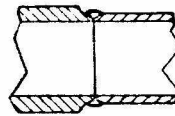
de la válvula un injerto cuyo diámetro interno es ligeramente mayor al diámetro interno de la tubería. La tubería es deslizada en el injerto y unida a éste mediante soldadura de filete. Los injertos soldables son usados para válvulas menores de 2". La soldadura de tope es preparada al biselar cada extremo de la válvula para igualar al bisel de la tubería. Posteriormente los extremos se unen a la línea mediante soldadura de filete. Este tipo de uniones generalmente se emplea en válvulas de 2½" y mayores.



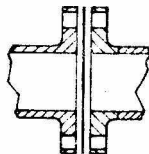
a).- Unión Roscada



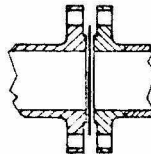
b).- Injerto Soldable



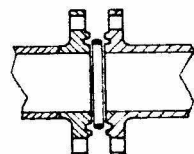
c).- Soldadura a tope.



d).- Brida Cara Plana



e).- Brida Cara Realzada



f).- Brida de Junta tipo Anillo.

Fig. 20 Tipos de unión entre la válvula y la tubería.

2.4 Bonete

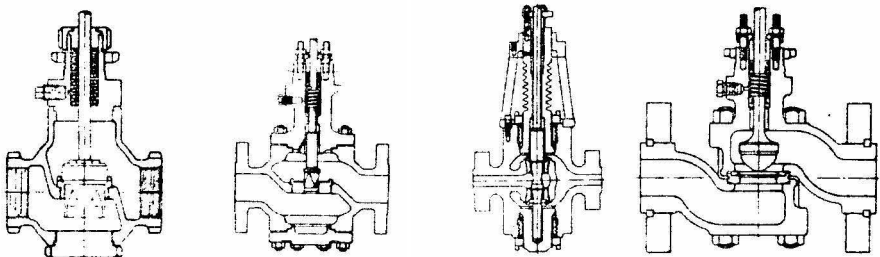
El bonete es aquella parte del cuerpo a través de la cual el vástago se desliza.

El bonete normalmente contiene conexiones adecuadas para el montaje del actuador y para la caja de Empaque.

El bonete se une al cuerpo en cuatro formas diferentes:

1. Uniones roscadas.- Usadas para fluidos no corrosivos.
2. Uniones bridadas.
3. Uniones Selladas. El tipo de bonete que usa la presión del fluido controlado para crear el sello del bonete. Este sello se convierte en hermético conforme se incrementa la presión.
4. Tipo Integral. En este tipo el bonete y el cuerpo están hechos de una pieza.

En la figura 21 se muestran los tipos de unión entre el cuerpo y el bonete.



a).- Unión Roscada b).- Unión Bridada c).- Unión Sellada d).- Tipo Integral

Fig. 21 Tipos de Uniones entre el Cuerpo y Bonete.

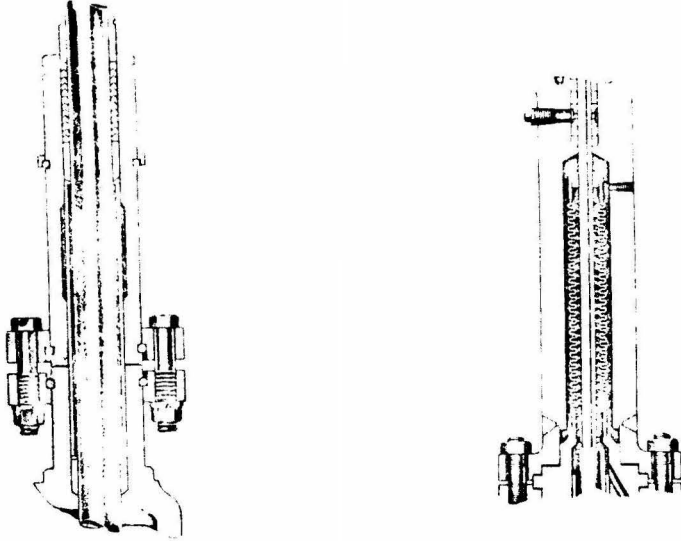


Fig. 22 Tipos de Bonetes.

2.5 Caja de Empaque.

El propósito de la caja de empaque es suministrar medios elásticos para prevenir la filtración de fluidos de proceso a través del vástago. El material ideal para empaque deberá ser un material elástico deformable, que no cause fricción, químicamente inerte y capaz de resistir altas temperaturas.

Hay varios materiales de empaque que pueden ser usados dependiendo del servicio, ellos son el teflón, el asbesto combinado con el teflón, el grafito y el empaque semimetálico. Este último resiste altas temperaturas, por lo tanto será usado cuando la temperatura de la caja de empaque sea mayor de 450°F .

Características principales de cada tipo de empaque.

Teflón.

El teflón es un material plástico, que presenta resistencia al ataque de todos los agentes químicos a excepción de los metales alcalinos fundidos. Presenta buenas propiedades de lubricante por lo tanto minimiza la fricción.

El teflón presenta como desventajas su alto coeficiente de expansión térmica, así como el requerir superficie pulida y el no poder ser ajustado para evitar la filtración.

Teflón combinado con Asbesto.

Este empaque es elaborado de fibra de asbesto combinada con teflón y moldeado en anillos de sección cuadrada. Este empaque puede ser ajustado a evitar la filtración.

Grafito.

Este material, compuesto de fibra de asbesto, lana mineral, copos de grafito y pequeña cantidad de neopreno, es moldeado en anillos sólidos de varias alturas. Este empaque puede ser ajustado a cierre hermético. Con este tipo empaque se presenta mayor cantidad de fricción que con el empaque de Teflón. Para reducir la fricción y ayudar al sello de la caja de empaque, se recomienda la lubricación del Empaque.

Empaque Semimetálico.

Este empaque se presenta en varias formas y composiciones. El tipo general de empaque consiste de grafito, fibra de asbesto y trozos de metal.

Con este empaque se presenta considerable fricción y el tapón de la --

válvula será endurecido o cromado para prevenir el excesivo rayado y desgaste. Este empaque, que requiere lubricación, puede ser ajustado a impedir la filtración. Por lo general cuando se usa empaque semimetálico, el bonete con extensión debe ser usado.

En la figura 23 se muestra el tipo más común de caja de Empaque. Este consiste de una brida, de la guía de la caja de empaque, de la linterna tipo anillo y de los anillos de empaque. La brida de la caja contiene a la guía sobre una superficie redonda para evitar desalineamiento de la misma.

La linterna tipo anillo suministra un espacio para la inserción de lubricantes mediante un lubricador de empaque en combinación de una válvula aislada. Esta válvula aislada sella válvula de lubricador evitando que el lubricador sea enviado a la atmósfera.

Tipos de Lubricantes.

El tipo más común de lubricante es la grasa de silicón, la cual es usada en servicios donde las temperaturas de la caja de empaque son menores de 500°F. Por lo general las temperaturas de las cajas de empaques son menores a 500°F, ya que en aquellos donde la temperatura de operación de las válvulas es mayor a 500°F, se usa una extensión de bonete que mantiene a la caja de empaque a temperaturas, a las cuales el silicón puede ser usado como lubricante.

Existen tres tipos principales de Bonetes. El primero de ellos el tipo Estándar, usado para la mayoría de aplicaciones donde la temperatura de operación es menor de 450°F y donde no existe peligro de formación de hielo sobre el cuerpo.

El segundo que consta de una extensión usada para proteger al empaque de las temperaturas extremas.

Para altas temperaturas la extensión del bonete está provista de aletas de enfriamiento que suministran grandes áreas de transferencia de calor. Poco a poco estas aletas se han ido sustituyendo por una extensión tubular de bonete capaz de suministrar suficiente superficie de radiación, la cual combinada con la sección de conducción ayuda a conservar el empaque dentro de aceptables límites de temperaturas.

El tercer tipo de bonete lo constituyen los fuelles de sello usados en servicios donde no se debe tolerar filtración a lo largo del vástago. Ellos se usan cuando el fluido de proceso es tóxico, volátil, radioactivo o caro. Como medida de seguridad en caso de que los fuelles fallen se debe usar un bonete Estándar en combinación con los fuelles de sello.

La desventaja de los fuelles de sello es su baja capacidad en las uniones, cuando se tiene gran tamaño de la válvula.

Las uniones típicas de 500 lb se obtienen usando fuelles especiales, de gran espesor de pared.

Otra forma de incrementar la capacidad de las uniones es cargando el exterior de los fuelles con gas inerte, lo cual en la mayoría de los casos resulta muy costoso y engorroso.

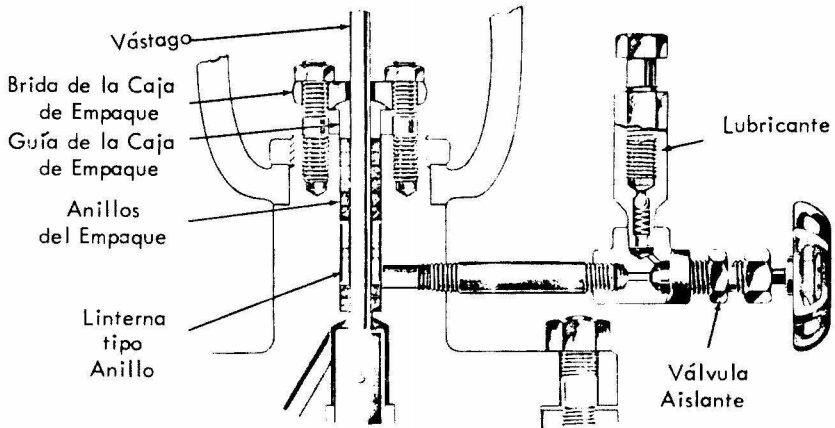


Fig. 23 Partes de la Caja de Empaque.

2.6 Partes interiores de Válvulas de Control.

El Trim es el corazón de la válvula cuya función principal es proporcionar área de flujo en tal forma que se establezca una relación entre el viaje del tapón y el flujo que circula a través de la válvula.

El Trim consiste de todas las partes internas de la válvula que están en contacto con el fluido controlado, tales como el tapón, el asiento, el guía del tapón y los guías de arbores.

2.6.1 Tipos de Tapón.

El tapón es la parte móvil del cuerpo de la válvula, la cual su ministra restricción al flujo.

Los tapones son normalmente diseñados para control de dos po siciones o para control variable.

En el control de dos posiciones el tapón de la válvula es posicio nado por el actuador en cualquiera de sus dos posiciones extra mas.

En el control de varias posiciones el tapón es posicionado en cualquier punto dentro de su viaje, el cual es determinado por las características del Proceso.

Un tapón puede ser diseñado, para empujar hacia abajo para abrir o empujar hacia abajo para cerrar. La selección de la ac ción del tapón depende del actuador usado y de la requerida po sición de seguridad al fallar el actuador.

Cada estilo de tapón es basado sobre una combinación de su ta pón guía, de su característica de flujo y de su construcción.

La forma en la cual va cambiando el flujo a medida que el tapón se mueve a lo largo de su carrera se denomina característica de la válvula.

Las características de las válvulas se representan por medio de gráficas.

Tanto el flujo como la abertura de la válvula se representan como % de los valores máximos correspondientes.

Si la caída de presión permanece constante mientras el tapón se

mueve a lo largo de su carrera; la relación entre el flujo y el viaje del vástago se denomina característica inherente. Como al variar el flujo a través de la válvula cambia la caída de presión, la relación real entre el flujo y abertura de la válvula difiere de la característica inherente de la misma, dicha relación se conoce como característica efectiva de la válvula.

Los mas comunes tipos de características son los siguientes:

1. Característica lineal.

En la característica lineal el cambio de flujo con respecto al viaje de la válvula es constante.

La característica lineal se expresa matemáticamente como sigue:

$$Q = k L \quad (1)$$

$$\frac{dQ}{dL} = k$$

Q = Flujo

L = Viaje de la válvula

k = constante de proporcionalidad.

2. Característica de igual porcentaje.

En la característica de igual porcentaje cuando el tapón sufre un desplazamiento con un valor determinado, el cambio sufrido por el flujo representa un porcentaje fijo del flujo que había antes del desplazamiento. El cambio de flujo es proporcional al flujo existente antes que el vástago cambie de posición.

La característica de igual porcentaje es representada matemáticamente por la siguiente ecuación:

$$L = k \ln Q/Q_0$$

L = viaje de la válvula
Q = Flujo
Q₀ = Flujo mínimo controlable

El cambio de flujo con respecto al viaje de la válvula resulta pequeño cuando el tapón está cerca del anillo de asiento y grande cuando el tapón está cercano a su posición completamente abierta.

3. Parabolica modificada.

La característica de flujo parabolica modificada es seleccionada para suministrar fina acción de bloqueo a bajo porcentaje de abertura y aproximada característica lineal para la porción superior del viaje de la válvula. Cuando el tapón está cercano al anillo de asiento, el cambio de flujo con respecto al viaje de la válvula será relativamente pequeño, mientras que en la posición superior de la válvula el cambio de flujo será relativamente grande y constante.

4. Abertura Rápida.

En la característica de abertura rápida, el máximo cambio de flujo se tiene en la porción inferior de la válvula. La característica se convierte en lineal desde el 65% hasta el 70% de abertura. Adicionales incrementos de abertura dan reducidos incrementos de flujo. De tal forma que cuando el tapón está cercano a su posición abierta, el cambio de Flujo con respecto al viaje de la válvula se aproxima a cero.

Los más comunes tipos de tapón para válvulas de control son mostrados en la figura 24. Estos se usan de acuerdo a la característica inherente seleccionada en base a las características del proceso.

Los tapones usados para válvulas de igual porcentaje son:

1. V pup de asiento doble
2. V pup de asiento sencillo.
3. Microformo
4. Microflute.

Los tapones usados para válvulas cuya característica es para bola modificada son:

5. Throttle Plug de asiento sencillo.
6. Throttle Plug de asiento doble.
- 7, 8, 9 y 10 Tapones de Puerto tipo V.

Para característica lineal se tienen tapones lineales tales como el No. 11 y No. 12 de la figura 24.

Los tapones de abertura rápida corresponden a los números del 13 al 18 de la figura 24.

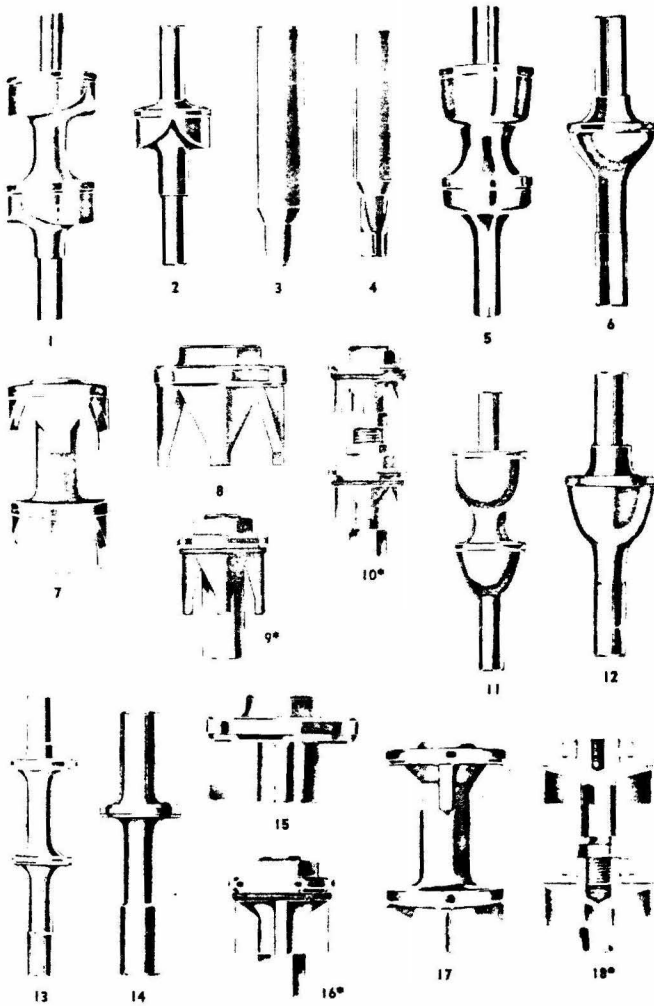


Fig. 24 Tipos de Taponos.

Tapones de Válvula para restringir el Flujo.

Todos los tapones anteriormente descritos pueden ser usados para restringir la capacidad, usando un puerto menor al normal. La mayoría de los fabricantes han estandarizado el método de restricción donde la capacidad se limita al 40% del flujo máximo.

Las principales razones que justifican el uso de tapones para restringir el flujo son las siguientes:

- 1o. Para adquirir preciso control de flujos pequeños en un proceso donde posteriormente aumentará la capacidad. De esta manera se eliminarán los cambios de cuerpo que ocasiona el Cambio de Capacidad.
- 2o. Para absorber vibraciones y energía térmica en servicios de flúidos que circulan a altas velocidades, así como flúidos que se Flashean en servicios de altas caídas de presión y en donde existe cavitación. El gran cuerpo del orificio en servicios de cavitación permite a la pared del asiento estar lejos de la pared del cuerpo, de esta forma las burbujas chocarán más en la parte media del cuerpo que en la pared del mismo, con lo cual se tiene mayor superficie metálica para disipar la energía.
- 3o. Suministrar cuerpos de válvula de gran tamaño para redu

cir la velocidad a la entrada y a la salida.

4o. Evitar el uso de reductores caros en la línea.

5o. Corregir errores de Sobrediseño.

Guías de Tapón.

Los guías de tapón se usan para alinear el movimiento de éste con respecto al anillo de asiento. Existen 5 tipos de guías para tal fin:

1o. El tapón se alinea mediante guías colocadas en el bonete y en la parte inferior del cuerpo.

Este tipo se especifica cuando las condiciones de diseño sean severas.

2o. Usando un guía colocado en el bonete.

3o. Alineando el tapón en el puerto ó puertos únicamente.

Este diseño es más barato que el primero, sin embargo no es recomendado en servicios donde se tengan caídas de presión de 100 psi o mayores.

4o. El tapón se alinea mediante un guía colocado en el bonete y otro en el puerto.

5o. Mediante un guía de vástago. Este es un método especial de guía superior en el cual el tapón es alineado mediante un guía actuando sobre el vástago.

2.7 Actuadores.

El actuador de una válvula de control es la parte que se encarga del movimiento de la misma en respuesta a una señal correctiva enviada por el controlador.

Los actuadores usados más comunmente en la operación de válvulas de control pueden ser clasificados en cinco tipos generales:

- 1o. Actuadores neumáticos de Diafragma.
- 2o. Actuadores neumáticos de Pistón.
- 3o. Actuadores Electrohidráulicos.
- 4o. Actuadores Electromecánicos.
- 5o. Actuadores Manuales.

2.7.1 Actuadores neumáticos de Diafragma.

Los actuadores de diafragma constan de un diafragma flexible, colocado entre dos cubiertas y unido al cuerpo de la válvula mediante el yugo. Todo actuador de Diafragma está provisto de un resorte cuya fuerza se opone a la fuerza generada dentro del actuador.

Las características principales de un actuador de Diafragma son:

- 1o. Pueden ser operados usando baja presión de aire.
- 2o. Los actuadores pueden ser de acción directa o de acción inversa.

En un actuador de acción directa al incrementar la presión de aire, el vástago del actuador se mueve hacia abajo; mientras que en el actuador de acción inversa al au-

mentar la presión del aire el vástago del actuador se desplaza hacia la parte superior.

- 3o. Se adaptan con gran variedad de tamaños de válvulas así como en servicios donde las caídas de presión y presiones de operación que no sean excesivas.
- 4o. Bajo costo.
- 5o. No pueden ser usadas con válvulas pequeñas que operen con grandes caídas de presión, debido a que en estos casos se requieren grandes áreas de diafragma que provocan problemas de esfuerzo sobre las válvulas; causados por el excesivo peso del actuador.

Las partes principales de un actuador de diafragma se muestran en la figura 25.

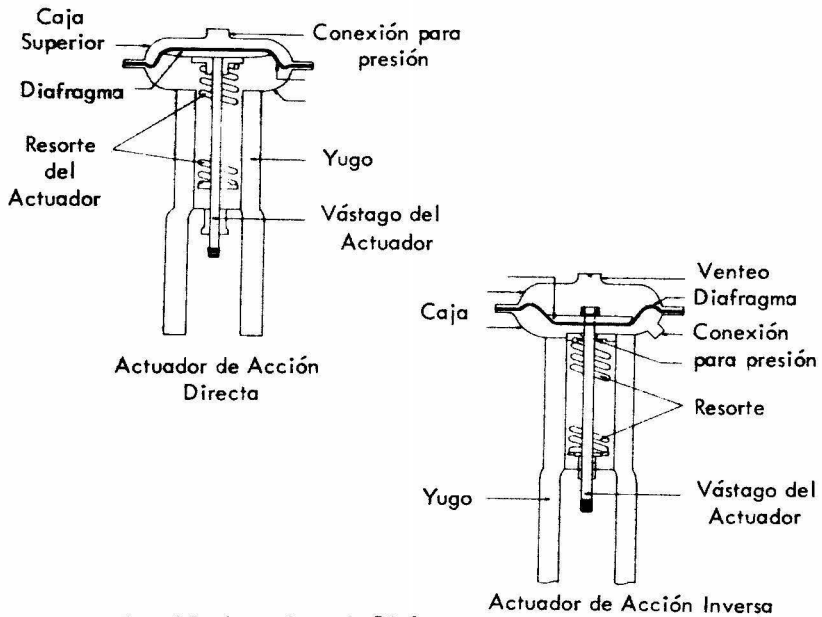


Fig. 25 Actuadores de Diafragma.

2.7.2 Actuadores de Pistón.

Los actuadores de pistón se usan en servicios de válvulas de puerto sencillo donde existe gran desbalanceo de Fuerzas. Estos actuadores están provistos de un posicionador montado sobre el tope del cilindro.

En la figura 26 se muestra un actuador de pistón en el cual la señal del instrumento es recibido por los fuelles.

Cuando la intensidad de la señal incrementa los fuelles se expanden causando movimiento de la viga, la cual tapa y la tobera A y destapa la tobera B. Esto provoca que al mismo tiempo se incremente la presión en la tobera A y se decremente la presión en la tobera B, originando un desbalanceo de fuerzas que ocasiona que el pistón se mueva hacia abajo, cambiando la posición del tapón de la válvula.

El movimiento del pistón se retroalimenta a la viga mediante un resorte, que une a la viga con el pistón, originando que la viga se desplace en sentido contrario.

Cuando la señal del instrumento disminuye los fuelles se contraen provocando el giro de viga. Al girar la viga se tapa la tobera A, con lo cual la presión en la parte inferior del pistón aumenta, originando que éste se mueva hacia arriba.

El movimiento ascendente del pistón hace que el resorte se contraiga y la viga se desplace en dirección contraria.

Estos actuadores pueden ser de acción directa y de acción inversa.

En los actuadores de acción directa al incrementar la señal del instrumento, el vástago se mueve hacia abajo en tanto que en los actuadores de acción inversa, al incrementar la señal del instrumento el vástago se mueve hacia arriba.

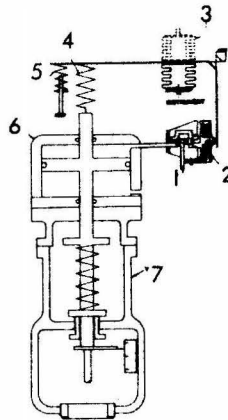


Fig. 26 Partes Principales del Actuador Neumático de Pistón.

- 1.- Suministro de Aire
- 2.- Relay
- 3.- Fuelles
- 4.- Resorte de Retroalimentación
- 5.- Resorte de Ajuste

6.- Cilindro

7.- Yugo

2.7.3 Actuadores Electrohidráulicos

Los actuadores electrohidráulicos trabajan mediante señales eléctricas enviadas por los elementos de medición las cuales son traducidas a neumáticas en el momento de operar la válvula de control. Estos actuadores presentan la ventaja de poder ser colocados a grandes distancias del instrumento, así como de poder ser fácilmente desarmable.

Todo actuador electrohidráulico esta formado de una bomba con su correspondiente motor, así como de una bobina suspendida en un campo magnético de un imán permanente, de un piloto hidráulico, de un pistón, de un yugo y de un depósito de aceite.

La bomba es desplazamiento positivo y esta provista de tres secciones, la primera de ellas suministra aceite a un amplificador hidráulico con presión de 50 psig; las otras dos secciones suministran presiones de 500 psig para la operación del cilindro hidráulico.

En la línea de succión de la bomba se tiene filtro automático con su cartucho de celulosa encargado de eliminar partículas que estén suspendidas en el aceite.

El sistema de fuerza que actúa sobre el piloto hidráulico consiste de una bobina suspendida en el campo magnético de su imán permanente. La corriente enviada por el controlador a la bobina se encarga de crear una fuerza que mueve a la bobina dentro de su campo magnético.

El imán permanente es de Alnico V; material que crea el campo magnético permanente.

El piloto hidráulico controla la presión del cilindro en respuesta al movimiento de la bobina. El piloto hidráulico consta de una viga, su obturador y de dos juegos de toberas encargados de controlar la presión que actúa sobre el vástago de la válvula.

En ocasiones es necesario que el piloto tenga un sistema de seguridad a falla de energía eléctrica. Este sistema está formado por un cilindro provisto de dos válvulas de cierre hermético las cuales se encargan de bloquear las

secciones de la bomba encargadas de mover el pistón, dejando que el aceite pase a través de la otra sección de la bomba. De esta forma se mantiene la válvula - en la posición que tenía en el momento de ocurrir la falla.

El yugo fabricado de hierro de alta tensión consta de - una guía encargada de prevenir la rotación al vástago • originada por la fuerza torcional del tapón y una cámara en el extremo superior que retiene el aceite que puede filtrarse por el extremo inferior del cilindro.

El depósito es fabricado de aluminio cuya superficie es sometida a tratamiento especial para reducir la corrosión y prevenir la filtración de aceite.

El depósito generalmente se encuentra cubierto de una placa que elimina la filtración de polvo en el interior del mismo.

En la figura 27 se muestra un actuador electrohidráulico en el cual la señal del instrumento es comunicada a la bobina, la cual se desplaza en un campo magnético. Dependiendo del tipo de actuador el movimiento de la bobina dentro de un campo magnético provoca movimiento ascendente o descendente del vástago del actuador. Así en el caso de que el actuador sea de acción directa, un incremento en la señal del instrumento provoca movimiento de la bobina a la derecha.

Esto ocasiona que el obturador tape la tobera B incrementando la presión de los fuelles localizados abajo de la tobera, reduciendo la presión en la tobera A. De esta forma el obturador localizado arriba de las toberas N1 y N2 destapa la tobera N1 y tapa la tobera N2, con lo cual la presión resultante de la parte inferior de la bomba de aceite se transmite al cilindro localizado arriba del pistón. Esta presión origina que el pistón se mueva hacia abajo. A medida que el pistón baja el rodillo de retroalimentación se desplaza hacia la izquierda empujando al resorte y ocasionando que la bobina se mueva en dirección opuesta.

Cuando la fuerza de la bobina y del resorte se igualan los obturadores adquieren posición balanceada; con la posición del vástago de la válvula determinada por la señal del controlador.

Al disminuir la señal del controlador la bobina se desplaza a la izquierda. El obturador tapa la tobera A y destapa la tobera B; incrementando la presión en A y disminuyendo la presión en B, originando que el obturador inferior tape la tobera N1 y destape la tobera N2. La presión en la sección central de la bomba actúa en la parte inferior del pistón, provocando movimiento ascendente del mismo. De esta manera el ro-

dillo y la palanca se mueven a la derecha originando que el resorte mueva la bobina hacia la derecha.

Cuando la fuerza del resorte se iguala a la fuerza -
creada por el movimiento de la bobina el actuador es
tá en equilibrio y los obturadores están en posición -
neutral.

Los actuadores de acción inversa operan de idéntica -
forma excepto que el vástago del actuador se mueve -
hacia arriba cuando se incrementa la señal del instru-
mento.

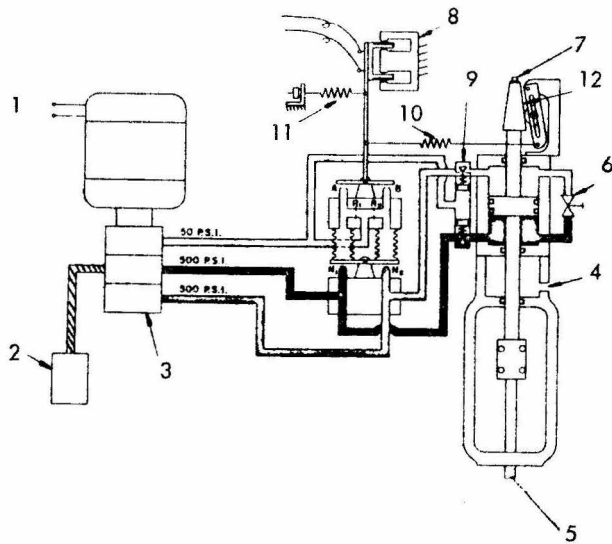


Fig. 27 Actuadores Electrohidráulicos

Todo actuador electrohidráulico esta formado principalmente por las siguientes partes tal como se indica en la figura 27:

1. Receptor de corriente a 115 volts y 60 ciclos.
2. Filtro de Succión.
3. Bomba de tres secciones con su sistema de válvulas de relevo.
4. Conexión de drene.
5. Vástago del actuador.
6. Válvula de By Pass.
7. Venteo.
8. Bobina.
9. Cilindro con válvulas de cierre.
10. Resorte de retroalimentación.
11. Resorte de la bobina.
12. Palanca de retroalimentación.

Los actuadores electrohidráulicos presentan la desventaja: de ser bastante caros en comparación con un actuador de diafragma, así como requerir una constante fuente de presión la cual se les suministra por mediante la bomba. Además en algunos casos las velocidades de operación de estos actuadores son menores que las de los actuadores de diafragma.

2.7.4 Actuadores Electromecánicos

Estos actuadores, diseñados para control proporcional, constan de un tren de engranes motorizado, el cual mueve el vástago de la válvula, un posicionador electrónico y un mecanismo de retroalimentación, un ejemplo típico de actuador electromecánico es mostrado en la figura 28.

En él la señal de entrada es alimentada al posicionador produciendo un voltaje que actúa sobre el tren de engrane motorizado, el movimiento resultante del vástago produce un voltaje enviado al posicionador: Cuando los voltajes de entrada y de salida son iguales, el motor para y el vástago permanece en la posición indicada por la señal del controlador.

Sí los voltajes son diferentes el motor mueve al vástago tendiendo a igualar dichos voltajes.

Estos actuadores presentan la ventaja de no requerir suministro de energía cuando el sistema esta en equilibrio,

así como la de poder ser colocados a grandes distancias del instrumento y de poder resistir bajas temperaturas sin el peligro de ser cubierto por una capa de hielo.

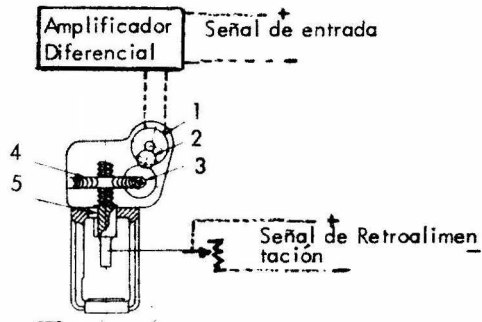


Fig. 28 Actuador Electromecánico

- 1.- Motor
- 2.- Engrane Primario
- 3.- Tornillo Sinfin
- 4.- Engrane de Tornillo Sinfin
- 5.- Collar

2.7.5 Actuadores Manuales

Se usan en sistemas donde se requieren pasar grandes cantidades de flujo, así como en sistemas donde no se tiene control automático.

Estos actuadores están formados por un indicador mon_

tado sobre el yugo el cual indica la posición del tapón de la válvula. Este indicador facilita al operador girar el actuador a la posición deseada rápidamente.

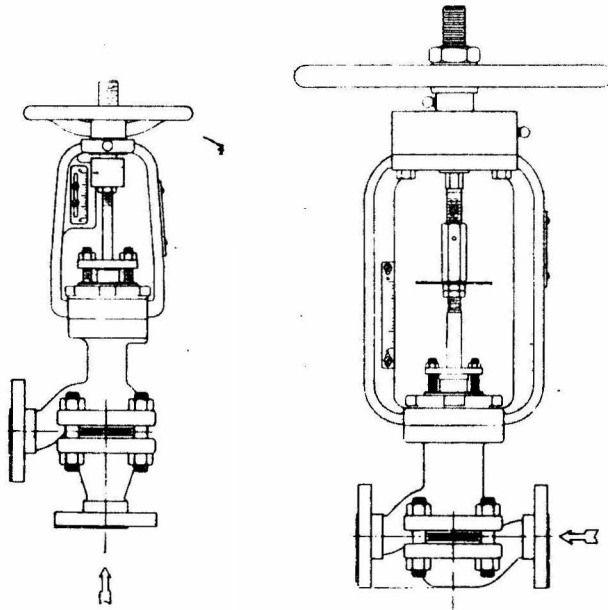


Fig. 29 Actuadores Manuales

2.8 Posicionadores

El posicionador es un recurso usado para asegurar que la posición del tapón de la válvula este de acuerdo a la señal del instrumento.

Los posicionadores se usan en aquellos casos donde factores tales como la fricción en la caja de empaque, desbalanceo de fuerzas en el vástago y diafragma e histéresis causan que el tapón de la válvula adquiera una posición que no esta en proporción con la señal del instrumento.

Las fuerzas que comunmente influyen en la posición del vástago son:

- 1o. La correspondiente al resorte
- 2o. La correspondiente a la presión del aire
- 3o. La fuerza de fricción entre el vástago y el estopero
- 4o. La fuerza debida a la caída de presión a través de la válvula

La fuerza originada por la fricción entre el vástago y el estopero actua siempre en dirección opuesta a aquella en la cual tiende a moverse; para que éste empiece a moverse a partir de una determinada posición tendría que tomar dos diferentes valores, según la dirección del movimiento. Este fenómeno se conoce como histéresis.

Quando se usa posicionador, la presión del controlador no es recibida por la válvula sino por el posicionador. Este recibe a la vez, una indicación de la posición de la válvula y hace una comparación de las señales recibidas. Si no hay correspondencia entre ellas, en

vía a la válvula la presión de aire necesario para que la haya, es - decir, para que la válvula tome la posición que debe corresponder a la señal que le esta enviando el controlador.

Las principales aplicaciones de los posicionadores son las siguientes:

- 1o. Para incrementar la capacidad de cierre hermético en válvulas de asiento sencillo.

Una aplicación común de un posicionador, con una presión de operación de 35 psig sobre una válvula de asiento sencillo, la cual opera con grandes caídas de presión.

Si el resorte de la válvula se comprime al variar la presión sobre esta entre 3 y 15 psig; las primeras 15 psig del posicionador son para vencer la presión del resorte.

Los restantes 20 psig son disponibles para cerrar la válvula - venciendo la fuerza debida a la caída de presión existente en la misma.

- 2o. Para incrementar la velocidad de operación de la válvula.

Si una válvula es operada directamente por un controlador - neumático la velocidad de operación de la válvula depende de:

- a) Longitud y tamaño de la conexión
- b) Del volumen del actuador
- c) La capacidad del piloto en el controlador.

Cuando se usa un posicionador la señal del controlador es recibida directamente por éste, requiriendo sólo una pulgada -

cúbica de aire; con lo cual evita que fluyan grandes cantidades de aire del posicionador al actuador. De esta forma se incrementa la velocidad de respuesta. También el piloto del posicionador tiene un puerto de suministro mayor al del controlador, por lo tanto el aire viaja más rápido del posicionador al actuador con lo cual se incrementa la velocidad de respuesta.

- 3o. En servicios donde se forman depósitos de coque en el interior de la válvula.

Esta acumulación de residuos provoca endurecimiento del Trim de la válvula, en ocasiones este endurecimiento es gran magnitud y el uso del posicionador es inútil. En estos casos la válvula debe mantenerse a temperaturas altas mediante corrientes de vapor o calentadores eléctricos.

- 4o. Cuando el fluido que pasa a través de la válvula requiere empaque duro.

En esta condición se usa el teflón, pero en casos donde este empaque no se usa se usan fuelles de sello.

- 5o. Donde se tienen altas velocidades del fluido a través de una válvula de asiento sencillo.

- 6o. En válvulas de rango dividido.

Válvulas de rango dividido son aquellas que se operan con parte del rango de la señal del controlador. De tal forma que una de ellas opera con un cambio de señal de 3 a 9 lb. y la otra opera con un cambio de señal de 9 a 15 lb., siendo el rango -

de la señal del controlador de 3 a 15 lbs.

- 7o. En válvulas diseñadas para responder cambios de señal del controlador de 2 psi o menores.
- 8o. Cuando se requiere ajuste entre la señal del controlador y el movimiento del vástago. Este ajuste es determinado por la magnitud de la banda proporcional. En el caso de tener pequeña banda proporcional no es necesario usar posicionador; en tanto que cuando se tiene una banda proporcional amplia, sí es necesario el uso de posicionador.
- 9o. Para válvulas de tres vías.
- 10o. Instalaciones donde la válvula de control esta a gran distancia del controlador.

Los posicionadores generalmente son instalados en posición lateral a los actuadores de diafragma y en la parte superior de los actuadores de pistón. Ellos son mecánicamente conectados del vástago de la válvula, así que la posición de este pueda ser comparada con la posición dada por el controlador.

Existen dos diseños básicos de posicionadores más comunmente usados, ordinariamente denominados de Balance de Fuerzas y de Balance de Movimiento.

En el posicionador que funciona bajo el principio de balance de fuerzas, transforma las dos señales recibidas por él (presión del controlador y posición de la válvula) en fuerzas. Cuando existe una diferencia entre dichas fuerzas, automáticamente modifica la posición

de la válvula en la dirección necesaria para establecer el equilibrio.

Existen dos clases principales de posicionadores que operan mediante balance de fuerzas, el primero de ellos es neumático y el segundo de ellos es electroneumático. En la figura 30 se muestra un posicionador neumático en el que existe balanceo de fuerzas. La presión de salida del instrumento es aplicada a los fuelles a medida que ésta aumenta, los fuelles hacen girar la palanca angular sobre un rodamento flexionante sin fricción, con lo que el revelador del piloto incrementa la presión de salida del posicionador a la válvula de control. El movimiento resultante del vástago de la válvula es transmitido a través del eslabon de separación y palancas del posicionador al resorte de balance de fuerzas cargándolo hasta que la tensión de este equilibre la fuerza de oposición de los fuelles.

Cuando la fuerza de los fuelles y la fuerza del resorte están en equilibrio el vástago permanece en reposo.

El posicionador electroneumático mostrado en la figura 31, es del tipo de balance de fuerzas, en el cual la posición del vástago está de acuerdo a la señal eléctrica del controlador. Como se muestra en la figura el posicionador, suministra aire a la válvula de control hasta que la fuerza de retroalimentación del resorte balancea la fuerza de la bobina electromagnética.

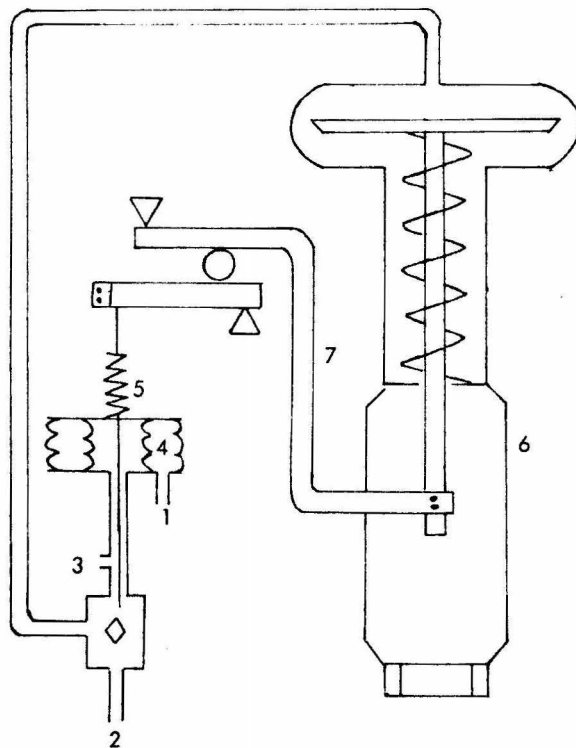


Fig. 30 Posicionador de Balance de Fuerzas Neumático.

- 1.- Señal del Instrumento
- 2.- Suministro de Aire
- 3.- Salida de Aire
- 4.- Fuelles
- 5.- Resorte
- 6.- Válvula
- 7.- Palanca de Retroalimentación

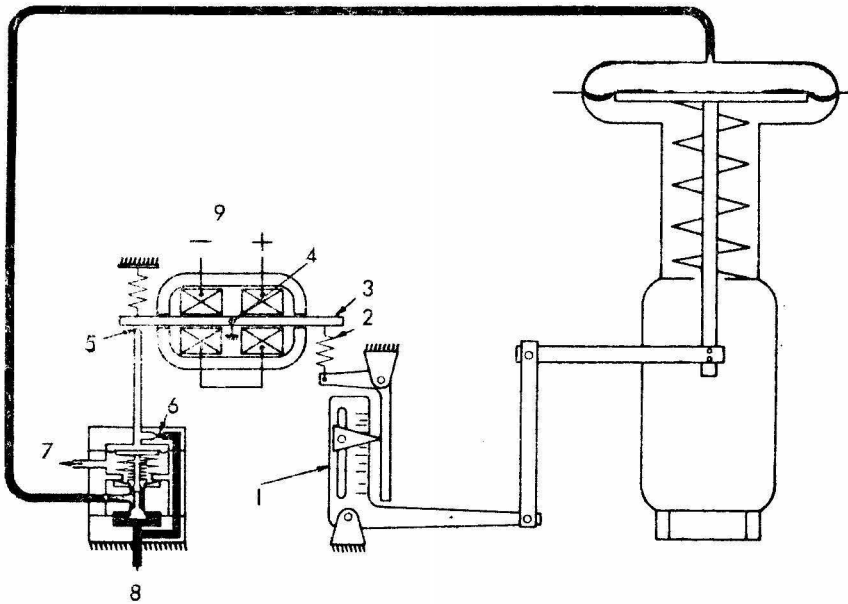


Fig. 31 Posicionador de Balance de Fuerzas Electroneumático.

- 1.- Escala Indicadora del Viaje
- 2.- Resorte de Retroalimentación
- 3.- Armadura
- 4.- Alambre de Torción
- 5.- Tobera
- 6.- Restricción
- 7.- Salida
- 8.- Alimentación
- 9.- Señal del Instrumento

El posicionador donde existe balance de movimiento, como el ilustrado en la figura 32, consta principalmente de fuelles que reciben la señal del instrumento, un juego de obturador y tobera y un sistema de retroalimentación que proviene del vástago de la válvula. El aire es suministrado a través de un orificio y una restricción. Al incrementar la presión del instrumento se expanden los fuelles, causando que el obturador tape la tubería. La presión en la tobera aumenta, provocando que se abra el suministro de aire al diafragma de la válvula; la presión de salida al actuador de diafragma incrementa, por lo que el vástago se mueve hacia abajo. El movimiento del vástago se alimenta al obturador mediante una palanca. Esto provoca que la tobera se destape. Cuando la señal del instrumento disminuye los fuelles se contraen, se destapa la tobera y el aire existente en el diafragma se envía a la atmósfera, con lo cual el vástago se mueve hacia arriba. El movimiento del vástago es comunicado a una palanca que mueve el obturador. Cuando se obtiene equilibrio se cierra el diafragma para evitar depresión en el mismo.

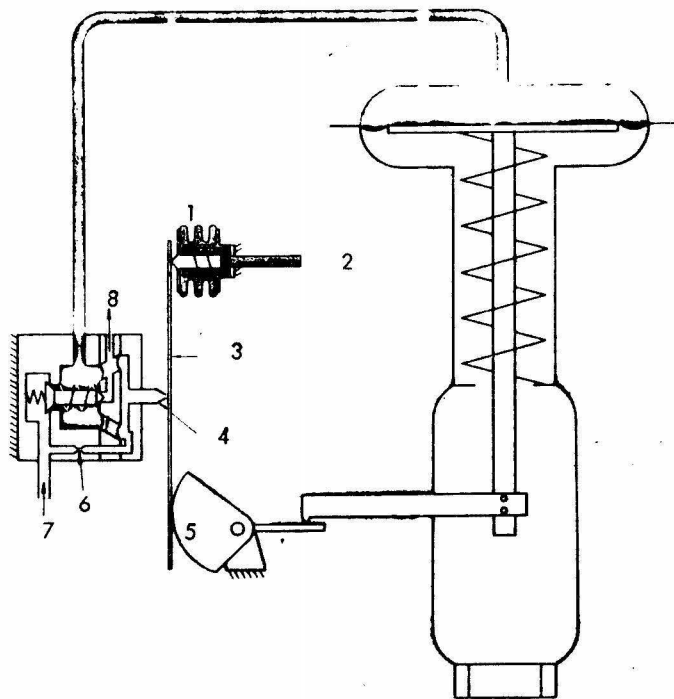


Fig. 32 Posicionador de Balance de Movimiento

- 1.- Fuelles
- 2.- Instrumento
- 3.- Obturador
- 4.- Tobera
- 5.- Leva
- 6.- Restricción
- 7.- Alimentación
- 8.- Salida

CAPITULO IV

CAPITULO II

Especificación de válvulas de control.

1.0 Datos contenidos en la especificación.

La especificación de válvulas de control constituye un papel importante del diseño, compra y fabricación de las mismas.

Tanto fabricantes como usuarios de válvulas de control han desarrollado especificaciones standards basadas en las hojas de datos de ISA (Instrument Society of America).

Estas especificaciones contienen básicamente los siguientes datos:

1. Número de válvula.
2. Cantidad de válvulas requeridas.
3. Tamaño del cuerpo y del puerto.
4. Tipo de cuerpo.
5. Material
6. Conexiones y capacidad de las mismas
7. Tipo de bonete
8. Especificar si se requiere lubricador
9. Tipo de empaque
10. Puerto sencillo o puerto doble
11. Tipo de actuador
12. Característica inherente y tipo de tapon
13. Señal de abertura y cierre (esta es la señal del controlador y difiere de la señal de salida del posicionador).
14. Posición de la válvula a falla de aire.

15. Especificar si se requiere de posicionador
16. Tipo de fluido
17. Unidades de flujo
18. Flujo normal
19. Flujo máximo
20. Flujo mínimo
21. Caída de presión normal
22. Caída de presión máxima
23. Caída de presión mínima
24. Temperatura y presión de vapor
25. Densidad absoluta o densidad relativa
26. Para fluidos viscosos especificar el valor de la viscosidad
27. % de vaporización en casos donde ocurra flasheo

2.0 Dimensionamiento de válvulas de control.

El dimensionamiento de válvulas de control depende de los siguientes factores:

1. Datos del flujo.
Flujo máximo, normal y mínimo,
Caída de presión máxima, normal y mínima.
2. Datos del fluido.
Nombre:
Fase: líquido, gas, lodo, etc.
Propiedades: Viscosidad, densidad, peso molecular, etc.

3. Influencia de la Tubería.

Presencia de reductores u otros accidentes que cambian la capacidad normal de la válvula.

4. Influencia del Sistema.

Control dinámico. Seguridad.

5. Estilo de válvula.

Selección basada en la aplicación. Capacidad. Resistencia a la corrosión y erosión. Requerimientos especiales (cierre hermético bajo grado de ruido). Deducción de la ecuación general para dimensionar válvulas de control que manejan fluidos incompresibles.

Todo fluido fluyendo a través de una válvula de control sigue las leyes de la conservación de la materia y de la conservación de la energía, expresadas en las ecuaciones de mecánica de fluidos. Cuando cualquier fluido que fluye en una tubería pasa a través de una restricción, este es acelerado. La energía para esta aceleración debe ser tomada de la presión del fluido o de la cabeza estática. Después de pasar por la restricción, el fluido es desacelerado y parte de esta cabeza o presión es recuperada. La parte no recuperada de presión ha sido convertida en energía interna por fricción. En la figura 33 se muestra el gradiente de presión existente alrededor de una válvula u orificio.

Despreciando la fricción y otras influencias no ideales la

ecuación de bernoulli aplicada a un fluido circulando a través de una restricción es

$$V_2^2 - V_1^2 = 2 gh \quad (3)$$

donde V_1 y V_2 son las velocidades medias del fluido a través de las áreas a_1 y a_2 respectivamente, g es la aceleración de la gravedad y h es la diferencia de cabeza medida en Ft de fluido.

Si a_1 es el área de la tubería y a_2 es el área de la vena contracta

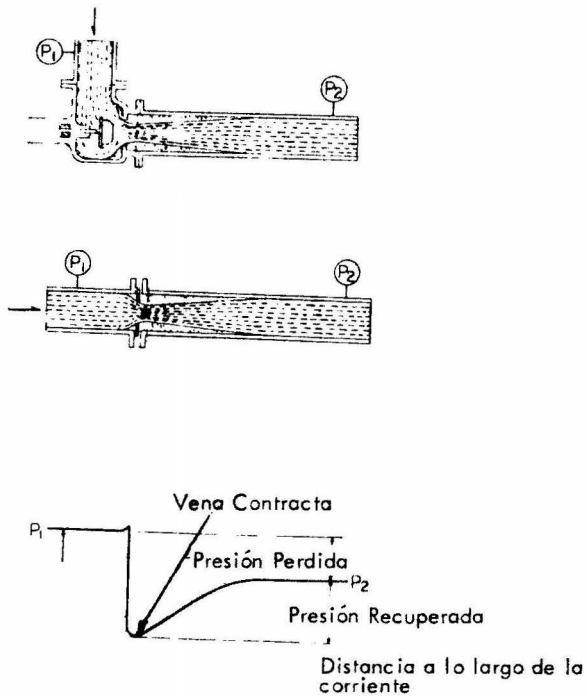


Fig. 33 Gradiente de Presión que se establece cuando un fluido pasa a través de una restricción.

$$\frac{q_t^2}{a_2^2} - \frac{q_t^2}{a_1^2} = 2gh$$

$$q_t^2 \left(\frac{a_1^2 - a_2^2}{a_2^2 * a_1^2} \right) = 2gh$$

$$\frac{q_t^2}{a_2^2} \left(1 - \frac{a_2^2}{a_1^2} \right) = 2gh$$

$$h = \frac{P_2 - P_1}{\rho}$$

$$q_t^2 = a_2^2 * 2g \frac{P_2 - P_1}{\rho} \left(1 - \frac{a_2^2}{a_1^2} \right)$$

$$q_t = \frac{a_2 * \sqrt{2g \frac{P_2 - P_1}{\rho}}}{\sqrt{1 - a_2^2/a_1^2}} \quad (5)$$

Donde q_t es el flujo en pies cúbicos por segundo. Como en la ecuación (3) no se considera la fricción ni la contracción de la corriente la ecuación 5 debe ser modificada por un factor que considere estos efectos

$$q_t = \frac{a_2 * C}{\sqrt{1 - a_2^2/a_1^2}} * 2g \left(\frac{P_2 - P_1}{\rho} \right) \quad (6)$$

$$\text{Si } K = \frac{C}{\sqrt{1 - a_2^2/a_1^2}}$$

$$q_t = a_2 * K * \sqrt{2g (P_2 - P_1)/\rho} \quad (7)$$

donde a_2 es el área de la restricción y $P_2 - P_1$ es la caída de presión a través de la válvula.

El desarrollo de las ecuaciones de la 3 a la 7 es basado en que la presión P_2 está siendo medida en la vena contracta. Si P_2 es medido en un punto posterior a la vena contracta, como es costumbre en las válvulas de control es necesario incluir otro factor de corrección.

$$F_L = \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_{vc}}} \quad (8)$$

La relación expresada por la ecuación (8) es correcta si $P_1 - P_{vc}$ permanece constante. Introduciendo el factor F_L en la ecuación (7)

$$q_t = \frac{a_2 * K}{F_L} * \sqrt{\frac{\Delta P}{G}} \quad (9)$$

El término entre paréntesis de la ecuación (9) es reemplazado por un coeficiente determinado experimentalmente llamado C_v , con lo que esta ecuación se expresa de la siguiente forma:

$$q = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{G}} \quad (10)$$

En función del C_v se determina el tamaño de la válvula.

Por definición el coeficiente de la válvula C_v es el número de galones por minuto de agua a 60°F que pasan a través de una válvula cuya caída de presión es de 1 lb/in². Para calcular el C_v es necesario conocer el tipo de fluido, gas o líquido, la caída de

presión, el flujo y la densidad relativa.

Caída de presión a través de la válvula.

Generalmente la caída de presión a través de la válvula es expresada como un porcentaje de la caída de presión disponible en el proceso. Por regla general se supone que una tercera parte de la caída de presión disponible es absorbida por la válvula.

En válvulas instaladas en líneas de gran longitud ó en líneas de gran caída de presión, el porcentaje de caída de presión a través de la válvula puede estar comprendido entre el 15 y el 25%. La magnitud de la caída de presión a través de la válvula varía conforme la válvula incrementa o decrementa el flujo, ya que al incrementar el flujo la caída de presión en la línea aumenta disminuyendo la caída de presión en la válvula. Conforme la caída de presión a través de la válvula disminuye, su habilidad para incrementar rápidamente el flujo se reduce; de tal forma que donde sólo un pequeño porcentaje de caída de presión disponible es absorbida por la válvula está no regula adecuadamente el flujo.

Flujo a través de la válvula de control.

La máxima cantidad de flujo que puede ser manejada por una válvula de control está comprendida entre el 15 y el 50% más del normalmente requerido por el proceso, de manera que la válvula deje pasar el flujo normal cuando opera entre el 60 y el 75% de abertura. Esto es con el objeto de evitar que la válvula quede sobrediseñada o sea de tamaño menor al requerido; debido a que sí la válvula es sobrediseñada el flujo normal pasa cuando el vástago está en la parte -

baja de su carrera, lo cual es indeseable ya que cuando en la parte baja de la carrera del vástago el comportamiento de la válvula es irregular. Si la válvula es de tamaño menor al requerido, el flujo normal pasa cuando el vástago está en la parte alta de su carrera, esto presenta el inconveniente de que la válvula alcanza su posición 100% abierta sin satisfacer las demandas del controlador.

2.1 Dimensionamiento de válvulas de control que manejan líquidos.

El procedimiento empleado para dimensionar válvulas de control que manejan líquidos considera la posibilidad de cavitación y flasheo debido a que estos fenómenos limitan la capacidad de la válvula y pueden producir daño físico de la misma.

2.1.1 Cavitación y Flasheo.

Estos fenómenos son de bastante interés debido a que afectan los procedimientos de diseño, pueden producir ruido y limitan la vida de los componentes de la válvula y la tubería que le precede a ésta.

La cavitación es un fenómeno que comprende dos etapas, en la primera se presenta la formación de burbujas o cavidades dentro del sistema líquido. Estas cavidades son desplomadas cuan

do se requiere que estas retornen al estado líquido. Si la cavitación fuera detenida antes de que la segunda etapa se lleva a cabo, de manera que el vapor persista abajo de la región donde normalmente se lleva a cabo el desplome de las burbujas, este proceso se conoce como flasheo.

Para visualizar el origen de estos fenómenos, consideremos un líquido fluyendo en una tubería provista de una restricción tal como una válvula de control con una abertura fija. En la figura 34 se muestra el sistema así como la gráfica de presión y velocidad contra distancia. En el punto anterior el orificio, fluye una corriente líquida con una presión mayor a la presión de vapor. La energía total del fluido (ignorando el factor elevación) puede ser obtenida sumando las contribuciones de presión y velocidad.

Conforme el fluido se aproxima a la restricción el área de flujo decrece, incrementando la velocidad.

25

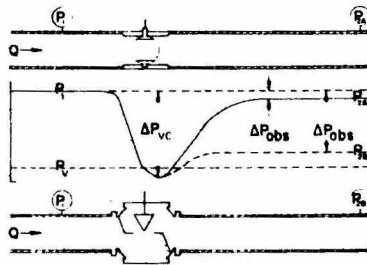
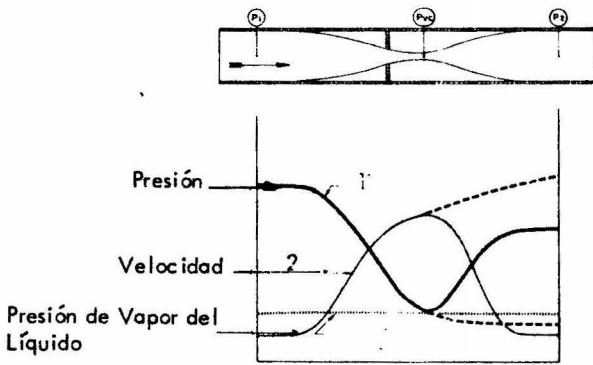


Fig. 34 Variación de la presión y la velocidad cuando un fluido circula a través de una restricción.

Como la suma de las cabezas por presión y velocidad permanecen aproximadamente igual, un intercambio de energía tiene lugar entre la presión y la velocidad.

Al salir de la restricción la corriente adquiere su mínima área de flujo, su máxima velocidad y su mínima presión. Este punto es llamado vena contracta. Si la velocidad se incrementa en gran magnitud, la presión se decrementa hasta la presión de vapor, permitiendo la formación de burbujas en la corriente, lo cual constituye la primera etapa de la cavitación.

Al salir de la vena contracta la fricción del fluido, ocasiona que la corriente se desacelere, con lo cual se incrementa la presión. Este intercambio inverso de energía entre la velocidad y la presión es llamado presión de recuperación. Las burbujas de vapor formadas como resultado de la reducción de presión en la vena contracta a la presión de vapor del líquido, no pueden existir al incrementar la presión y son forzadas a desplomarse o a chocar para regresar al estado líquido.

Si la presión en la corriente posterior a la restricción se mantiene a un nivel igual o menor que la presión de vapor del líquido, el fluido tendrá su porcentaje de vapor, la velocidad de la corriente se incrementará teniéndose flasheo en lugar de cavitación.

La cavitación se presenta en los siguientes casos:

- 1o. Si el fluido a la entrada y a la salida de la válvula es líquido. Es decir no existirá vapor a la entrada de la válvula o inmediatamente después de la misma.
- 2o. Si el líquido se encuentra subenfriado a la entrada cualquier caída de presión a través de la válvula provocaría la existencia de vapor a la salida de la misma.
- 3o. La presión a la salida de la válvula debe ser mayor que la presión de vapor del líquido.

Para que ocurra flasheo se requiere lo siguiente:

El fluido a la entrada debe ser completamente líquido mientras que a la salida algo de vapor debe contener. Obviamente si el vapor está presente a la entrada cualquier presión diferencial aplicada a la válvula, traerá como consecuencia que se incremente la cantidad de vapor. Esta restricción requiere ausencia de vapor a la entrada de la válvula, debido a que el procedimiento de dimensionamiento de la válvula es considerablemente más complicado cuando la corriente de entrada contiene vapor.

El fluido a la entrada estará a condición saturada o subenfriada.

La presión de salida de la válvula debe ser menor que la

presión de vapor del líquido.

Efectos de la Cavitación. - Los principales efectos de la cavitación son el ruido, las vibraciones, el daño físico y el decremento de la eficiencia. Todos ellos con excepción del decremento de la eficiencia, son originados por el desplome de las burbujas; en tanto que este último es originado por la formación de burbujas. Al iniciarse la cavitación en una válvula de control se produce un ruido silbante, algunas veces intermitente, emanado de la corriente que sale del cuerpo de la misma. Este ruido sin embargo se confunde con el sonido normal del flujo. Conforme se intensifica la cavitación, debido al incremento de presión diferencial, el nivel de sonido incrementa; siendo en ocasiones de una intensidad tal que da la impresión de que pasa algo grave.

Del proceso físico que origina el ruido, se produce la vibración. La intensidad de la misma depende de factores tales como la masa del sistema, la distribución de sus componentes y la sensibilidad a la vibración de los mismos. Reportes de variedad de tipos de válvulas de control indican que cuando existen severas condiciones de cavitación, se producen vibraciones que ocasionan serios problemas. El efecto más dramático de la cavitación es el daño material que produce. Bajo severas condiciones de cavitación

los materiales del trim incluyendo a los de mayor dureza, son dañados. Un ejemplo de esto se encuentra en la figura 35, donde se muestra un tapón hecho a base de -- Stellite No. 6, un material que presenta alta resistencia a la cavitación.

En general se establece que la resistencia al daño de la cavitación incrementa con el incremento de la dureza. Numerosos investigadores han estudiado el problema, intentando correlacionar la resistencia al daño con propiedades de los materiales tales como resistencia a la tensión, módulo de elasticidad y dureza. Encontrando que con ninguna de estas propiedades se obtienen correlaciones que se apaguen a los datos experimentales.

En la actualidad uno de los métodos empleados para medir la resistencia de materiales a la cavitación es sometiendo a tapones, elaborados con diversos materiales, a idénticas condiciones de cavitación. El tiempo requerido para ocasionar igual cantidad de daño es medido. En la Tabla No. 1 se muestra la resistencia relativa de varios materiales del trim bajo pruebas de este tipo. Un cuerpo cuya trim elaborado de acero inoxidable tipo 316, fue sometido a cavitación hasta que recibió cierta cantidad de daño. El tiempo requerido para dicho daño fue anotado. Posteriormente varios tapones elaborados con otros materiales se sometieron

a idénticas condiciones hasta tener idéntica cantidad de daño que el acero tipo 316. De estas pruebas se determinaron valores de índice de resistencia al daño de la cavitación dividiendo el tiempo requerido para producir el daño en varios materiales entre el tiempo requerido para producir el mismo daño en el acero tipo 316.

T A B L A No. 1

Materia!	Horas de Prueba	Índice
Stellite	120	20
Die Steel	120	20
Tipo 316 SS Electrolizado	12	2
Tipo 316 SS	6	1.0
Fierro Fundido (A-126-C)	4.5	.75
Cromo Molibdeno, S (C5)	4.0	.67
Fierro Nodular (A 395)	2.5	.42
Acero al Carbón (WCB)	2.25	.38
Acero al Carbón (AISI1213)	1.0	.17
Bronce	.5	.08
Aluminio	2 min	.006



QUÍMICA

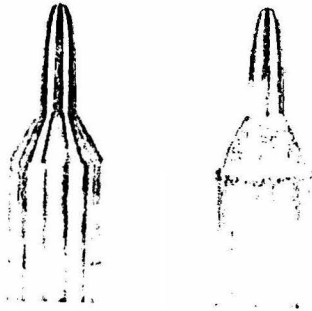
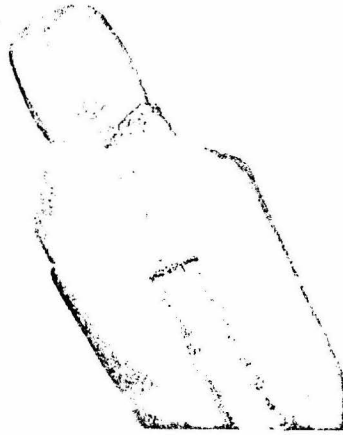


Fig. 35 Efectos producidos por la cavitación en el tapón de la válvula.

Varias teorías han sido desarrolladas para explicar el mecanismo de daño al material de la válvula cuando se somete a cavitación. En ellas se llega a la conclusión que el daño ocurre en lugares próximos a donde las burbujas se desploman. Una de estas teorías sugiere que cuando las burbujas tienden a desaparecer, originan ondas de choque y cuando estas se producen en lugares cercanos a la pared la superficie de esta es golpeada por dichas ondas con lo cual se deteriora el material. Si las ondas aparecen a suficiente distancia de la superficie sólida, no provocaran daño físico, ya que su energía es transmitida al líquido.

Otra teoría dice que cuando las ondas de choque golpean la superficie, provocan aumento de temperatura en ésta, debido a la absorción de energía. Tal aumento en la temperatura puede ser suficiente para que el material de la superficie reaccione con el fluido circulante; con lo cual se forma una película que se desprende debido a los golpeteos posteriores.

Aunque existan desacuerdos entre las teorías que expliquen los mecanismos de daño, no hay material que indefinidamente resista el esfuerzo impuesto por severas condiciones de cavitación.

La ocurrencia de la cavitación o flasheo dentro de una válvula de control da como resultado un decremento en la habi

lidad de la válvula para convertir la caída de presión a través de esta en flujo. Para un líquido la relación entre la velocidad del flujo, la caída de presión y la densidad relativa del mismo, para un determinado porcentaje de abertura de la válvula es generalmente expresada en forma sencilla tal como en la ecuación (10).

$$q = C_v \sqrt{\Delta P / G_f} \quad (10)$$

q = Flujo del líquido GPM

ΔP = Presión diferencial a través de la válvula en Psi.

Gf = Densidad relativa del líquido

Cv = Coeficiente de flujo.

En esta ecuación se observa que el flujo es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la caída de presión y que la constante de proporcionalidad es el factor Cv.

La mayoría de fabricantes de válvulas de control determinan el factor Cv de acuerdo con un procedimiento estandar, en el cual se requiere que las caídas de presión a través de la válvula esten entre 5-10 psi y la presión de salida de la válvula sea mayor o igual a 2 psig. Usando agua, los flujos de esta son medidos a cada tres valores de caída comprendidos entre 5-10 psi. El flujo es dividido entre su correspondiente caída de presión con lo cual se obtienen los respectivos valores de Cv. A partir de estos valo-

res experimentales se calcula un valor medio que indica la capacidad de la válvula a la abertura en que se llevaron a cabo las pruebas. Al incrementar la caída de presión más allá de los límites mencionados anteriormente, manteniendo igual la abertura de la válvula y la presión de entrada a ésta, se tendrá un punto donde los valores del C_v calculado comienzan a disminuir. Este decremento del coeficiente indica la aparición de la cavitación dentro de la válvula. Conforme las burbujas de vapor son formadas el volumen específico del fluido circulante comienza a aumentar y el flujo empieza a ser crítico. Una vez iniciada la cavitación al incrementar la caída de presión a través de la válvula, disminuye el coeficiente del flujo; debido a que el flujo se convierte en crítico, así que cualquier incremento en caída de presión no provoca incremento en flujo.

Un factor adimensional experimentalmente determinado de la gráfica de q vs ΔP (fig. 36) a fijos valores de presión de entrada y de abertura de la válvula es usado para describir el punto inicial de desviación de la proporcionalidad entre q y ΔP . Este factor es denominado índice de cavitación K_c y es definido como sigue:

$$K_c = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_v} = \frac{\Delta P}{P_1 - P_v} \quad (11)$$

donde

P_1 presión de entrada a la válvula psia.

P_2 presión de salida de la válvula psia.

P_v presión de vapor del líquido a la entrada de la válvula.

Físicamente el factor K_c representa la fracción total disponible de la diferencia entre presión entrada y presión de vapor que puede ser tomada como caída de presión a través de la válvula antes de que la cavitación se inicie.

La caída de presión en la que se inicia la cavitación en una válvula de control se define como caída de presión crítica. Existe completa cavitación cuando la caída de presión a través de la válvula es mayor ó igual a la caída de presión crítica. La caída de presión crítica se define mediante la siguiente ecuación:

$$P_c = C_f^2 * (P_1 - P_v) \quad (12)$$

C_f = Factor de flujo crítico depende del tipo de válvula.

P_1 = Presión de entrada a la válvula

P_v = Presión de vapor del líquido a la temperatura de flujo.

ΔP_c = Caída de presión crítica a través de la válvula de control.

Métodos para evitar la cavitación.

- 1o. Reduciendo la caída de presión a través de la válvula para que esta sea menor que la caída de presión crítica. Esto se puede hacer incrementando la presión a la entrada de la válvula seleccionando la localización de la misma en un lugar de baja elevación.
- 2o. Seleccionar un tipo de válvula que tenga un valor grande de C_f .
- 3o. En casos extremos instalar dos válvulas en serie con lo cual se aumenta el valor de C_f .

$$C_{fr} = \sqrt{C_f \text{ sencilla}} \quad (13)$$

Coefficiente de recuperación de presión de una válvula.

El coeficiente de recuperación de una válvula es una medida de la cantidad de presión que se recupera entre la vena contracta y la salida de la válvula. Este coeficiente se designa por el símbolo K_m y es definido por la ecuación (14).

$$K_m = \frac{\Delta P_m}{\Delta P_{vc}} = \frac{\Delta P_m}{P_1 - P_{vc}} \quad (14)$$

ΔP_m = Caída de presión a través de la válvula requerida para producir flujo crítico psi.

ΔP_{vc} = Caída de presión entre la entrada de la válvula y la vena contracta a flujo crítico.

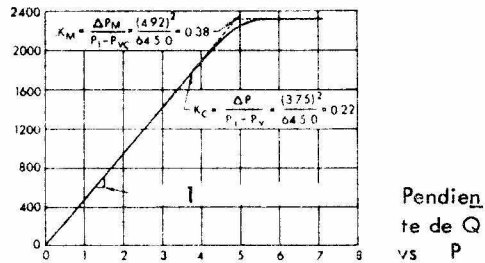


Fig. 36 Variación de la caída de la raíz. Presión contra el flujo, cuando el líquido pasa a través de una restricción

Sobre la gráfica de q vs P , tal como la mostrada en la figura 36, K_m se determina en la intersección de las rectas 1).— donde q es proporcional a la raíz de P y 2) donde q es constante.

De la definición, es claro que K_m representa la fracción de la diferencia entre la presión de entrada y la presión existente en la vena contracta a flujo crítico que puede ser tomada como caída de presión en la válvula, antes que

se tenga flujo crítico.

Efectos del flasheo.

Cuando un fluido se flashea en una válvula de control, se deben considerar dos problemas asociados a este fenómeno: el daño físico y el decremento en la eficiencia.

En el flasheo de un líquido, el volumen del vapor formado es mayor que el volumen del líquido así que la corriente líquida tiende a adquirir la velocidad del vapor. Su impacto sobre la pared de la tubería tiene la misma tendencia a deformar y remover el material en forma de partículas sólidas. Los materiales seleccionados para resistir el daño material provocado por el flasheo son aleaciones de acero tales como wc9, wc6 y c5.

El flasheo provoca decremento en la capacidad de la válvula de igual magnitud al provocado por la cavitación.

En el dimensionamiento de válvulas de control que manejan líquidos es necesario tomar medidas preventivas para evitar la cavitación. Esto se logra calculando la caída de presión crítica y comparandola con la caída de presión disponible en la válvula. El más pequeño de los valores es substituido en la ecuación de diseño.

Por lo tanto si $\Delta P_{\text{válvula}} < \Delta P_{\text{c}} \quad \text{el } C_v \text{ se calcula con la ecuación (15).}$

$$C_v = q \sqrt{\frac{\Delta P}{G}} \quad (15)$$

Si ΔP_s en la válvula $\geq \Delta P_s$ el C_v se calcula mediante la ecuación (16)

$$C_v = \frac{q}{C_f} * \frac{G}{P_s} \quad (16)$$

donde $\Delta P_s = P_1 - P_v$

De esta forma cuando la caída de presión en la válvula es menor que la caída de presión crítica se tiene flujo subcrítico y el C_v se calcula usando la ecuación 15, en caso contrario se tiene flujo crítico y el C_v se calcula mediante el uso de la ecuación 16.

2.2 Dimensionamiento de válvulas de Control que manejan gases.

Cuando un gas pasa a través de una válvula este se expande conforme la presión va disminuyendo, por tanto su volumen específico aumenta conforme éste pasa de la entrada de la válvula a la vena contracta. El volumen específico efectivo es aproximadamente el valor medio entre el volumen específico a la entrada y el volumen específico a la salida.

La forma de explicar el cambio de volumen específico en las ecuaciones de diseño, es introduciendo el factor, de expansión en la ecuación de líquidos.

Si la ecuación básica para líquidos transformada a libras por hora es:

$$W = 63.3 C_v \sqrt{\Delta P * Y} \quad (17)$$

donde W es el flujo en libras por hora y Y la densidad en lb/ft³. Si el fluido es compresible, en la ecuación (17) se debe introducir el factor de expansión con lo cual se tiene:

$$W = 63.3 C_v Y \sqrt{\Delta P * Y} \quad (18)$$

El valor de Y varía con los siguientes factores:

x = relación entre la caída de presión y la presión de entrada.

m = relación entre el área del puerto y el área de cuerpo.

Re = número de Reynolds

k = relación de calores específicos Cp/Cv.

Tanto el efecto del Re como el de k sobre el valor de Y es insignificante. De manera que el factor de expansión depende únicamente de la relación de áreas; así como de la relación entre la caída de presión y la presión de entrada.

En la figura 37 se muestra la relación de Y vs x para diferentes cuerpos de válvulas.

En esta figura todas las rectas terminan en un valor de Y = .667. Esto es debido a que el último incremento de flujo que pasa por la restricción para cualquier presión de entrada a una abertura de la válvula dada, se tiene cuan-

do el producto de $Y \cdot x$ alcanza un máximo. Por lo tanto para cada restricción hay un límite de caída de presión el cual corresponde a un valor de x_t .

Es decir que una vez fijada la presión de entrada y la abertura de la válvula existe una caída de presión arriba de la cual no se tiene incremento de flujo aún cuando se incremente dicha caída de presión.

Cuando $x = x_t$ $Y = .667$ por lo tanto

$$Y = 1 - \frac{x}{3 x_t} \quad (19)$$

El valor de x_t depende de la caída de presión crítica, que a su vez depende de la presión de entrada y del factor de flujo crítico es decir:

$$x_t = \frac{\Delta P_c}{P_1}$$

donde

$$\Delta P_c = \text{constante} * C_f * P_1$$

por lo tanto

$$x_t \propto C_f$$

$$x_t = .84 * C_f \quad (20)$$

Tomando en cuenta el valor de x la ecuación 18 queda transformada en:

$$W = 63.3 C_v Y x P_1 \quad (20)$$

Limitaciones de la ecuación 21:

- 1o. La variación de k . La ecuación 21 está basada en la k del aire = 1.4. Para cualquier otro valor de k el máximo error que se tiene

es del 10%. Este ocurre cuando se seleccionan válvulas de alta capacidad o bien el gas tiene un valor de k muy bajo.

- 2a. Cuando se tiene alta caída de presión, la velocidad del gas es también alta y altas velocidades de gas producen ruido.

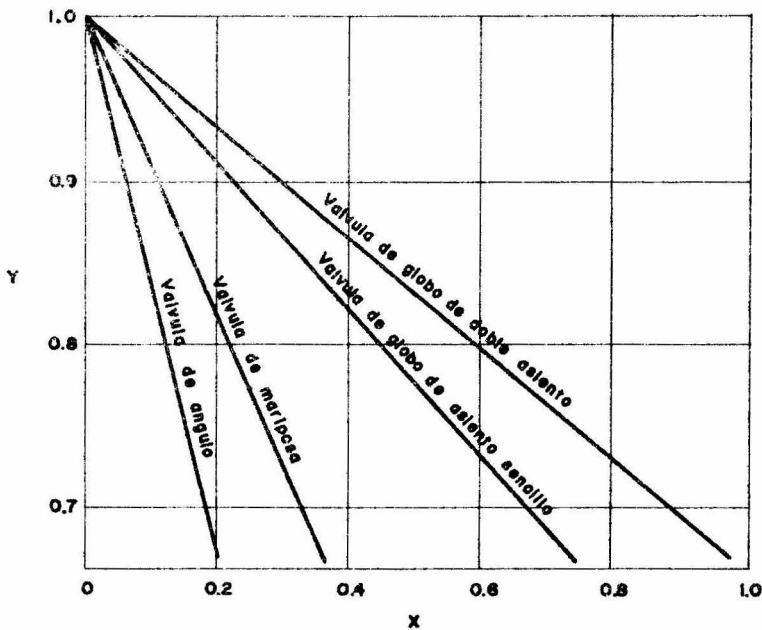


Fig 37.

Factor de expansión Y , como función de la relación de caídas de presión X .

Para cuatro tipos diferentes de válvulas.

2.3 Dimensionamiento válvulas de control para el caso de líquidos que se flashan.

Al fluir un líquido saturado a través de una válvula de control, se presentan los siguientes cambios:

- a) Conforme decrece la presión, disminuye la temperatura de saturación y la entalpía del fluido que permanece como líquido, es reducida en proporción a la reducción de temperatura.
- b) El calor liberado por la reducción de entalpía del líquido, es absorbido como calor latente para evaporar parte del fluido.
- c) Conforme el vapor se produce, se incrementa el volumen específico de la mezcla.
- d) La energía de presión es transformada en energía cinética.

Benjamín y Miller (1) tomando en cuenta los cambios anteriores, desarrollaron una ecuación para flasheo de líquidos en tuberías.

Caída de presión = Pérdidas por fricción + incremento en energía cinética.

$$v dP = \frac{V dV}{g} + f \frac{V^2}{2g} \frac{dx}{D} \quad (31)$$

donde:

v = volumen específico de la mezcla en

p = Presión en lb/ft²

V = Velocidad en ft/seg

D = Diámetro de la válvula (ft)

F = Factor de fricción

x = Distancia a través de la cual la mezcla fluye.

La velocidad del fluido se calcula mediante la ecuación (32)

$$V = \frac{w v}{A} \quad (32)$$

A = Area ft²

W = Gasto en lb/seg

Substituyendo 32 en 31

$$v \, dP = \left(\frac{w}{A} \right)^2 \frac{v \, d v}{g} - \frac{F}{D} \left(\frac{w}{A} \right)^2 \frac{v^2 \, d x}{2g} \quad (33)$$

dividiendo (33) entre v^2

$$\frac{dP}{v} = \left(\frac{w}{A} \right)^2 \frac{d v}{v g} - \frac{F}{D} \left(\frac{w}{A} \right)^2 \frac{d x}{2g} \quad (34)$$

$$\text{ó} \quad dP = \left(\frac{w}{A} \right)^2 \frac{d v}{g} - \frac{F}{D} \left(\frac{W}{A} \right)^2 \frac{d x}{2g} \quad (35)$$

Para integrar esta ecuación se debe tomar la densidad promedio para pequeños incrementos de presión.

$$\rho_m (P_2 - P_1) = \left(\frac{w}{A} \right)^2 \frac{2}{2g} \ln \frac{\rho_2}{\rho_1} - \frac{F}{D} \left(\frac{W}{A} \right)^2 \frac{L}{2g} \quad (36)$$

$$\Delta L = \frac{D}{F} \rho_m (P_1 - P_2) \frac{2}{2g} \left(\frac{A}{w} \right)^2 - 2 \ln \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (37)$$

Donde ΔL es el tramo de longitud equivalente a una línea de diámetro D , requerido para causar una caída de presión $P_1 - P_2$ en el fluido que fluye en una masa velocidad (w/A) originando la expansión de éste desde una densidad C_1 hasta una densidad C_2 .

La ecuación 37, es válida para pequeños incrementos de caída de -

presión.

Al usar la ecuación 37 se deben considerar los siguientes factores:

- a) Para un líquido puro la densidad es constante y el término logarítmico se reduce a cero.
- b) Para vapor o mezclas de líquido y vapor, la densidad es función de la presión, por lo tanto, la longitud equivalente será positiva para pequeños cambios de densidad, y negativa en puntos donde se tengan grandes cambios de densidad para pequeños incrementos de presión.

En el punto donde $\Delta L = 0$ se tiene condición crítica de flujo. En este punto la caída de presión se usa para acelerar al fluido, y no se dispone de caída de presión para vencer la fricción adicional en la línea.

Toda válvula o accesorio unido a una tubería se caracteriza por su coeficiente de resistencia.

$$K = F * (L/D)$$

Para un líquido que se flashea, el C_v se calcula mediante la ecuación (40).

$$C_v = 4306 D_a^2 * \left(\frac{F L}{D_a} \right)^{-0.5} \quad (40)$$

donde:

D_a = es el diámetro del cuerpo de la válvula.

2.4 DIMENSIONAMIENTO DE VALVULAS QUE MANEJAN MEZCLAS DEL LIQUIDO Y GAS.

Para el cálculo de válvulas que manejan mezclas de líquido y gas se consideran 2 tipos de mezclas, el primero consiste de un gas no condensable y un líquido mientras que el segundo - consiste de una mezcla de un líquido en equilibrio con su -- vapor.

En el dimensionamiento de válvulas que manejan mezclas de líquidos y gases no condensables se deben tomar en cuenta - los siguientes factores:

- 1o. La presión dentro del cuerpo de la válvula será lo sufi- cientemente alta para evitar la cavitación y flasheo - del líquido.
- 2o. El cambio de densidad de la mezcla provocado por la expansión del gas al pasar a través de la válvula.

Considerando lo anterior el C_v de la válvula es calculado - aplicando la ecuación (36).

$$C_v = \frac{W_t}{44.8 P (\rho_1 + \rho_2)} \quad (41)$$

donde

ρ_1 = Densidad de la mezcla a las condiciones de entrada (lb/ Ft³)

$$\rho_2 = \frac{1}{y V_{g_1} + (1-y) V_e}$$

V_{g_1} = Volúmen específico del gas (Ft³/lb) a las condiciones de entrada.

V_e = Volúmen específico del líquido

$y\%$ = % en peso de gas

e_2 = densidad de la mezcla a las condiciones de salida.

$$e_2 = \frac{1}{y V_{g1} + (1-y) V_e}$$

V_{g2} = Volúmen específico del gas a las condiciones de salida.

W_t = Flujo de la mezcla lb/Hr

P = Caída de presión a través de la válvula.

Limitaciones de la ecuación (41)

- 1o. Los resultados obtenidos mediante la ecuación 41 están de acuerdo con datos experimentales obtenidos con mezclas de aire y agua fluyendo a través de las válvulas de globo, en líneas horizontales. Para situaciones similares el error no debe crecer del 10%.
- 2o. La operación de válvulas manejando este tipo de mezclas en líneas verticales no han sido evaluadas experimentalmente. Si el fluido es homogéneo la ecuación (41) es teóricamente válida.
- 3o. La ecuación 41 no puede ser usada cuando se tienen corrientes estratificadas, donde el líquido y gas no son mezclados completamente.
- 4o. La ecuación 41 tampoco se usará cuando se tenga flujo crítico es decir cuando la presión en la vena contracta sea menor o igual a la presión de vapor.

Cuando una válvula maneja una mezcla de líquido con su vapor es difícil predecir su capacidad correcta. Esto se debe a:

- 1o. El mecanismo de flujo a través de la válvula no está -
bién entendido cuando el líquido y vapor están en e-
quilibrio.
- 2o. La producción del % de vaporización a la entrada de -
la válvula es mayor problema del que aparenta, ya que
el flujo se encuentra en estado meta estable.
- 3o. Pequeños cambios en la fracción evaporada originan -
grandes cambios en la densidad del fluido.

La ecuación recomendada para el cálculo del C_v de -
válvulas que manejan un líquido y vapor en equilibrio
es la ecuación (42).

$$C_v = \frac{W_T}{63.3\sqrt{\Delta P} \rho_1} \quad (42)$$

donde
 ρ_1 = densidad de la mezcla a las condicio-
nes de entrada. lb/FT^3

$$\rho_1 = \frac{1}{y V_g + (1-y) V_e}$$

P = Caída de presión a través de la válvula.

W_T = Flujo de la mezcla lb/Hr

V_g = Volúmen específico del gas lb/FT^3 a las
condiciones de entrada.

V_e = Volúmen específico del líquido

Limitaciones a la ecuación (42)

1o. Los errores debidos a la inexacta determinación de la densidad de la mezcla a la entrada de la válvula exceden la limitación de la fórmula.

2o. La presencia de una reducción a la entrada de la válvula tiene efecto sobre la fracción evaporada.

Efectos del número de Reynolds en el dimensionamiento de válvulas de control.

La naturaleza del flujo en tuberías depende de cuatro variables (diámetro, viscosidad, densidad y velocidad) relacionadas en el número de Reynolds. El valor de este número determina si el flujo es laminar o turbulento y también afecta el coeeficiente de descarga de toda restricción.

Las ecuaciones descritas anteriormente para calcular el coeficiente de flujo C_f son usadas cuando se tiene flujo turbulento, debido a que su valor es poco afectado cuando el número de Reynolds aumenta. Sin embargo cuando el número de Reynolds disminuye el valor del flujo es proporcional a la caída de presión y no a la raíz cuadrada de la misma por lo tanto el valor del C_v se convierte en pequeño.

El flujo laminar se presenta cuando el número de Reynolds tiene un valor menor de 2100 el cual puede ser provocado por una viscosidad bastante alta o bién un flujo bastante pequeño. Cuando se tiene flujo laminar a través de la válvula de control el C_v se calcula mediante la ecuación (43).

$$C_v = 0.072 \sqrt[3]{\frac{\Delta P}{\rho} \frac{v}{\Delta P}} \quad (43)$$

2.5 EFECTOS DE TUBERIA SOBRE EL C_v .

Los coeficientes de válvulas de control son determinados en pruebas donde la válvula es montada en línea recta en la tubería, siendo el tamaño del cuerpo igual al diámetro de la tubería. Si se tiene una configuración diferente a la usada en la evaluación de los coeficientes. La capacidad de la válvula será diferente. La magnitud de este efecto depende principalmente del tipo de accesorios involucrados, así como de la cercanía de estos a la válvula y de la relación de área del orificio de la válvula al área de la tubería.

Los accesorios que con mas frecuencia se colocan en lugares cercanos a las válvulas son las reducciones, esto se debe a que en ocasiones el tamaño de la válvula calculado es menor que el tamaño de línea. Al ser montada una válvula entre dos reducciones se decrementa la capacidad de la misma debido a que estos crean una caída de presión adicional en el sistema por actuar como reducciones o expansiones en serie con la válvula.

En válvulas que manejan líquidos el C_v se corrige por los efectos de reducciones colocados antes y después de la misma corrigiendo el factor de flujo crítico, en base a este se encuentra el tipo de flujo. Una vez encontrado el tipo de flujo, calcula el factor de corrección en función de éste.

El factor de flujo crítico se corrige con la ecuación 44

$$C_{f_r} = \left[\frac{1}{C_f^2} + \left(\frac{C_v}{30 d^2} \right)^2 \left(1 - \frac{d^4}{D^4} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (44)$$

C_{f_r} = Factor de flujo crítico corregido por los efectos de las reducciones.

C_f = Factor de flujo crítico

C_v = Coeficiente de la válvula.

d = Diámetro de la válvula.

D = Diámetro de la línea.

Una vez corregido el factor de flujo se procede a calcular la caída máxima permisible en la válvula, para en base a ésta conocer el tipo de flujo.

$$\Delta P_{\max} = \left(\frac{C_{f_r}}{R} \right)^2 (P_1 - P_v) \quad (45)$$

Si $\Delta P_v \geq P_{\max}$ el flujo es crítico.

Si $\Delta P_v < P_{\max}$ el flujo es subcrítico.

donde

$$R = \sqrt{1 - 1.5 * \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)^2 * \left(\frac{Q}{30 d^2} \right)^2 * \frac{G F}{P}} \quad (46)$$

donde

d = Diámetro de la válvula estimado con el C_v calculado sin tomar en cuenta los efectos de la reducción.

D = Diámetro de la línea.

Q = Flujo del líquido en galones por minuto.

G = Densidad relativa del líquido a la temperatura de flujo.

P = Caída de presión a través de la válvula.

Si el tipo de flujo es subcrítico el C_v corregido es igual al C_v calculado por la ecuación (15) entre el factor de corrección.

$$C_v \text{ corregido} = \frac{C_v \text{ calculado}}{R} \quad (47)$$

Si el flujo es crítico la corrección se lleva a cabo usando el valor de C_f en lugar del valor de C_f en la ecuación (16).

$$C_y = \frac{Q}{C_{FR}} \sqrt{\frac{G f}{(\Delta P_s)}} \quad (48)$$

En el caso de fluidos compresibles la instalación de reducciones afecta el factor de expansión debido a que la caída de presión máxima permisible en la válvula también se ve afectada. Esto ocasiona que el valor de X_T sea modificado.

El valor de X_T corregido se calcula mediante la ecuación (49).

$$X_{TP} = \frac{X_T}{F_p} \left[1 - X_T C_d^2 * (K_1 - X_{B1}) \right]^{-1} \quad (48)$$

donde

$$F_p = \frac{1}{\sqrt{\frac{1 - \Sigma K C_d^2}{890}}} \quad (49)$$

$$\Sigma K = K_1 - K_{B1} - K_2 - K_{B2}$$

K_1, K_2, K_{B1} y K_{B2} Coeficientes de entrada

y salida de los reductores

$$K_{B1} = K_{B2} \text{ Si los reductores a la entrada y salida}$$

son del mismo tamaño.

$$K_{B1}^{i/o} K_{B2} = 1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4$$

Para reductor

$$K_i = 0.5 \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)^2$$

Para expansión

$$K_i = 1.0 * \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)^2$$

$$C_d = \frac{C_v}{d^2}$$

3.0 SELECCION DEL TIPO DE CUERPO.

3.1 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCION DEL TIPO DE CUERPO.

La selección del tipo de cuerpo depende de los siguientes factores:

- 1o. Función de la válvula. El primer paso para seleccionar el tipo de válvula es considerar su función. Es decir si la válvula es seleccionada para control de dos posiciones, para estrangulación (control de varias posiciones), para mezclar flujos ó bien para regular presión.
- 2o. Propiedades del fluido. Las propiedades del fluido deben estar completamente definidas antes de seleccionar el tipo de válvula. En general las propiedades mas importantes que deben ser consideradas son la viscosidad, la corrosividad y la abrasividad. Además de estas propiedades se debe tomar en cuenta el tipo de fluido.
- 3o. Pérdidas de presión a través de la válvula como la caída de presión en las válvulas representa un porcentaje de la caída de presión disponible en el sistema, el diseño que cause mínima caída de presión y al mismo tiempo cubra otros requerimientos debe ser seleccionado.
- 4o. Condiciones de operación. La presión y la temperatura a la cual operaran las válvulas pueden limitar la selección de materiales de construcción así como el tipo de

uniones y capacidad de las mismas. Es importante recalcar que en la selección de la válvula la presión y la temperatura no son variables independientes - una de otra ya que una alta presión puede ser tolerable cuando se tiene baja temperatura.

50. Tamaño de la válvula.- La selección de un tipo de válvula en algunas ocasiones está limitada al tamaño requerido de la misma; así por ejemplo la mayor parte de las válvulas de globo se presenta en tamaños de $\frac{1}{2}$ " a 8" en tanto que las válvulas microflute se presentan en tamaños $\frac{1}{2}$ " a 2". Estando el tamaño en función de su coeficiente flujo.

60. Materiales de Construcción.

Después de fijar la presión, temperatura y características del fluido, los materiales de construcción son seleccionados. La mayoría de los diseños se encuentran contruídos de diferentes materiales para el cuerpo, - trím y bonete.

La selección de materiales para estas partes se debe - hacer por separado.

A continuación se describen la influencia de los factores anteriormente mencionados en la selección de los principales - tipos de cuerpo.

Las válvulas de globo son usadas en servicios de estrangulamiento, para el manejo de aire, líquidos cáusticos, hidrocar

bueros, vapor y fluídos muy viscosos. Estas válvulas son construidas de gran variedad de materiales tales como hierro ductil, acero al carbon, bronce, nickel y varias aleaciones resistentes a la corrosión. Se encuentran en tamaños de 3/4" a 8". Para tamaños de 1 1/2" y menores se debe especificar válvulas de conexiones roscadas de 600 # NTP en tanto que para tamaños mayores de 2" se deben especificar válvulas de conexiones bridadas. La capacidad de las bridas varía de -- 125 lb a 1500 lb. dependiendo de la presión y temperatura de operación.

Las válvulas de tres vias son comunmente usadas para servicios de mezclado ó separación de fluídos. Estas válvulas son construidas en fierro, acero al carbón bronce y aleaciones de alta resistencia a la corrosión. Para servicios de mezclado se encuentran en tamaños de 3/4" a 10" en tanto que para servicios de división se encuentran en tamaños de 1 1/2" a 10". Para tamaños de 2" y menores se deben especificar conexiones roscadas mientras que en tamaños de 2 1/2" y mayores se deben especificar conexiones bridadas. La capacidad de bridas varía de 125 lb a 600 lb dependiendo de la presión y temperatura de operación. Las válvulas de angulo son diseñadas para servicios de estrangulación. Estas manejan fluídos altamente corrosivos, a altas temperaturas y/o altas presiones. Estas válvulas son fabricadas en materiales tales como acero al carbón y aleaciones que presentan alta resistencia a la -

corrosión en tamaños de 1" - 6", también 2" * 3", 3" * 4", 4" * 6", las conexiones de las válvulas son bridadas. La capacidad de las mismas varía de 300 lb a 1500 lb.

Las válvulas de cuerpo dividido son usadas en servicios de estrangulamiento, se emplean con fluidos bastante corrosivos por lo tanto demandan frecuente inspección y remplazo del trim. Son construídas en materiales como Hasteloy B, Hasteloy C, nickel, monel, bronce y aleaciones de acero al carbon resistentes a la corrosión en tamaño de $\frac{1}{2}$ " a 12". Las conexiones de las válvulas son bridadas, la capacidad de las mismas varía de 150 a 600 lb.

Las válvulas Saunders son diseñadas para control de líquidos pesados, o líquidos conteniendo sólidos en suspensión donde la temperatura no exede de 180°F, son construídas en materiales como fierro, cubierta con tinte o plomo así como Hastelloy B y Duriment. Se presentan en tamaños de $\frac{1}{2}$ " a 6" para tamaños de $\frac{1}{2}$ " a 3" se tienen extremos roscados en tanto que para tamaños de 3" a 6" estan provistas de conexiones bridadas.

La capacidad de las bridas es de 125 y 150 psi.

Las Válvulas de mariposa son diseñadas para manejar grandes flujos de gases y líquidos a presiones relativamente bajas. - Estas válvulas se usan para control de dos posiciones al igual que para estrangulamiento.

Las válvulas de mariposa son fabricadas para trabajar a rangos de presiones de 1200 psig en tamaños de 2" a 36".

Los materiales de construcción son numerosos, entre los principales se tiene el hierro fundido así como aleaciones de acero al carbón y aleaciones de acero inoxidable.

Los tipos de conexiones son bridas cuya capacidad varía de 150 lb a 600 lb.

Las válvulas de bola son usadas para servicios de estrangulamiento en el flujo de líquidos y gases, son construídas en materiales tales como aleaciones de acero inoxidable, aleaciones de acero al carbon, hierro ductil, hierro fundido y aluminio en tamaños de 2" a 16".

Los extremos de la válvula son bridas con capacidades de 150 lb y 300 lb.

4.0 SELECCION DE MATERIALES.

La selección del material de las válvulas de control es un punto de gran importancia en la selección de las mismas ya que las válvulas de control son empleadas para manejar todo tipo de fluídos desde aire seco y limpio hasta fluídos muy corrosivos en un rango de temperatura comprendido entre 400°F y 1000°F y un rango de presión que abarca desde vacío total hasta 5000 psig o mas. Como en la mayoría de las aplicaciones de válvulas de control, se manejan fluídos no corrosivos a moderadas presiones y temperaturas el hierro fundido y el acero al carbon son los materiales mas comunmente empleados.

La mayoría de los materiales de válvulas de control se clasifican en -

dos categorías .

1. Materiales del trim.
2. Materiales del cuerpo.

4.1 SELECCION DE MATERIALES DE TRIM.

El trim está formado por todas las partes internas de la válvula que están en contacto con el fluido controlado, por lo tanto debe ser fabricado en materiales que resistan la acción erosiva y corrosiva del fluido circulante.

En la tabla 2 se mencionan los principales materiales de construcción del trim, el rango de temperatura y el tipo de fluido para el cual son seleccionados.

4.2 SELECCION DE MATERIALES DEL CUERPO.

La selección de materiales del cuerpo depende de las siguientes condiciones: presión, temperatura, propiedades corrosivas y propiedades erosivas.

En la tabla 2 se muestran los principales materiales de construcción del cuerpo, el rango de temperatura y características del fluido para el que son seleccionados.

Guía para seleccionar materiales del trim

Material y Composición	Rango de temperatura	Servicio
Bronce	- 450°F a 450°F	Para flujos no corrosivos ni erosivos bajas caídas de presión.
Acero Inoxidable Tipo 316 18%Cr, 8% Ni 2% Mo	- 40°F a 750°F	Flujos corrosivos a moderadas caídas de presión.
17- 4 PH Acero Inoxidable 17% Cr 4% Ni 4% Cr.	- 450°F a 750°F	Flujos erosivos y ligeramente corrosivos
Acero inoxidable Tipo 410 12% Cr	- 150°F a 750°F	Servicios erosivos y no corrosivos
Stellite 30% Cr, 4.5% W 3% Ni 3% Si 3% Fe 2% Mn 1.5 Mo	- 450°F a 1200°F	Para servicios corrosivos y erosivos
Colmemoy 12% Cr 3% B Fe Si C - 9%	- 150°F a 1200°F	Servicios corrosivos y erosivos
Acero inoxidable Tipo 440 17% Cr y alto contenido de acero al carbón	- 50°F a 750°F	Servicios donde se presenta abrasión, cavitación y erosión.

T A B L A 3

Materiales de construcción mas comunmente empleados para el cuerpo de la válvula .

Material y Composición	Rango de temperatura	Servicio
Acero al carbón A-216 .3% C, 1% Mn	- 20°F a 800°F	Fluídos no corrosivos a moderadas presiones
Acero al carbón A-217 .25% C, .80% Mn, .65% Mo.	-20°F a 850°F	Fluídos no corrosivos resiste presiones mayores que el tipo A-216.
Acero al carbón A-217 con Cr .20% C, .70% Mn, 6.5% Cr .65% Mo.	-20°F a 1100°F	Resiste corrosión y erosión a altas temperaturas
Acero al carbón Tipo A-352 .15% C, .80% Mn, 4% Ni,	-150°F - 800°F	Fluídos no corrosivos a bajas temperaturas.
Acero Inoxidable Tipo 304 .08% C, 1.50% Mn, 11% Ni 21% Cr.	- 450°F - 1200°F	Para agentes fuertemente oxidantes y fluídos corrosivos.
Acero inoxidable Tipo 316 18% Cr, 8% Ni, 2% Mo	- 450°F - 1200°F	Presenta mayor resistencia a la corrosión que el tipo 304.
Fierro fundido	0°F - 450°F	Fluídos no corrosivos tales como agua vapor y gases
Bronce	- 300 - 400°F	Fluídos no corrosivos, vapor aire, agua, ciertos - ácidos diluídos y aceites.

5.0 SELECCION DEL TIPO DE CONEXIONES Y CAPACIDAD DE LAS MISMAS.

La selección del tipo de conexiones entre las válvulas y las tuberías depende de la presión, temperatura, tipo de fluido y facilidad de mantenimiento.

La conexión mas comunmente empleada es la conexión bridada debido a que ésta posee uniones de mayor capacidad que la conexión soldada y la conexión roscada.

El tipo de bridas usado depende de la presión y la temperatura y el tipo de fluido manejado.

Así el uso de bridas de cara plana está limitado a bajas presiones y bajas temperaturas y fluidos poco peligrosos.

Las bridas de cara realzada son usadas para presiones de 6000 psf y temperaturas de 1500°F.

Las bridas de junta tipo anillo son usadas cuando se requiere cierre hermético debido a la presencia de gases, el hidrógeno y el ácido sulfídrico, así como para servicios de altas presiones y temperaturas relativamente altas.

Las capacidades de las bridas en función de la presión temperatura y materiales de construcción se muestran en la figura 38.

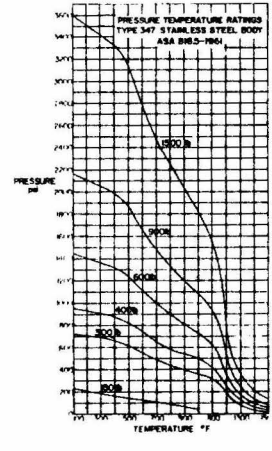
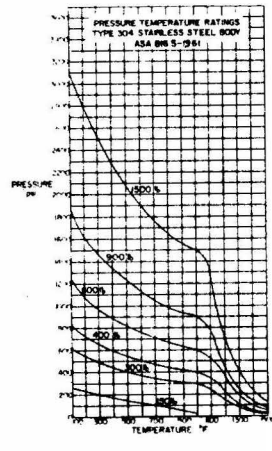
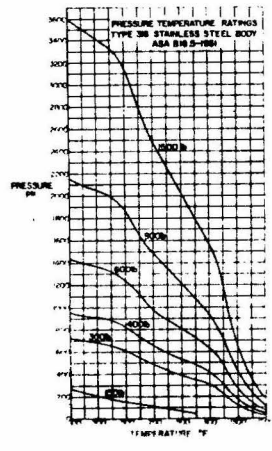
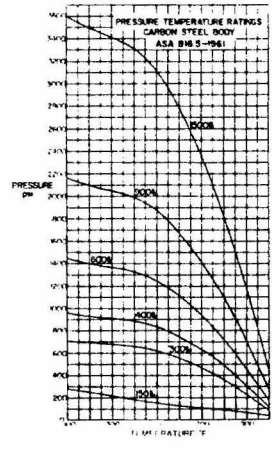
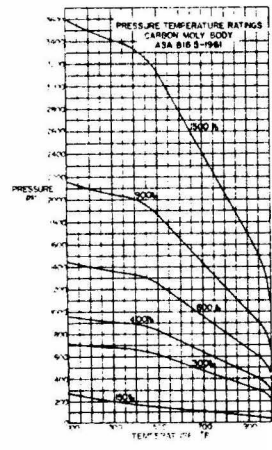
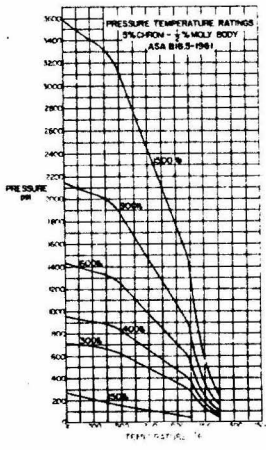


Fig. 38 A Capacidad de Uniones para diversos materiales de construcción.

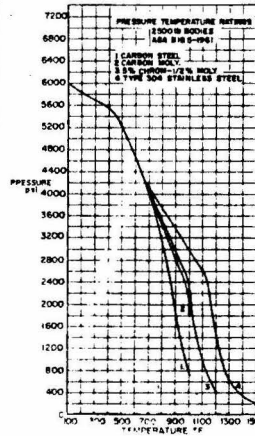
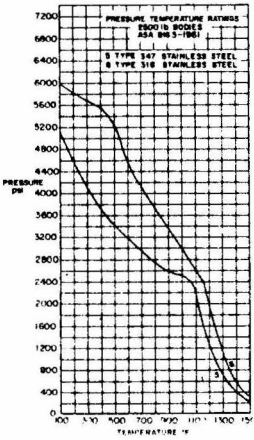
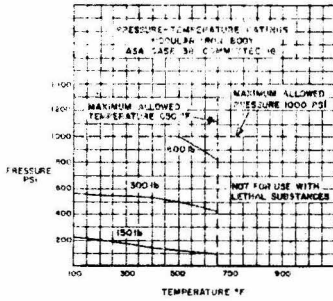


Fig. 38 B Capacidad de Uniones para diversos materiales de construcción.

Selección del tipo bonete.

La selección del tipo de bonete depende de la temperatura y del tipo de fluido manejado. Tomando en cuenta estos factores se usa un bonete estándar cuando la temperatura de operación no sea mayor de 450°F y no exista peligro de formación de hielo sobre el cuerpo. Cuando se tengan temperaturas extremadamente altas o extremadamente bajas se usa la ex ten sión de bonete que suministra gran área de transferencia de calor. Por último cuando se manejan fluidos tóxicos, volátiles o radioactivos es necesario usar bonete de fuelle de sello con el objeto de evitar la filtración a lo largo del vástago.

6.0 SELECCION DEL TIPO DE ASIENTO.

La selección del tipo asiento depende de la filtración permisible en la posición cerrada y de la fuerza requerida para mover al actuador.

Una válvula de doble asiento puede operar contra altas caídas de presión requiriendo solo pequeña potencia del actuador debido a que presenta balance de fuerzas a través del tapón de la válvula sin embargo, si esta permanece cerrada por grandes períodos de tiempo con alta caída de presión diferencial, los efectos de la erosión se ponen de manifiesto debido a la alta velocidad de filtración del fluido.

Las válvulas de un solo asiento se usan cuando se requiere cierre hermé tico. Estas requieren gran cantidad de potencia del actuador debido a que presentan gran desbalanceo de fuerzas.

7.0 ACCION DE LA VALVULA A FALLA DEL ACTUADOR.

Una válvula puede abrir, cerrar o permanecer en su posición final cu an do falla el actuador.

La válvula de diafragma y resorte abre o cierra cuando la señal de presión del aire del controlador falla. Esto generalmente depende de la posición del tapón como se muestra en la figura (41).

Como medida de seguridad muchos procesos requieren que la válvula abra o cierre a falla de energía. *

El tipo de acción adecuado se selecciona tomando en cuenta la posición de seguridad que conviene que la válvula tome en caso de fallar el suministro de energía. Por ejemplo en una línea que conduce vapor puede ser muy peligroso si la válvula abre a falla de aire, porque la válvula entonces suministraría gran cantidad de vapor, provocando que el proceso esté fuera de control. Por lo tanto es muy importante determinar si la válvula abre o cierra a falla de energía y la acción aconsejable de acuerdo al proceso.

Una válvula que abre a falla de aire es llamada válvula de acción directa. Una válvula que cierra a falla de aire es llamada válvula de acción inversa.

En general una válvula de acción directa puede ser convertida a válvula de acción inversa por invertir el tapón y el anillo de asiento.



Fig. 39 Posición de las válvulas a falla de aire.

8.0 SELECCION DEL TIPO DE EMPAQUE.

La selección del empaque se hace en función del fluido manejado y de la temperatura en la tabla 4 se muestra una guía para la selección del empaque considerando estos factores.

T A B L A 4
 GUIA PARA SELECCIONAR EL TIPO DE EMPAQUE

Tipo	Servicio	Lubricación Recomendada	Temperaturas Con Bonete Standar	Con Extensión
Anillos de neopreno o buna	Líquidos no corrosivos	No	180°F	-
Combinación de asbesto y teflón	Servicio general excepto metales fundidos y ácido fluorídrico caliente.	No	0-450°F	- 450°F-800°F
Anillos de teflón	Para fluidos que no atacan el acero inoxidable 316.	No	0-450°F	- 450°F-800°F
Fibra de asbesto - lana mineral y grafito.	Servicio general excepto - agentes oxidantes.	No	0 - 2000°F	0-2000°F
Empaque semimetálico.	Vapor y Petróleo	Sí	0-450°F	0-1000°F

9.0 SELECCION DEL TIPO ADECUADO DE CARACTERISTICA.

El tipo adecuado de característica queda determinado por las peculiaridades del proceso por controlar y por los valores que se desea obtener de la variable controlada. A continuación se mencionan las principales aplica

ciones de cada tipo de característica inherente.

Característica de igual porcentaje.- Los taponés con característica de igual porcentaje son generalmente usados para control de presión y otras aplicaciones donde un gran porcentaje de la caída de presión es normalmente absorbida por el sistema y solo pequeño porcentaje es disponible para la válvula. Este tipo también debe ser considerado donde se esperen grandes variaciones de caída de presión.

Característica tipo parabólica modificada. Esta se usa en control de presión y control flujo cuando un gran porcentaje de la caída de presión del sistema es absorbido por la válvula de control.

Característica lineal.- Es usada en control de nivel cuando la caída de presión a través de la válvula permanece constante o bien cuando exista gran variación en esta, y para control de flujo.

Válvulas de abertura rápida son usadas cuando se requiere que una válvula tome cualquiera de sus dos posiciones extremas.

10.0 SELECCION DE ACTUADORES.

La selección de actuadores se efectúa en función de los siguientes parámetros:

- 1o. Compatibilidad con la señal del instrumento, por ejemplo, si la señal del instrumento es hidráulica, el actuador debe ser hidráulico.
- 2o. Generar la suficiente fuerza para vencer el máximo de fuerzas que pueden ser originadas en el cuerpo de válvulas.
- 3o. El actuador debe ser compatible con el medio ambiente en el cual opera. Es decir que si el medio requiere actuadores a --

prueba de explosión, el tipo de actuador será seleccionado para cumplir con este requisito. El medio también puede requerir preparación especial para resistir la corrosión o resistencia a los ácidos particularmente cuando las condiciones del medio podrían exponer el actuador a la acción de ácidos de otros agentes corrosivos.

4o. Bajo costo inicial y bajo costo de mantenimiento.

5o. Rapidez en operación.

Tomando en consideración los parámetros anteriormente mencionados, los actuadores de diafragma son usados debido a su adaptabilidad para gran variedad de tamaños de válvulas, así como para caídas de presión y presiones de operación que no sean de magnitud excesivo.

Cuando se tienen presiones de operación muy altas y grandes - caídas de presión se usan actuadores neumáticos de piston.

Estos actuadores suministran fuerzas hasta de 12,000 lb, cuando se les suministra altas presiones.

El 90% de los actuadores de válvulas de control son del tipo neumático debido a que estos resultan mas baratos, mas rápidos en operación y en ocasiones resisten mayores fuerzas de empuje que algunos actuadores eléctricos.

Los actuadores electrohidráulicos y los actuadores electromecánicos son usados en casos donde se requiera cierre hermético ó abertura rápida en válvulas a través de las cuales hay altas caídas de presión y altas presiones de operación. Ambas requieren

de suministro de energía eléctrica. Estos actuadores son más caros que los actuadores neumáticos.

11.0 POSICIONADORES.

Los posicionadores son aconsejables cuando prevalecen las siguientes condiciones:

- 1o. Formación de coque en las partes interiores de la válvula.
- 2o. Altas velocidades de fluido a través de válvulas de asiento sen sillo.
- 3o. En válvulas de rango dividido.
- 4o. Para pequeños cambios de señal del controlador del orden de -
0,1 psi o menores.
- 5o. Cuando se requiere ajustar la relación entre la señal del controlador y el viaje del vástago de la válvula.

CAPITULO III

CAPITULO III

Desarrollo del programa.

1.0 Uso de la Computadora.

La resolución de un problema mediante el uso de la computadora comprende los siguientes pasos:

1. Identificación del Problema y definición de Objetivos.

En este paso se selecciona un método general para la solución, especificando condiciones bajo las cuales debe operar el sistema y decidiendo qué combinaciones de objetivos debe satisfacer.

2. Descripción Matemática.

Existen varias formas de describir matemáticamente un proceso; se debe seleccionar alguna de ellas o desarrollar una nueva sino se puede aplicar ningún método estándar.

3. Análisis Numérico.

La formulación matemática del problema debe ser expresada en forma de operaciones aritméticas, debido a que la computadora solamente puede ejecutar operaciones aritméticas y hacer decisiones cuantitativas simples.

4. Programación de la Computadora.

Esta parte se lleva a cabo de dos etapas. En la primera, la secuencia de operaciones se escribe en forma gráfica mediante un diagrama de bloques. En la segunda el procedimiento se plantea en un lenguaje comprendido por la computadora ó que ésta puede comprender después de una etapa preliminar de traducción.

5. Verificación del Programa.

En este paso se deben localizar los errores y se debe probar el programa para estar seguros de que funciona en la forma prescrita.

6. Producción.

7. Interpretación.

Se deben interpretar los resultados de la computadora para ver lo que significan en función de las combinaciones de objetivos que el sistema propuesto debe satisfacer.

2.0 Elaboración de Hojas de Datos de Válvulas de Control mediante computadora.

Una hoja de Datos de Válvulas de Control debe contener básicamente los datos mencionados al principio del capítulo anterior.

Para determinar estos datos es necesario conocer:

- a) El tipo de Fluído manejado por la válvula y variable controlada.
- b) Caída de Presión normal, máxima y mínima a través de la válvula.
- c) Presión y temperatura del Fluído.
- d) Densidad relativa del Fluído a Presión y Temperatura del mismo.
- e) Flujos máximo, normal y mínimo.

Los datos contenidos en dicha hoja de datos se pueden clasificar en dos tipos: Aquellos que dependen de la variable controlada, tipo de Fluído, Presión y Temperatura de Operación, tales como; el número de Puertos, la característica de la Válvula, el material de la válvula, el material de empa-

que, el tipo y capacidad de las Uniones, la Posición a falla de aire, tipo de actuador, el posicionador y los que dependen de la cantidad de Flujo, de la caída de presión disponible a través del sistema del diámetro de la línea donde se encuentra localizada la válvula, del material de construcción de la línea además de las variables mencionadas anteriormente; tales como Tamaño del Cuerpo, tamaño del Puerto, CV normal, CV máximo y las caídas de presión mínima, normal y máxima a través de la válvula. Los primeros se determinan en función de variables de enteros a las que se les asigna valores que dependen de la variable controlada, el fluido manejado y las condiciones de operación tales como presión y temperatura.

Con las variables de enteros y la instrucción $G\emptyset \quad T\emptyset$ calculada la computadora seleccionadora el número de puertos, la característica de la válvula, el material de la válvula, el material del empaque, la posición a falla de aire y la capacidad de las Uniones.

Las variables de enteros usadas en el programa para tal fin: MI, N, JFLUID, TEMP, K y MP; cuyos valores dependen de los Factores analizados en el capítulo anterior.

Con MI la computadora selecciona el número de puertos.

Con N la computadora selecciona la característica de la válvula.

Con J FLUID la computadora elige el material de la válvula.

Con TEMP la computadora escoge el material de empaque.

Con K la computadora escoge la posición a falla de aire.

Con MP la computadora decide si la válvula requiere ó no posicionador.

Con IRAT se determina la capacidad de las uniones.

El valor de IRAT es determinado en función del material y presión y temperatura en las Gráficas de ASA.

Los segundos se determinan mediante el siguiente procedimiento:

1. Cálculo de la caída de presión a través de la línea a flujo normal y a flujo máximo.
2. Cálculo de la caída de presión a través de la válvula a Flujo Normal y a Flujo Máximo.
3. Cálculo del Cv a Flujo normal y a flujo máximo.
4. Dimensionamiento de la válvula tomando en cuenta la característica de la misma, así como el número de puertos, que la válvula deje pasar el flujo normal cuando se encuentra entre el 60 y 70% de abertura y el flujo máximo cuando se encuentre entre el 80 y 90% de abertura.
5. Cálculo del área del actuador en función del tamaño del cuerpo y del tipo de válvula.

Tanto el cálculo de la caída de presión en la línea como el cálculo del Cv de la válvula dependen de la Fase en la cual se encuentre el Fluído, es decir, si es líquido, gas ó flujo en caída de presión para el flujo de líquidos.

La caída de presión a través de la línea para líquidos se calcula con la ecuación de Darcy.

$$\Delta P = \frac{F_x (v^{**2}) * L * e}{g_c * D * 288}$$

Donde:

ΔP = Caída de presión a través de la línea (lb/in²)

F = Es el factor de fricción calculado con la ecuación de Colebrook (fi).

V = Es la velocidad del fluido (Ft/seg)

e = Densidad del fluido (lb/ft³)

$$g_c = \frac{32.2 \text{ lb Ft}}{\text{seg}^2 \text{ lb.}}$$

L = Longitud de la línea (Ft)

D = Diámetro de la línea (Ft)

Ecuación de Colebrook.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2.0 \log \left(\frac{12 * EP}{3.7 * D} + \frac{2.51}{NRE \sqrt{f}} \right)$$

donde EP = es el factor rugosidad de la tubería donde NRE = es el número de Reynolds calculado mediante la siguiente ecuación:

$$NRE = \frac{D * v * e}{\mu}$$

μ = Viscosidad del líquido

La caída de presión a través de la línea para flujo de gases es determinada mediante la fórmula simplificada propuesta por Crane (3)

$$DP = D P 100 * \frac{2}{100}$$

Donde:

DP = Caída de presión a través de la línea (lb/in²).

$$DP 100 = C_1 * C_2 * \sqrt{V}$$

$$C_1 = W^2 * 10^{-9}$$

$$C_2 = \frac{336000 * F}{D^5}$$

F = Factor de Fricción, calculado mediante la ecuación de Colebrook

d = Diámetro de la Línea (in)

\bar{V} = Volumen específico del Fluído, cálculo por ecuación.

$$\bar{V} = \frac{Z R T}{P * PM}$$

Z = Factor de compresibilidad, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Z = 1.0 + (.188/TR - .468/TR ** 2 - .887 * e^{-5 TR/TR**2}) PR$$

TR = Temperatura reducida.

$$TR = T/TC$$

TC = Temperatura crítica.

PR = Presión reducida.

$$PR = P/PC$$

Pc = Presión crítica.

R = Constante de los gases

P = Presión de la corriente (lb/Ft²)

T = Temperatura de la corriente (°R)

PM = Peso molecular (lb/lb mol)

Para aplicar la ecuación anterior en el cálculo de caída de presión para líneas que manejan gases, se deben tomar en cuenta las siguientes restricciones:

1. Si la caída de presión calculada es menor del 10% de la presión a la entrada el volumen específico puede, calcularse con la presión de entrada ó la presión de salida.

2. Si la caída de presión es mayor que el 10% pero menor del 40% de la presión a la entrada, es necesario calcular la presión media logarítmica, para en base a ella calcular el volumen específico.
3. Para mayores caídas de presión, la tubería se subdivide en tramos tales que la caída de presión sea menor del 10% de la presión a la entrada del tramo considerado.

Cálculo de la caída de presión para líneas que manejan Flujo a dos Fases:

El cálculo de caída de presión en líneas que manejan flujo a dos fases, se efectúa mediante el método de Dukler cuyo procedimiento de cálculo es el siguiente:

1. La línea es subdividida en tramos cuya caída de presión es del 5% de la presión a la entrada en el tramo considerado.
2. Con la presión a entrada del punto considerado se calculan las propiedades requeridas para el cálculo de la caída de presión por pie de tubería, $\partial P / \partial L$

$$3. \frac{\partial L}{\partial P} = \frac{1}{\partial P / \partial L}$$

$$4. L(P) = \int_{P_0}^{P_1} \left(\partial L / \partial P \right) dP$$

Con lo cual se tabula la longitud como función de la presión.

Ecuaciones usadas para calcular la caída de presión, ductos que manejan flujo a dos Fases:

Dukler considera dos tipos de Flujo:

1. Flujo Homogéneo.

La ecuación con la cual se calcula la caída de presión por el método

de Dukler para flujo homogéneo es:

$$\frac{\partial P}{\partial L} = [(k_f)_{ns} + \alpha \rho_{ns} g / g_c] / (1 - \beta C_{ns})$$

donde:

$(k_f)_{ns}$ = Es la caída de presión por fricción para flujo homogéneo.

$$\alpha = \sin \theta$$

θ = Angulo de inclinación de la tubería.

ρ_{ns} = Densidad de la mezcla.

βC_{ns} = Factor de corrección por efectos de aceleración.

Ecuaciones usadas para el cálculo de la caída de presión por fricción

para flujo homogéneo.

$$\mu_{ns} = \mu_l \lambda + \mu_g (1 - \lambda)$$

$$\rho_{ns} = \lambda \rho_l + (1 - \lambda) \rho_g$$

$$(Re)_{ns} = U_c D / \mu_{ns}$$

$$(k_f)_{ns} = f_{ns} U_c^2 / 2g_c \rho_{ns}$$

donde:

Se calcula mediante la ecuación de Colebrook.

μ_{ns} = Viscosidad de la mezcla.

μ_l = Viscosidad del líquido.

μ_g = Viscosidad del gas.

λ = Fracción volumétrica del líquido.

ρ_{ns} = Densidad de la mezcla.

ρ_L = Densidad del líquido

ρ_v = Densidad del gas

G_t = Masa velocidad de la mezcla

El factor de corrección por aceleración se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$ACNS = G_t v_{sg} / g_c P$$

donde:

v_{sg} = Velocidad superficial del gas

$$v_{sg} = \frac{G_g}{e_g}$$

G_g = Masa velocidad del gas

2. Flujo a constante Slip.

La caída de presión para flujo a constante Slip se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\frac{\partial P}{\partial L} = [(f_r)_{cs} + \alpha (g/g_c)] / (1 - AC_{cs})$$

Donde el subíndice cs , se refiere a flujo a constante Slip.

Ecuaciones empleadas para el cálculo de f_r

$$v_{es} = v_L \lambda + v_g (1 - \lambda)$$

$$e_{ns} = e_L \lambda + (1 - \lambda) e_g$$

$$BETA = e_L / e_{ns} * \lambda^2 / R_L + e_g / e_{ns} (1 - \lambda)^2 / R_g$$

$$(NRe)_{cs} = BETA G_t D / \mu_{cs}$$

$$f_r = BETA * F * \mu_{cs}^2 / 2 g_c * e_{ns} * D$$

Donde el factor de fricción calculado por la ecuación de Colebrook

(1).

BE/P = Factor de corrección de densidad para flujo a constante Slip.

R_L = Holdup del líquido es la fracción volumétrica del líquido en cualquier punto a lo largo del tubo. Este factor se evalúa por el método de Humark descrito en la referencia

2.

$$R_G = 1 - R_L$$

R_G = Fracción volumétrica del gas en cualquier punto a lo largo del tubo.

El factor corrección por aceleración se evalúa mediante

la siguiente ecuación.

$$AC_{CS} = \left[\frac{G_L v_{SL}}{R_L} + \left(G_G v_{SG} / R_G \right) \left(1 - R_L / R_G \right) \right] \left(\frac{1}{g_c P} \right)$$

donde:

G_L - Masa velocidad del líquido en

$$v_{SL} = G_L / \rho_L$$

v_{SL} - Velocidad del gas en FT/seg

G_G - Masa velocidad del gas en $lb/seg \cdot FT^2$

$$v_{SG} = G_G / \rho_G$$

v_{SG} - Velocidad del gas en

$$R_G = 1 - R_L$$

R_L - Holdup del líquido

Una vez calculada la caída de presión en la línea, se calcula la caída de presión en la válvula para posteriormente calcular el C_v mediante el uso de las ecuaciones descritas en el capítulo 2.

CAPITULO IV

CAPITULO IV

B I B L I O G R A F I A

1. BENJAMIN Y MILLER.
FLASHING AND CAVITATION EFECCTS ON FLOW
IND. ENG. CHEM VOL. 43, No. 6 1967.
2. E. DE GAUCE AND ROBERT W. ATHERTON CHEMICAL
ENGINEERING ASPECTS OF TWO PHASE FLOW.
REPRINTED CHEMICAL ENG. 1970
3. CRANE Co.
FLOW OF FLUIDS THROUGH VALVES FITTINGS AND
PIPE COPYRIGHT 1969 CRANE Co.
4. D.D. Mc. CRACKEN.
METODOS NUMERICOS Y PROGRAMACION FORTRAN
LIMUSA WILEY, S.A. 1971.
5. FISHER GOVERNOR Co.
CONTROL VALVE HANDBOOK
MARSHALTON, IOWA, MAYO, 1965.
6. HONEYWELL PROCESS CONTROL VALVES
BULLETIN 807-1 JUNIO, 1966.
7. H. SIMON AND T. H. WHELAN
USE COMPUTER TO SELECT OPTIMUM CONTROL VALVE
HYDROCARBON PROCESSING, JULY, 1970.
8. ISA HANDBOOK OF CONTROL VALVES J. W. HUTCHISON
PITTSBURGH PENNSYLVANIA, 1971.
9. ISA
SHORT COURSE ON CONTROL VALVE SIZING SELECTION
AND SPECIFICATION, AUGUST 16-17, 1974.
10. MASSONEILAN HANDBOOK FOR CONTROL VALVE SIZING
MASSONEILAN INTERNATIONAL, INC., 1972.
11. SOMERFELD J.T.
EQUATION FOR FACTOR FLUID FRICITION
HIDROCARBON PROC. VOL. 46, No. 7, 1967.

12. WERNER E. HOLZBOCK GPE.
HOW TO SELECT CONTROL VALVE SIZE
CHEMICAL ENGINEERING, ABRIL 20, 1959.
13. WERNER E. HOLZBOCK GPE.
CONTROL VALVE CONSTRUCTION
CHEMICAL ENGINEERING, ABRIL 6, 1959.
14. WERNER E. HOLZBOCK GPE.
USE CONTROL VALVE POSITIONERS
CHEMICAL ENG., JUNIO 1, 1959.

CAPITULO V

CAPITULO V

APENDICE

C PROGRAMA PARA DIMENSIONAR VALVULAS DE CONTROL DE MANEJO DE LIQUIDOS

FORMAT
FORMAT
FORMAT
FORMAT
FORMAT

```
REAL 1,1,2,4,8,RE  
DIMENSION CUMIN(21,8),CVIG(21,3),CVLI(21,3),AC(1,2),JIAF(1,2),  
1CVRIT(21,8),CV(21,8),CVAB(21,8),CVBAR(21,8),CVLI(21,3),  
2CVIG(21,8),RAT1(1,19),RAT2(1,10),RAT3(1,9),RAT4(1,9),  
3RAT5(4,6),RAT5(5,5)  
READ(5,1)((RAT(I,J),I=1,19),J=1,10),((RAT2(I,J),I=1,18),J=1,10),
```

```
1((RAT3(I,J),I=1,18),J=1,9),((RAT4(I,J),I=1,16),J=1,9),  
2((RAT5(I,J),I=1,6),J=1,6),((RAT5(I,J),I=1,5),J=1,5)  
1 FORMAT(14F5.1)
```

- C RAT1 TABLA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE UNIDADES BRIGADAS DE
- C ACERCA AL CARRON A 218 A
- C RAT2 TABLA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE UNIDADES BRIGADAS DE
- C CARRON Y A 217 A
- C RAT3 TABLA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE UNIDADES BRIGADAS DE
- C ACERCA INDIVIDUALE TIPO 304
- C RAT4 TABLA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE UNIDADES BRIGADAS DE
- C ACERCA INDIVIDUALE TIPO 315
- C RAT5 TABLA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE UNIDADES BRIGADAS DE
- C FERRON FUENTE
- C RAT5 TABLA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE UNIDADES BRIGADAS DE
- C BRONCE

```
READ(5,2)((CVMT(I,J),I=1,21),J=1,8),((CVAB(I,J),I=1,21),J=1,8),  
1((CVLI(I,J),I=1,21),J=1,3),((CVIG(I,J),I=1,21),J=1,3),  
2((CVRIT(I,J),I=1,21),J=1,8),((AC(I,J),I=1,10),J=1,2),  
3((JIAF(I,J),I=1,4),J=1,9),((CVLI(I,J),I=1,21),J=1,3),  
4((CVBAR(I,J),I=1,21),J=1,3),((CVIG(I,J),I=1,21),J=1,3)  
3 FORMAT(20F8.1)
```

- C CVMT ES TABLA DE CV PARA VALVULAS DE MICROFLUJE
- C CVIG ES TABLA DE CV PARA VALVULAS DE IGUAL PORCENTAJE
- C DE DOUBLE PIERCE

C 001 ES TABLA DE CV PARA VALVULAS LINEALES DE DOBLE PUERTO
C 002 ES TABLA DE CV PARA VALVULAS DE ABERTURA RAPIDA
DE DOBLE PUERTO
C 003 ES TABLA PARA SELECCIONAR EL TIPO DE ACTUADOR
C 004 ES TABLA DE CARACTERISTICAS DE ACTUADORES
C 005 ES TABLA DE CV PARA VALVULAS DE MARIPOSA
C 006 ES TABLA PARA ALMACENAR LOS DATOS DEL TIPO DE VALVULA
SELECCIONADA
C 007 ES TABLA DE CV PARA VALVULAS LINEALES DE PUERTO SENCILLO
C 008 ES TABLA DE CV PARA VALVULAS DE ABERTURA RAPIDA DE PUERTO
SENCILLO
C 009 ES TABLA DE CV PARA VALVULAS DE IGUAL PORCENTAJE DE PUERTO
SENCILLO

YEAR (S,MM,DD,LINE,PK,DEL,IND,MP,SI,IC,IP
4 FORMATO(A))
C ITEM ES EL NUMERO DE VALVULA
C LINE ES EL NUMERO DE LINEA
C N ES PARAMETRO PARA SELECCIONAR LA CARACTERISTICA DE LA VALVULA
C X ES PARAMETRO QUE INDICA LA POSICION DE LA VALVULA A FALLA DE
ACTO
C JEFER ES PARAMETRO PARA SELECCIONAR EL MATERIAL DE LA VALVULA
C MO ES PARAMETRO QUE INDICA SI SE REQUIERE POSICIONADOR
C MI ES PARAMETRO USADO PARA SELECCIONAR EL NUMERO DE PUERTOS EN
FUNCIÓN DE LA FILTRACION PERMITIDA
C IEMP ES PARAMETRO USADO PARA SELECCIONAR EL TIPO DE EMPAQUE
YEAR (S,MM,DD,PK,DEL,IND,MP,SI,IC,IP
2 FORMATO(A))

C PE ES LA PRESION EN EL PUNTO INICIAL DE LA LINEA (PSIA)
C PF ES LA PRESION EN EL PUNTO FINAL DE LA LINEA (PSIA)
C PV ES LA PRESION DE VAPOR DEL LIQUIDO (PSIA)
C QVAL ES EL FLUIDO VALVULA (GPM)
C QMAX ES EL FLUIDO MAXIMO (GPM)
C S ES LA DENSIDAD RELATIVA DEL FLUIDO
C L1 ES LA LONGITUD DE LA LINEA EN EL TRAMO ANTERIOR A LA VALVULA
C L2 ES LA LONGITUD DE LA LINEA EN EL TRAMO POSTERIOR A LA VALVULA
C LA LONGITUD ESTA DADA EN PIES
C VTS ES LA VISCOSIDAD DEL FLUIDO (CP)
C D ES EL DIAMETRO DE LA LINEA EN PULGADAS
C EF ES EL FACTOR DE RESISTENCIA RELATIVA
C T ES LA TEMPERATURA EN GRADOS FARENHEITH
PRINT 222

299 FORMAT(4I,7C),TS3,"VALVULAS DE DOBLE PUERTO"//
PRINT 300

300 FORMAT(5I,"VALVULAS DE ABERTURA RAPIDA"//TS5,
1"PROCENTAJE DE ABERTURA"//
PRINT 303

404 FORMAT(2I,"CHERRA",7X,"PUERTA"//T23,"(IN1",4X,"(IN2",4X,"20X",
11X,"40X",11X,"60X",11X,"80X",11X,"90X",11X,"100X",11X,"C")//
D) 410 I=13.21

411 PRINT(3),C(4),B(14),J=1,3)

400 FORMAT(7,4X,B(13,3))
PRINT 299

PRINT 310

310 FORMAT(5I,"VALVULAS DE IGUAL PORCENTAJE"//TS5,
1"PROCENTAJE DE ABERTURA")

PRINT 303

D) 410 I=13.21

411 PRINT(4),C(10),J=1,2)

PRINT 299


```
PRINT 329
329 FORMAT(15X,"VALVULAS DE MARIPOSA"//T55,
"PORCIEN TO DE ABERTURA")
PRINT 403
DO 412 I=1,3,21
A13 PRINT 400,(CVDTA(I),J=1,8)
PRINT 310
33) FORMAT(14I,5(//),T56,"VALVULAS DE MARIPOSA"//T56,
"GRADOS DE INCLINACION")
PRINT 427
427 FORMAT(T21,"CURVED"//T23,"(I,I)",11X,"10",11X,"20",11X,"30",11X,"40"
1,11X,"50",11X,"60",11X,"CF")
DO 415 I=1,21
415 PRINT 400,(CVDT(I,I),J=1,8)
PRINT 300
340 FORMAT(14I,5(//),T61,"MICROFLUTE"//T55,"PORCIEN TO DE ABERTURA")
PRINT 403
DO 417 I=1,21
417 PRINT 400,(CVDT(I,I),J=1,8)
PRINT 400
44) FORMAT(14I,5(//),T7X,9(" "),"TABLA DE ACTUADORES",9(" ")//T50,
"CURVED(IN)",6X,"TIPO DE ACTUADOR")
DO 450 I=1,10
450 PRINT 451,(AC(I,I),I=1,2)
451 FORMAT(15X,F3.1,15X,F4.1)
PRINT 430
434 FORMAT(14I,7(//),T47,"TABLA DE CARACTERISTICAS DE ACTUADORES"//,
1T29,"TIPO DE ACTUADOR",7X,"AREA(IN2)",6X,
2"FUERZA MAX PERMITIDA",3X,"MAXIMA PRESION")
DO 420 I=1,9
429 PRINT 441,(OJAF(I,J),I=1,4)
441 FORMAT(//T32,4CF9.2,12X))
PRINT 301
301 FORMAT(14I,7(//),T52,"VALVULAS DE PUERTO SENCILLO"//)
PRINT 400
DO 302 I=1,21
302 PRINT 400,(CVDA8(I,I),J=1,8)
PRINT 301
PRINT 310
PRINT 403
DO 303 I=1,3,21
303 PRINT 400,(CVDT8(I,I),J=1,8)
PRINT 301
PRINT 320
PRINT 403
DO 304 I=1,3,21
304 PRINT 400,(CVDTI(I,I),J=1,8)
C SELECTAR EL NUMERO DE PUERTOS DE ACUERDO A LA FILTRACION
PERMITIDA
GO TO (10,17),M1
C SELECTAR LA CARACTERISTICA DE LA VALVULA
17 GO TO (14,19,15),V
13 DO 16 I=1,21
DO 15 J=1,9
16 CV(T,I)=CVDA8(T,I)
GO TO 20
14 DO 270 I=1,21
DO 270 J=1,9
270 CV(T,I)=CVDTI(T,I)
```

```

GO TO 20
15 DO 305 I=1,21
    DO 305 J=1,21
105 CV(I,J)=CVNLI(I,J)
GO TO 20
19 GO TO(5,4,7)N
5 DO 10 I=1,21
  DO 10 J=1,9
13 CV(I,J)=CVNLI(I,J)
GO TO 20
6 DO 12 I=1,21
  DO 12 J=1,8
12 CV(I,J)=CVNLI(I,J)
GO TO 20
7 DO 11 I=1,21
  DO 11 J=1,8
11 CV(I,J)=CVNLI(I,J)
C   CALCULA LA CATDA DE PRESION EN LA LINEA A FLUJO NORMAL
20 DS=0.17
C   DS ES EL DIAMETRO DE LA LINEA EN PIES
    IC=0
    A=.789405**2
C   A ES EL AREA DE DE FLUJO EN FT2
    V=.352*QNDRA
C   V ES LA VELOCIDAD EN FT /SEG
    NRE=.25.7**QND54/VIS
C   NRE ES EL NUMERO DE REYNOLDS
    CALL PANING(NRE,EP,DAM,F)
    IF(V.EQ.1)GO TO 135
    V=V/3400.0
C   LAS CATNAS DE PRESTION ESTAN DADAS EN PSI
    DPL1=F*(V**2)*L1+S/(148.0*DS)
C   DPL1 ES LA CATDA DE PRESION EN TRAMO ANTERIOR A LA VALVULA
    A FLUJO NORMAL
    DPL2=F*(V**2)*L2+S/(148.0*DS)
C   DPL2 ES LA CATDA DE PRESION EN EL TRAMO POSTERIOR A LA VALVULA
    A FLUJO NORMAL
    DPD=DF-DF
C   DPD ES LA CATNA DE PRESION DISPONIBLE PARA LA LINEA Y LA VALVULA
C   CALCULA EL CV DE LA VALVULA A FLUJO NORMAL
    CVN ES EL CV NORMAL
    DPV=QNDQ*(DPL1-DPL2)
C   DPV ES LA CATDA DE PRESION NORMAL EN LA VALVULA
    IF(DPV=.10*DPD)39,40,40
39 IF(DPV=.22*DPD)32,32,50
40 VISC=VIS/(62.4*S)
C   VISC ES LA VISCOSIDAD DEL FLUIDO (CENTISTOKES)
    IF(VISC=0)33,43,44
43 PI=PE-DPL1
C   PI ES LA PRESTION DE ENTRADA A LA VALVULA A FLUJO NORMAL(PGIA)
    CF=CV(21,A)
C   CF ES EL FACTOR DE FLUJO CRITICO
    DPS=(0.1*V)*CF**2
C   DPS ES LA CATNA DE PRESTION CRITICA
    IF(DPV=0DS)45,44,44
45 CVN=QNDQ*SQRT(CS/DPV)
    GO TO 40
46 CVN=(QNDQ/CF)*SQRT(CS/DPS)
C   CALCULA LA CATDA DE PRESION A FLUJO MAXIMO
60 QMAX=.25*QNDQ

```

V=8.352*QMAX/A
 VRE=2.57*Q5*V45/VIS
 CALL F4Y7NG(NRF*EP,0,N*F)
 IF(N*FR.1137 TO 135
 V=V/3600.0

DPL1=V*F*(V**2)*L1*5/(148.0*Q5)
 C DPL14 ES LA CAIDA DE PRESION EN EL TRAMO ANTERIOR A LA VALVULA
 C A FLUJO MAXIMO

DPL2=V*F*(V**2)*L2*5/(148.0*Q5)
 DPT=0.0144*DPL2
 DPVMI=0.008*0PT

C DPVMI ES LA CAIDA DE PRESION MINIMA DE LA VALVULA

IF(DPVMI*GE.0.20*0PDI)GO TO 9
 IF(DPVMI*LE.0.12*0PDI)GO TO 143
 IF(N*FR.4)GO TO 9
 DO 18 I=1,21
 DO 18 J=1,8

18 CV(T,J)=CV9IT(T,J)

N=9

9 P14=PF*0.014

C P14 ES LA PRESION DE ENTRADA A LA VALVULA A FLUJO MAXIMO(PSIA)

DPS=CF*P14*(P14-PV)
 IF(DPVMI*V=DPS)61,62,62

44 CVN=.072*CVIS*QMAX/DPVMI**.66

QMAX=1.25*QMPR

V=8.352*QMAX/A

VRE=2.57*Q5*V45/VIS

CALL F4Y7NG(NRF*EP,0,N*F)

IF(N*FR.1137 TO 135

V=V/3600.0

DPL1=V*F*(V**2)*L1*5/(148.0*Q5)

DPL2=V*F*(V**2)*L2*5/(148.0*Q5)

DPT=0.0144*DPL2

DPVMI=0.008*0PT

C CALCULA EL CV MAXIMO DE LA VALVULA

IF(DPVMI*GE.0.20*0PDI)GO TO 161

IF(DPVMI*LE.0.12*0PDI)GO TO 138

IF(N*FR.8)GO TO 161

DO 162 I=1,21

DO 162 J=1,8

162 CV(T,J)=CV9IT(T,J)

N=9

161 CVN=.072*CVIS*QMAX/DPVMI**.66

C CVN ES EL CV MAXIMO

GO TO 65

61 CVN=QMAX*SQRT(S/DPVMI)

GO TO 65

62 CVN=(QMAX/CF)*SQRT(S/DPS)

65 IF(CVN=10.7)66,66,67

50 DO 51 I=1,21

DO 51 J=1,8

51 CV(T,J)=CV9IT(T,J)

GO TO 43

C CALCULA EL TAMAÑO DE LA VALVULA

67 J=5

I=1

C QUINTA COLUMNA DE CADA TABLA CORRESPONDE A UN CV PARA UN 60% DE

C AFRONTA

30 IF(CVN=CV(T,J))75,75,75

75 IF(T=21)79,79,79

```
73 I=I+1
   GJ TO 30
74 J=6
C   SEXTA COLUMNA DE LA TABLA DE CV CORRESPONDE A UN 60% DE ABERTURA
25 IF(CVMA=CV(T,J))31,31,59
59 I=I+1
   IF(T=1)99,99,179
66 DJ 68 I=I,21
   DJ 69 J=J+8
68 CV(T,1)=CVMIC(T,J)
   N=5
   GO TO 67
31 BDDV=CV(T,1)
C   BDDV ES EL DIAMETRO DEL CUERPO(IN)
CVDIS=CV(T,2)
C   CVDIC ES EL CV QUE CORRESPONDE AL 100% DE ABERTURA DE LA VALVULA
IF(C, EQ, A)GO TO 207
IF(BDDV, EQ, DVAL)GO TO 200
   GJ TO 201
207 IF(BDDV, EQ, 7)GO TO 200
201 DVAL=BDDV
   D=BDDV *BDDV*OPV4
   P=P14
   CALL CORR(CF,BDDV,4,D,S,OPV,PI,PPV,CVND)
   CVN=CVND
   Q=BDDV *BDDV*OPV14
   P=P14
   CALL CORR(CF,BDDV,4,D,S,OPV,PI,PPV,CVND)
   CVMA=CVND
   GO TO 65
C   PDDT ES EL DIAMETRO DEL PUERTO(IN)
20J PDDT=CV(T,2)
   I=1
   J=1
55 IF(BDDV=40(T,J))70,71,70
70 I=I+1
   IF(T=10)55,55,56
71 SIZE=40(T,2)
C   SIZE ES EL PARAMETRO QUE INDICA EL TIPO DE ACTUADOR
   I=1
   J=1
74 IF(SIZE=PIAF(I,J))72,73,72
72 J=J+1
   IF(J=9)74,74,56
73 AREA=PIAF(2,J)
C   AREA ES EL AREA DEL ACTUADOR
C   INICIA LA FLUJDACTON DE LA HOJA DE DATOS
PRINT 30,ATTEN,LINE,8,80,0
80 FORMAT(14I,4(//),T59,"HOJA DE DATOS"/T23,"NUMERO DE ITEM",T89,
115/T23,"NUMERO DE LINEA",T8),T5/T23,"DIAMETRO DE LINEA(I4)",
2189,15,T23,"TAMAÑO DEL CUERPO(I4)",T89,F5,2/)
   GO TO (149,149,149,170,171)24
169 GO TO (170,173)24I
172 PRINT 82
82 FORMAT(T23,"NUMERO) DE PUERTOS",T91,"000")
   GO TO 171
173 PRINT 81
81 FORMAT(T23,"NUMERO) DE PUERTOS",T91,"000")
171 PRINT 84,070T
84 FORMAT(T23,"TAMAÑO DEL PUERTO(IN)",T89,F5,2)
```

```
17) 37 77 (177,173,174,105,106)*1
172 PRINT 95
15) FORMAT(T23,"CARACTERISTICA",T72,"ADENTURA RAPIDA")
GO TO 93
103 PRINT 96
86) FORMAT(T23,"CARACTERISTICA",T73,"IGUAL PORCENTAJEN")
GO TO 97
104 PRINT 97
87) FORMAT(T23,"CARACTERISTICA",T73,"LINEAL")
GO TO 97
106 PRINT 94
88) FORMAT(T23,"TIPO DE VALVULA",T80,"MICROFLUTE")
GO TO 97
105 PRINT 93
89) FORMAT(T23,"TIPO DE VALVULA",T86,"HARIPUSA")
C
SELECCIONA EL MATERIAL DE LA VALVULA
97) GO TO (17,37,38,35,36,37,38,22),JFLUID
32) PRINT 21
21) FORMAT(T23,"MATERIAL",T73,"ACERO AL CARBON A216A")
215) I=1 J=1
211) IF(PE.LE.RAT1(I,J))GO TO 213
I=I+1
IF(I=19)GOTO 211,214,56
210) IP=I I=1
213) IF(T.LE.RAT1(I,J))GO TO 212
J=J+1
IF(J=10)GOTO 213,214,56
212) RAT=RAT1(I,J)
GO TO 91
33) PRINT 23
23) FORMAT(T23,"MATERIAL",T77,"ACERO AL CARBON A217A")
GO TO 215
34) PRINT 24
24) FORMAT(T23,"MATERIAL",T79,"CROMO HOLIBDENU")
I=1 J=1
218) IF(PE.LE.RAT2(I,J))GO TO 214
I=I+1
IF(I=19)GOTO 218,219,56
219) IP=I I=1
217) IF(T.LE.RAT2(I,J))GO TO 216
J=J+1
IF(J=10)GOTO 217,216,56
216) RAT=RAT2(I,J)
GO TO 91
35) PRINT 225
225) FORMAT(T23,"MATERIAL",T88,"NICKEL")
RAT=7.
GO TO 91
36) PRINT 26
26) FORMAT(T23,"MATERIAL",T72,"ACERO INOXIDABLE TIPO 304")
I=1 J=1
220) IF(PE.LE.RAT3(I,J))GO TO 219
I=I+1
IF(I=19)GOTO 220,220,56
219) IP=I I=1
222) IF(T.LE.RAT3(I,J))GO TO 221
J=J+1
IF(J=10)GOTO 222,222,56
221) RAT=RAT3(I,J)
GO TO 91
```

```
37 PRINT 27
27 FORMAT(T23,"MATERIAL",T73,"ACERO INOXIDABLE TPJ 316")
I=I+1
224 IF(PE.LE.RATA(T,J))GO TO 223
I=I+1
IF(T=1)GO TO 224,56
223 IP=T II=1
225 IF(T.LE.RATA(I,J))GO TO 233
J=J+1
IF(J=9)225,226,56
226 RAT=RATA(TP,J)
GO TO 21
38 PRINT 28
28 FORMAT(T23,"MATERIAL",T80,"FIERRO FUNDIDO")
I=I+1
228 IF(PE.LE.RAT6(T,J))GO TO 227
I=I+1
IF(T=5)228,228,56
227 IP=T II=1
230 IF(T.LE.RAT6(I,J)) GO TO 229
J=J+1
IF(J=9)230,230,56
229 RAT=RAT6(TP,J)
GO TO 21
22 PRINT 29
29 FORMAT(T23,"MATERIAL",T88,"JUNION")
I=I+1
232 IF(PE.LE.RAT5(T,J))GO TO 231
I=I+1
IF(T=6)232,232,56
231 IP=T II=1
234 IF(T.LE.RAT5(T,J))GO TO 233
J=J+1
IF(J=6)234,234,56
233 RAT=RAT5(TP,J)
21 PRINT 245
245 FORMAT(T23,"TIPO DE UNIONES",T86,"BRIDAJAS")
IRAT=RAT
C CALCULA LA CAPACIDAD DE LAS UNIONES
GO TO(236,237,238,239,240,241,242),IRAT
236 PRINT 243
243 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T87,"150# RF")
GO TO 290
237 PRINT 244
244 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T87,"300# RF")
GO TO 290
238 PRINT 246
246 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T87,"450# RF")
GO TO 290
239 PRINT 247
247 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T87,"600# RF")
GO TO 290
240 PRINT 248
248 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T87,"900# RF")
GO TO 290
241 PRINT 249
249 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T86,"150# RF")
GO TO 290
242 PRINT 250,P,T
250 FORMAT(T23,"PRESION",E8.1,"TEMPERATURA",E8.1)
```

```
C
SELECCIONA EL MATERIAL DEL EMPAQUE
247 GO TO (251,252,253,254),ITEM
251 PRINT 255
252 FORMAT(T33,"MATERIAL DE EMPAQUE",T36,"NEOPRENO"/T23,
1"SI SE REQUIERE DE LUBRICANTE")
GO TO 231
252 PRINT 256
253 FORMAT(T33,"MATERIAL DE EMPAQUE",T76,"AQUILSTO CON TEFLON"/T23,
1"SI SE REQUIERE DE LUBRICANTE")
GO TO 231
253 PRINT 257
254 FORMAT(T33,"MATERIAL DE EMPAQUE",T87,"TEFLON"/T23,
1"SI SE REQUIERE DE LUBRICANTE")
GO TO 231
254 PRINT 254
258 FORMAT(T33,"MATERIAL DE EMPAQUE",T82,"SEMI METALICO"/T23,
1"SI REQUIERE LUBRICANTE")
C
SELECCIONA LA POSICION DE LA VALVULA A FALLA DE AIRE
291 IFCW(150,151,160)
150 PRINT 140
149 FORMAT(T33,"POSICION A FALLA DE AIRE",I47,"ABIERTA"/T23,
1"POSICION EN OPERACION",T70,"ABRE A 3#","***","CIERRA A 15#")
GO TO 93
151 PRINT 92
92 FORMAT(T33,"POSICION A FALLA DE AIRE",T47,"CERRADA"/T23,
1"POSICION EN OPERACION",T70,"ABRE A 15#","***","CIERRA A 3#")
93 PRINT 90,CW,CURR,CUBIS
94 FORMAT(T33,"CV NORMAL CALCULADO",T85,F9.2/T23,
1"CV MAXIMO CALCULADO",T85,F9.2/T23,"CV SELECCIONADO",T85,F9.2/T23,
2"TIPO DE SECCION",T85,"DIAGONAL")
PRINT 97,APFA
97 FORMAT(T33,"AREA(140)",T89,I5)
IFCWP(1,1)GO TO 112
PRINT 110
112 FORMAT(T33,"POSICIONADO",T30,"SI SE REQUIERE")
GO TO 83
95 PRINT 140
142 FORMAT(T33,"POSICIONADO",T30,"SI SE REQUIERE")
83 PRINT 110,OPR,IMAX,OPV,OPVHI,OPV,PIW,SAVISAT
110 FORMAT(T33,"COEF DE FLUJO"/T23,"FASE",T67,"LIQUIDO"/T23,
1"ENTRADA DE FLUJO",T91,"OP 1"/T23,"FLUJO NORMAL",T85,F9.2/T23,
2"FLUJO MAXIMO",T85,F9.2/T23,"CAIDA DE PRESION NORMAL",T85,F9.2/T23
1,"MANTENIMIENTO DE PRESION",T85,F9.2/T23,"PRESION NORMAL",T85,F9.2/
T23,"PRESION MINIMA DE ENTRADA",T85,F9.2/T23,"DENSIDAD RELATIVA",
T85,F9.2/T23,"VISCOSIDAD(GP)",T84,F10.6/T23,"TEMPERATURA OF",T89,
5I5)
GO TO 135
132 PRINT 133,OPVN
133 FORMAT(T14,"NO SE DISPONE DE CAIDA DE PRESION PARA LA VALVULA",
12X,F9.2)
GO TO 135
134 PRINT 130,OPVMTN
139 FORMAT(T14,"PAPA FLUJO MAXIMO LA CAIDA DE PRESION DISPONIBLE",
12X,F9.3)
GO TO 135
79 PRINT 130,OP(2),5),OPV
140 FORMAT(T16,"LIMITE SUPERIOR",2X,F9.3,2X,"CV NORMAL CALCULADO",
12X,F9.3)
GO TO 135
179 PRINT 141,C(2),6),C(1)
```

```
141 FORMAT(T16,"LIMITE SUPERIEUR=",F3.3*2X,"(VARIABLE) CALCULEE=",  
15X,F9.3)  
GO TO 135  
56 PRINT 149  
142 FORMAT(Y16,"REVISAR DATOS")  
135 CALL EXIT  
END
```

F0RM
FJRM


```
SUBROUTINE FENINQ(NOE,EP,D,I,F)
C SUBROUTINA PARA CALCULAR EL FACTOR DE FRICCION
REAL NPE
IF(NOE=2100.0)GOTO 600*601
600 F=4.0/NRE I M=0
C F ES EL FACTOR DE FRICCION
GO TO 620
C ES EL FACTOR DE FRICCION SUPUESTO DE ACUERDO A LEY DE ANTOLEZ
C CALCULA EL FACTOR DE FRICCION DE ACUERDO A LA ECUACION DE COLEBRO JK
601 F=990*((1730.0+EP*12.0/D+1000.0/NRE)**.33+1.0)
AA=19.0*EP/(3.7*D)
B=7.51/NRE
611 FI=1.0/SQRT(FS)+2.0*ALOG10(AA+B/SQRT(FS))
YPRIM=1.0+2.0*AA*B/(AA+B/SQRT(FS))
X=1.0/SQRT(FS)
XNEW=1.0/SQRT(FS)-FI/YPRIM
SMARR=(XNEW-X)/XNEW
IF(SMARR<1.0E-04)GO TO 602
610 F=FS I M=0
GO TO 620
602 IF(ITER=30)403,610,619
603 FC=FS
ITER=ITER+1
FS=1.0/(XNEW**2)
IF(ABS(FC-FS).LE.1.0E-04)GO TO 610
GO TO 611
619 M=1
C M ES PARAMETRO QUE INDICA SI EXISTE CONVERGENCIA ENTRE F SUPUESTO
C Y F CALCULADO
PRINT 627
627 FORMAT(14,'NO CONVERGE')
620 RETURN
END
```

FORI

```
SUBROUTINE CORREC(CF,BODY,Q,D,S,DPV,P1,PV,CVND)
C SUBROUTINA PARA EFECTUAR CORRECCIONES POR EFECTOS DE TUBERIA
R=SQRT(1.0+1.5*(1.0-AUDY**2/D**2)**2*(Q/(30.0*BODY**2))**2*S/DPV)
C R ES EL FACTOR DE CORRECCION DEL CV POR EFECTOS DE TUBERIA
DPS=(CF/Q)**2*(P1-PV)
IF(DPV=700)300,301,301
300 CVND=D/R*SQRT(S/DPV)
GO TO 300
301 CVND=D*SQRT(S/DPV)
302 CONTINUE
RETURN
END
```

HOJA DE DATOS

NUMERO DE TUBO	701
NUMERO DE LINEA	8503
DIAMETRO DE LINEACION	6
TAMANO DEL CUERPO(CI)	6.00

NUMERO DE PUERTOS	005
TAMANO DEL PUERTO(CI)	7.00
CARACTERISTICA	LINEAL
MATERIAL	ACERO AL CARBON A216A
TIPO DE UNIONES	BRIDAS
CAPACIDAD DE LAS UNIONES	150# RF
MATERIAL DE EMPAQUE	ASBESTO CON TEFLON

NO SE REQUIERE DE LUBRICANTE

POSICION A FALLA DE AIRE	ABIERTA
POSICION EN OPERACION	ABRE A 31***CIERRA A 15#
CV NORMAL CALCULADO	184.16
CV MAXIMO CALCULADO	330.55
CV SELECCIONADO	433.20
TIPO DE ACTUADOR	DIAPHRAMA
AREA(CI)	113
POSICIONADOR	NO SE REQUIERE

DATOS DE FLUJO

FASE	LIQUIDO
UNIDADES DE FLUJO	OP4
FLUJO NORMAL	742.00
FLUJO MAXIMO	927.50
CAIDA DE PRESION NORMAL	14.92
MINIMA CAIDA DE PRESION	6.90
PRESION NORMAL	47.52
PRESION MINIMA DE ENTRADA	40.33
VELOCIDAD RELATIVA	0.876000
VISCOSIDAD(CP)	2.140000
TEMPERATURA OF	190


```
CV=WN02/CA1.31*Y*SQRT(X*PIH/V0)
C  C1=HUBO EN CAIDA DE PRESION EN LA LINEA A FLUJO MAXIMO
24 W=WMAX
W=WMAX
C  WMAX ES FLUJO MAXIMO
C1=WM*2E-09
PI=PE
LONG=0.1
L=L1
31 CALL FATING(P1,PC,R,TR,PH,DS,AAH,C1,VIS,EP,LT,U,DPT,AVO)
IF(V.EQ.1)GO TO 135
PI=P1-DPT
LONG=LONG+L
IF(LONG.EQ.L1)GO TO 30
L=L1-LONG
GO TO 31
25 IF(OPVN=.22*DPD)33*33*34
32 N=4
35 DO 50 I=1,21
DO 50 J=1,4
50 CV(I,J)=CV9(IT(I,J))
GO TO 24
30 DPL1=PE-P1
C  DPL1 ES LA CAIDA DE PRESION EN EL TRAMO ANTERIOR A LA VALVULA
C  A FLUJO MAXIMO
PI=PE-DPL1
C  PI ES LA PRESION A LA ENTRADA DE LA VALVULA A FLUJO MAXIMO
PI=PF
L=L2
LONG=0.0
37 CALL FATING(P1,PC,R,TR,PH,DS,AAH,C1,VIS,EP,LT,U,DPT,AVO)
IF(V.EQ.1)GO TO 135
PI=P1-DPT
LONG=LONG+L
IF(LONG.EQ.L2)GO TO 30
L=L2-LONG
GO TO 37
38 DPL2=PI-PE
DPL1=DPL1+DPL2
C  DPL1 ES LA CAIDA DE PRESION EN LA LINEA A FLUJO MAXIMO
OPV1=900-DPL1
C  OPV1 ES LA CAIDA DE PRESION EN LA VALVULA PARA FLUJO MAXIMO
C  CALCULA EL CV MAXIMO DE LA VALVULA
IF(OPV1=.22*DPD)40*41*41
41 XM=OPV1/PIH
IF(XM.LE.XT) GO TO 43
Y=.667
CVMA=WMAX/(43.3*Y*SQRT(XT*PIH/V0))
C  CVMA ES EL CV MAXIMO
GO TO 45
43 Y=1.-Y/(1+XT)
CVMA=WMAX/(43.3*Y*SQRT(PIH*XM+1.0/V0))
GO TO 45
40 IF(OPV1,LE.0.12*DPD)GO TO 149
IF(V.EQ.1)GO TO 41
DO 70 I=1,21
DO 70 J=1,4
70 CV(I,J)=CV9(IT(I,J))
N=4
GO TO 41
```

```

C
45 IF(CV4=C*(I+J))GO TO 46
46 J=5
    DO 47 I=1,21
    DO 48 J=1,8
49 CV(I,J)=C*(I+J)
47 I=1
   J=5
C
  JIANTA QUE LUNA CORRESPONDE A JI CV PARA UN 60% DE ABERTURA
100 IF(CV4=C*(I+J))75,75,75
70 IF(I=21)GO TO 72
   I=I+1
   GO TO 100
75 J=5
C
  SEYTA QUE LUNA CORRESPONDE A JI CV PARA UN 60% DE ABERTURA
165 IF(CV4=C*(I+J))101,101,59
59 I=I+1
   IF(I=21)45,165,79
101 DOV=C/(I+1)
C
  BDDY ES EL TAMAÑO DEL CUERPO DE LA VALVULA
CV(I,S)=C/(I+7)
C
  CVNTS ES EL CV SELECCIONADO
IF(CV.EQ.0)GO TO 207
IF(BDDY.EQ.0VAL)GO TO 200
    DVAL=BDDY
    GO TO 219
207 IF(BDDY.EQ.0)GO TO 200
C
  HAZ CORRECCION POR EFECTOS DE TUBERIA
DVAL=BDDY
208 SK1=0.5*(1+BDDY**2/D**2)**2
    SK2=(1.1+BDDY**2/D**2)**2
    C0=CV(I)/BDDY**2
    SK=(SK1+SK2)*C0**2
    FP=1./SQRT(1.+C/890.)
    XTP=X/(FP**2)*(1.0/(1.0+XT+C0**2+SK1/1000.0))
    IF(Y4.LE.XTP)GO TO 201
    Y=.667
    CV4=X**2/(63.3+5*SQRT(P14*XTP/V0))
    GO TO 219
201 Y=1.0-X/(3*XTP)
    CV4=X**2/(63.3+Y*SQRT(P14*XTP/V0))
202 IF(Y4.LE.XTP)GO TO 203
    Y=.667
    CV4=X**2/(63.3+Y*SQRT(P14*XTP/V0))
    GO TO 219
203 Y=1.0-X/(3*XTP)
    CV4=X**2/(63.3+Y*SQRT(P14*XTP/V0))
204 IC=IC+1
200 HJRT=C*(I+J)
C
  PNOT ES EL TAMAÑO DEL CUERPO DE LA VALVULA
I=1
J=1
54 IF(BDDY=C*(I+J))32,30,32
32 I=I+1
   IF(I=21)50,32,32
35 SIZE=ACCT.21
   I=1
   J=1
C
  CALCULA EL TAMAÑO DEL ACTUADOR

```



```
107 IP=1
108 I=1
217 IF(DF.LE.DAT(1,1))GO TO 218
J=J+1
IF(I=1)GO TO 217*19
218 DATA DAT(2,1)
I=I+1
111 GOTO 107
219 FORMAT(20,' MATERIAL '*T0,' 'ACERU INO(IGABLE TPO 30*)
MAT=7
GO TO 107
112 GOTO 107
220 IF(DF.LE.DAT(1,1))GO TO 217
I=I+1
IF(I=1)GO TO 220*19
219 IP=1
I=1
222 IF(T.LE.DAT(1,1))GO TO 221
J=J+1
IF(I=0)GO TO 222*19
221 MATRAT(1,1)
GO TO 217
113 GOTO 107
223 FORMAT(20,' MATERIAL '*T0,' 'ACERU I(OXIDABLE TPO 31*)
I=1
J=1
224 IF(DF.LE.DAT(1,1))GO TO 223
I=I+1
IF(I=1)GO TO 224*19
223 IP=1
I=1
226 IF(T.LE.DAT(1,1))GO TO 225
J=J+1
IF(I=0)GO TO 226*19
225 MATRAT(1,1)
GO TO 107
114 GOTO 107
227 FORMAT(20,' MATERIAL '*T0,' 'FIERR) FUNDIDO")
I=1
J=1
228 IF(DF.LE.DAT(1,1))GO TO 227
I=I+1
IF(I=5)GO TO 228*79
227 IP=1
I=1
230 IF(T.LE.DAT(1,1))GO TO 229
J=J+1
IF(I=5)GO TO 230*79
229 DATA DAT(1,1)
GO TO 107
115 GOTO 107
231 FORMAT(20,' MATERIAL '*T0,' 'ACERU INO(IGABLE TPO 30*)
I=1
J=1
232 IF(DF.LE.DAT(1,1))GO TO 231
I=I+1
IF(I=6)GO TO 232*79
```

```
231 IPRT = 1.5
232 IF(T.LF,54*(1.10),7.1E3)
  J=141
  IF((14)234,234,79)
233 RAT=RAT5(T,1)
120 PRINT 235
236 FORMAT(T23,"TIO DE UNIONES",T6,"MORIDA")
  IRAT=AT
  GO TO(245,247,239,237,241,242)IRAT
236 PRINT 243
243 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T8,"150# RF")
  GO TO 231
237 PRINT 244
244 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T8,"300# RF")
  GO TO 231
238 PRINT 244
246 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T8,"450# RF")
  GO TO 231
239 PRINT 247
247 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T8,"150# RF")
  GO TO 231
240 PRINT 244
244 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T8,"150# RF")
  GO TO 231
241 PRINT 243
243 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T8,"150# RF")
  GO TO 231
242 PRINT 250,PAI
250 FORMAT(T40,"PRESION",F8.1,"TEMPERATURA",F8.1)
231 GO TO(251,252,253,254)IE,IP
251 PRINT 255
255 FORMAT(T23,"MATERIAL DE EMPAQUE",T8,"NEOPRENO/T23,
  1"NO SE REQUIERE DE LUBRICANTE")
  GO TO 231
252 PRINT 254
254 FORMAT(T23,"MATERIAL DE EMPAQUE",T8,"ABRISTO CON TEFLO",T23,
  1"NO SE REQUIERE DE LUBRICANTE")
  GO TO 231
253 PRINT 257
257 FORMAT(T23,"MATERIAL DE EMPAQUE",T8,"TEFLO",T23,
  1"NO SE REQUIERE DE LUBRICANTE")
  GO TO 231
254 PRINT 254
254 FORMAT(T23,"MATERIAL DE EMPAQUE",T8,"SEMI METALICO",T23,
  1"SI SE REQUIERE DE LUBRICANTE")
291 IF(K)157,151,153
150 WRITE(6,90)
  99 FORMAT(T23,"POSICION A FALLA DE AIRE",T9,"ABIERTA"/T23,
  1"POSICION DE OPERACION",T7,"ABR A 15",***,"CIERRA A 15")
  GO TO 121
151 WRITE(6,122)
122 FORMAT(T23,"POSICION A FALLA DE AIRE",T9,"CERRADA"/T23,
  1"POSICION DE OPERACION",T7,"ABR A 15",***,"CIERRA A 3")
121 WRITE(6,15)CVN,CVMA,CVMS
15 FORMAT(T23,"CV INICIAL CALCULADA",T6,F9.2/T23,
  1"CV MAXIMO CALCULADA",T6,F9.2/T23,"CV DE SOBRECARGA",T6,F9.2/T23,
  1"TIPO DE ACTUACION",T6,"15"O"3")
  WRITE(6,126) A05A
126 FORMAT(T23,"AREA(I 10)",T6,F9.2)
  SG=PV/28
```

```
117 FORMAT(30X, 'POSICION 3', T13, 'SI SE REQUIERE')
118 WRITE(A,17)
119 FORMAT(30X, 'POSICION 3', T13, 'SI SE REQUIERE')
120 PRINT 119
121 FORMAT(30X, 'VALOR DE FLUJO', T23, 'FASE', T19, 'GAS', T23,
122 'INDICES DE FLUJO', T15, 'T23', 'FLUJO MAXIMO', T85, F9.2/T23)
123 FLUJO MAXIMO, T85, F9.2/T23, 'CAIDA DE PRESION NORMAL', T85, F9.2/T23
124 MINIMO, T85, F9.2/T23, 'PRESION NORMAL', T85, F9.2/T23
125 F9.2/T23, 'PRESION MINIMA DE ENTRADA', T85, F9.2/T23
126 PRESION RELATIVA, T15, F9.2/T23, 'VISCOSIDAD (CP)', T84, F10.3,
127 (T23, 'VALOR DE TAREA', T15, F9.2)
128 WRITE(A,18)
129 FORMAT(30X, 'REVISAR DATOS')
130 WRITE(A,19)
131 FORMAT(30X, 'CONVERGENCIA')
132 WRITE(A,20)
133 FORMAT(30X, 'SE DEBE')
134 FORMAT(30X, 'NO SE TIENE CAIDA DE PRESION DISPONIBLE', T7X,
135 'CAIDA DE PRESION EN LA VALVULA', T3X, F11.6)
136 WRITE(A,21)
137 FORMAT(30X, 'CONVERGENCIA')
138 FORMAT(30X, 'NO CONVERGE')
139 WRITE(A,22)
140 FORMAT(30X, 'VALOR')
141 FORMAT(30X, 'CAIDA DE PRESION EN LA VALVULA A FLUJO MAXIMO', F11.6)
142 WRITE(A,23)
143 PRINT 211
144 FORMAT(30X, 'EL MATERIAL NO RESISTE LAS CONDICIONES DE OPERACION')
145 PRINT 215
146 PRINT 216
147 FORMAT(30X, 'EL VALOR DEL DIAMETRO DE LA VALVULA NO CONVERGE')
148 CALL EXIT
END
```

FORMA
FORMA
SI

HOJA DE DATOS

NUMERO DE ITEM	009
NUMERO DE LINEA	9032
DIAMETRO DE LINEACION	6
TAMANO DEL CUERPO(CIN)	6400
NUMERO DE PUERTOS	005
DIAMETRO PUERTO(CIN)	7.00
CARACTERISTICA	LINCAL
MATERIAL	ACERJ AL CARBON A 210 A
TIPO DE UNIONES	BRIDADAS
CAPACIDAD DE LAS UNIONES	150# RF
MATERIAL DE EMPAQUE	TEFLON
NO SE REQUIERE DE LUBRICANTE	
POSICION A FALLA DE AIRE	ABIERTA
POSICION EN OPERACION	ABRE A 3#**CIERRA A 15#
CM NORMAL CALCULADO	228.36
CM MAXIMO CALCULADO	250.24
CM SELECCIONADO	417.00
TIPO DE ACTUADOR	DIAFRAGMA
PRECION	111
POSICIONADOR	NO SE REQUIERE

DATOS DE FLUJO

FASE	115
CAPACIDAD DE FLUJO	105/HR
FLUJO NORMAL	1722.01
FLUJO MAXIMO	17929.60
CAIDA DE PRESION NORMAL	1.95
MINIMA CAIDA DE PRESION	1.65
PRESION NORMAL	99.69
PRESION MINIMA DE ENTRADA	99.62
PRESION RELATIVA	1.13586
ATMOSFERAS(CIN)	1.13000
TEMPERATURA	58)

Programa para dimensionar válvulas que manejan líquidos que se Flashean

F JKM
FORM
FORM

```
REAL L(4), LAMBDA, ANRE
DIMENSION CUMI(21,4), CVIG(21,3), AC(10,2), UIAF(4,9), CVLI(21,3),
1CVBHT(21,4), CVAB(21,8), CVOLI(21,8), CV(21,6), CVJAB(21,3),
2CVDIG(21,4), RAT1(1,10), RAT2(1,10), RAT3(1,9), RAT4(1,9),
3RAT5(1,6), RAT6(1,5), VAP(4,6)
READ(4,8)(CVAP(I,J), I=1,4), J=1,6)

8 FORMAT(9F9.5)
C VAP ES TABLA DEL DIAGRAMA DE MOLLIER
READ(5,1)((RAT1(I,J), I=1,10), J=1,10), ((RAT2(I,J), I=1,10), J=1,10),
1((RAT3(I,J), I=1,9), J=1,9), ((RAT4(I,J), I=1,9), J=1,9),
2((RAT5(I,J), I=1,6), J=1,6), ((RAT6(I,J), I=1,5), J=1,5)
C RAT1 ES TABLA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE UNIONES BRIDADAS DE
C ACERO AL CARBON A 216 A
C RAT2 ES TABLA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE UNIONES BRIDADAS DE
C CROMO NIQUEL A 217 A
C RAT3 ES TABLA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE UNIONES BRIDADAS DE
C ACERO INOXIDABLE TIPO 304
C RAT4 ES TABLA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE UNIONES BRIDADAS DE
C ACERO INOXIDABLE TIPO 316
C RAT5 ES TABLA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE UNIONES BRIDADAS DE
C BRONCE
C RAT6 ES TABLA PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE UNIONES BRIDADAS DE
C FIERRO FUNDIDO
1 FORMAT(10F5.1)
READ(4,3)(CUMTC(I,J), I=1,21), J=1,8), ((CVW3(I,J), I=1,21), J=1,6),
1((CVLI(I,J), I=1,21), J=1,3), ((CVIG(I,J), I=1,21), J=1,8),
2((CVBHT(I,J), I=1,21), J=1,4), ((AC(I,J), I=1,10), J=1,2),
3((UIAF(I,J), I=1,4), J=1,9), ((CVOLI(I,J), I=1,21), J=1,8),
4((CVJAB(I,J), I=1,21), J=1,8), ((CVDIG(I,J), I=1,21), J=1,3)
3 FORMAT(9F9.3)
```

```
C      CV10 ES TABLA PARA VALVULAS MICROFLUTE
C      CV10 ES TABLA DE CV PARA VALVULAS DE IGUAL PORCENTAJE
C      DE DOBLE PUERTO
C      AC ES TABLA PARA SELECCIONAR EL TIPO DE ACTUADOR
C      DIAS ES TABLA DE CARACTERISTICAS DE ACTUADORES
C      CVL1 ES TABLA DE CV PARA VALVULAS LINEALES DE DOBLE PUERTO
C      CVAR ES TABLA DE CV PARA VALVULAS DE ABERTURA RAPIDA
C      DE DOBLE PUERTO
C      CVAR1 ES TABLA DE CV PARA VALVULAS DE MARIPOSA
C      CV ES TABLA PARA ALMACENAR LOS DATOS DE CV PARA EL TIPO DE
C      VALVULA SELECCIONADO
C      CVAR2 ES TABLA DE CV PARA VALVULAS DE ABERTURA RAPIDA DE PUERTO
C      SENCILLO
C      CVDI0 ES TABLA DE CV PARA VALVULAS DE IGUAL PORCENTAJE
C      DE PUERTO SENCILLO
C      CVDI1 TABLA PARA VALVULAS LINEALES DE PUERTO SENCILLO
C      READ9,M,N,P,PFO,PE,VISL,VISG,D,EP,LI,T,GC
C      9 FORMAT(9F4.3)
C      MNOR ES EL FLUJO NORMAL EN L3/HR
C      PE ES LA PRESTON DE ENTRADA DEL FLUIDO A LA VALVULA
C      PE ES LA PRESTON EN EL PUNTO FINAL DE LA LINEA(PSTA)
C      VISL ES LA VISCOSIDAD DEL LIQUIDO EN CENTIPOICES
C      VISG ES LA VISCOSIDAD DE GAS EN CENTIPOICES
C      EP ES EL FACTOR RUGOSIDAD
C      LI ES LA LONGITUD DE LA LINEA EN EL TRAMO POSTERIOR A LA VALVULA
C      D ES EL DIAMETRO DE LA LINEA EN PULGADAS
C      T ES LA TEMPERATURA DE LA CORRIENTE EN GRADOS FARENHEITH
C      READ4,ITEM,LINE,N,K,J,FLUID,M,P,MI,IEMP
C      4 FORMAT(9F4.3)
C      ITEM ES EL NUMERO DE VALVULA
C      LINE ES EL NUMERO DE LINEA
C      N ES PARAMETRO PARA SELECCIONAR EL TIPO DE VALVULA
C      LINE ES EL NUMERO DE LINEA
C      K ES EL PARAMETRO QUE INDICA LA POSICION DE LA VALVULA A FALLA DE
C      AIRE
C      JFLUID ES PARAMETRO PARA SELECCIONAR EL MATERIAL DE LA VALVULA
C      MI ES PARAMETRO PARA SELECCIONAR EL NUMERO DE PUERTOS DE ACUERDO
C      A LA FILTRACION PERMITIDA
C      MP ES PARAMETRO QUE INDICA SI SE REQUIERE POSICIONADOR
C      IEMP ES PARAMETRO USADO PARA SELECCIONAR EL MATERIAL DE EMPAQUE
C      PRINT 189
189  FORMAT(T0,"PRECION",T27,"TEMPERATURA",T93,"VOLUMEN",T75,"VOLUMEN",
195,"ENTALPIA",T117,"ENTALPIA"/T55,"DEL",T77,"DEL",T97,"DEL",T119,
2"DEL"/T53,"LIQUIDO",T77,"GAS",T95,"LIQUIDO",T119,"GAS")
DO 189 I=1,46
183  PRINT 194,(M,P(I,J),J=1,6)
184  FORMAT(T77,E9.4,T12,F6.2,T53,F4.4,T74,F8.3,T97,F6.2,T119,F6.1)
PRINT 299
299  FORMAT(141,7(//),T53,"VALVULAS DE DOBLE PUERTO"/)
PRINT 300
300  FORMAT(T52,"VALVULAS DE ABERTURA RAPIDA"/T55,
1"PORCENTO DE ABERTURA")
PRINT 403
403  FORMAT(T21,"CURSO",7X,"PUERTO"/T23,"(IN)",9X,"(IN)",10X,"20%",
110X,"40%",12X,"60%",13X,"80%",9X,"100%",11X,"CFM")
DO 410 I=1,21
410  PRINT 409,(CV48(I,1),J=1,4)
400  FORMAT(/,14Y,8F13.3)
PRINT 239
```



```
PRINT 310
310 FORMAT(T50,"VALVULAS DE IGUAL PORCENTAJE">//T55,
1"PORCENTO DE ABERTURA")
PRINT 411
DO 411 I=13,21
411 PRINT 409,(CVINT(I,J),J=1,8)
PRINT 299
PRINT 320
320 FORMAT(T57,"VALVULAS LINEALES">//T55,
1"PORCENTO DE ABERTURA")
PRINT 413
DO 413 I=13,21
413 PRINT 409,(CVLT(I,J),J=1,8)
PRINT 330
330 FORMAT(I4,1,6(//),T56,"VALVULAS DE MARIPOSA">//T56,
1"GRADOS OF INCLINATION")
PRINT 427
427 FORMAT(I21,"CUERPO",T23,"(1)"",11X,"10",11X,"20",11X,"30",11X,"40"
1,11X,"50",11X,"60",11X,"CF")
DO 415 I=1,21
415 PRINT 409,(CVBHT(I,J),I=1,8)
PRINT 340
340 FORMAT(I4,1,6(//),T61,"MICROFLUTE">//T55,"PORCENTO DE ABERTURA")
PRINT 417
DO 417 I=1,21
417 PRINT 409,(CVMTCC(I,J),I=1,8)
PRINT 428
428 FORMAT(I4,1,5(//),47X,9("A"),"TABLA DE ACTUADORES",9("C")//T50,
1"CUERPO(TN)",6V,"TIPO DE ACTUADOR")
DO 429 I=1,10
429 PRINT 449,(AC(I,J),J=1,2)
440 FORMAT(T40,F5.1,10X,F5.1)
PRINT 441
441 FORMAT(I4,1,6(//),47X,"TABLA DE CARACTERISTICAS DE ACTUADORES">//T28
1,"TIPO DE ACTUADOR",7X,"AREA(T12)",6X,
2"FUERZA MAX PERMITIDA",3X,"MAXIMA PRESION")
DO 432 I=1,9
432 PRINT 433,(OTAC(I,J),I=1,4)
433 FORMAT(I32,4(F8.2,12X))
PRINT 301
301 FORMAT(I4,1,7(//),T52,"VALVULAS DE UN PUERTO">//
PRINT 300
PRINT 409
DO 302 I=11,21
302 PRINT 409,(CVDAB(I,J),J=1,8)
PRINT 301
PRINT 310
PRINT 409
DO 303 I=13,21
303 PRINT 409,(CVDTG(I,J),J=1,8)
PRINT 301
PRINT 320
PRINT 409
DO 304 I=13,21
304 PRINT 409,(CVOLI(I,J),I=1,8)
SELECCIONA EL NUMERO DE PUERTOS DE ACUERDO A LA FILTRACION
PERMITIDA
GO TO (100,101),MI
SELECCIONA LA CARACTERISTICA DE LA VALVULA
191 GO TO (102,103,104),J
```

192 DJ 196 I=1.21
J) 196 I=1.9

195 CV(T,J)=CVTAB(T,I)
GJ T) 2)

193 DJ 197 I=1.21
D) 197 I=1.9

197 CV(T,J)=CVTAB(T,J)
GJ T) 2)

194 DJ 198 I=1.21
D) 198 I=1.9

198 CV(T,J)=CVTAB(T,J)
GJ T) 2)

190 GJ T) (5,6,7),4
5 DJ 19 I=1.21

J) 19 I=1.9
10 CV(T,J)=CVAB(I,J)
GJ T) 2)

6 DJ 12 I=1.21
D) 12 I=1.9

12 CV(T,J)=CVIB(I,J)
GJ T) 2)

7 DJ 11 I=1.21
D) 11 I=1.9

11 CV(T,J)=CVLI(T,J)

C 05 ES EL DIAMETRO DE LA LINEA EN PIES
20 D5=0/12.
A=.785475*2

C A ES EL AREA DE FLUJO EN FT2
VISL=6.72E-04*VISL

C VISL ES LA VISCOSIDAD DEL LIQUIDO EN LB/FT*SEG
VISG=6.72E-04*VISG

C VISG ES LA VISCOSIDAD DEL GAS EN LB/FT*SEG
HMAX=0

C HMAX=1.3*4470
HMAX ES EL FLUJO MAXIMO EN LB/HR
I=1 I=1

21 IF(PF-VAP(I,J))22,23,24
24 IF(T.P0.44)27 T) 155

I=I+1
GJ T) 2)

23 H4=VAP(T,5)
C H4 ES LA ENTALPIA DE LA MEZCLA EN BTU/LB
VL=VAP(T,3)

C VL ES EL VOLUMEN ESPECIFICO DEL LIQUIDO EN LB/FT3
GJ T) 3)

22 M=I-1
H43=VAP(T,5) +442=VAP(M,5)
VL3=VAP(T,3)

VL2=VAP(4,3)
P3=VAP(T,1)
P2=VAP(4,1)

H4=H42+(443-442)*(PE-P2)/(P3-P2)
VL=VL2+(VL3-VL2)*(PE-P2)/(P3-P2)

32 P2=PE
C CALCULA LA CAIDA DE PRESION EN LA LINEA A FLUJO NORMAL
PI=PE
NT=#/13500.1*2)

C GT ES LA TASA VELOCIDAD DEL FLUIDO EN LB/FT2*SEG
L=0.0

26 CALL TABL(CAP,P2,4,4,1,4,1,4,2,4,VL2,VL3,4L2,4T)

IF(NOT, EQ, 1) GO TO 155
GL=GT*(1.-Y)

C GL ES LA MASA VELOCIDAD DEL LIQUIDO EN LB/FT²-SEG

GG=GT*Y

C GG ES LA MASA VELOCIDAD DEL GAS EN LB/FT²-SEG

ROL2=1./ROL

C ROL2 ES LA DENSIDAD DEL LIQUIDO (LB/FT³) A LA PRESION P2

ROG2=1./OG

C ROG2 ES LA DENSIDAD DEL GAS A LA PRESION P2

VSL=GL/ROL2

C VSL ES LA VELOCIDAD SUPERFICIAL DEL LIQUIDO EN FT/SEG

VSG=GG/ROG2

C VSG ES LA VELOCIDAD SUPERFICIAL DEL GAS EN FT/SEG

VNS=VSL+VSG

C VNS ES LA VELOCIDAD SUPERFICIAL DE LA MEZCLA EN FT/SEG

C1=.642*VNS**+.5*GT**+.1667*OG**+.04167/VSL**+.25

CALL WLNUP(C1*.05*LAHDA, VISLI, VISGI, RL, RH)

IF(NOT, EQ, 1) GO TO 152

RONS=LAMDA*ROL2*(1.-LAHDA)*R92

C RONS ES LA DENSIDAD DE LA MEZCLA EN LB/FT³

RG1=RL

C RL ES LA FRACCION VOLUMETRICA DEL LIQUIDO PARA FLUJO NO HOMOGENEO

CG ES LA FRACCION VOLUMETRICA DEL GAS PARA FLUJO NO HOMOGENEO

BETA=RL/RONS*LAHDA**2/RL+OG2/ROG5*(1.-LAHDA)**2/OG

C BETA ES EL FACTOR CORRECCION POR COMPORTAMIENTO NO HOMOGENEO

VIS=LAHDA*VISLI*(1.-LAHDA)*VISGI

C VIS ES LA VISCOSIDAD DE LA MEZCLA EN LB/FT-SEG

NRE=BETA*GT*.05/VIS

C NRE ES EL NUMERO DE REYNOLDS

CALL FANTNG(NRE, EP, F, F, HQ)

IF(NOT, EQ, 1) GO TO 157

DPZF=F*GT*GT**2/(2*GG*ROG5+N5)

C DPZF ES LA CAIDA DE PRESION POR FRICCION

AAC=(GL*VSL/RL+(GG*VSG/OG)*(1.-RL/OG))*(1./(GG*P2*144.))

C AAC ES FACTOR CORRECCION DEDIDO A ACELERACION

DPZ=DPZF/(1.-AAC)

C DPZ ES LA CAIDA DE PRESION EN LA LINEA CONSIDERANDO LOS EFECTOS

C DE ACCELERACION (PSI/FT)

DP=1./DPZ

DP=N.05*P2

DL=N7*DP

L=L+DL

P2=P2+DP

25 IF(L=L1) GO TO 27, 28

28 DL=L-L1

DP=DL/DPZ

P2=P2+DP

L=L+DL

GO TO 25

27 DPLT=P2-PFN

PF=P2

DPD=PF-PFN

C DPD ES LA CAIDA DE PRESION DISPONIBLE PARA LA LINEA Y LA VALVULA

DPVND=DPD-DPLT

CF=CV(21, R)

C CF ES EL FACTOR DE FLUJO CRITICO

DPC=CF**2*(P1/2*OG)

C DPC ES LA CAIDA DE PRESION CRITICA EN PSI

IF(DPVND, LT, DPC) GO TO 29

DPVND=DPC

29 IF(CV.EQ.0)GO TO 31

DPV=DPV/NO

C DPV ES LA CAIDA DE PRESION A FLUJO NORMAL

IF(DPV.LT.0.25*DP)GO TO 33

C CALCULA LA CAIDA DE PRESION EN LA LINEA A FLUJO MAXIMO

H=HMAX

GO TO 31

31 DPV=DPV/NO

IF(DPV.LT.0.15*DP)GO TO 142

C DPV EN LA CAIDA DE PRESION EN LA VALVULA A FLUJO MAXIMO

IC=0

H=HNDP

C CALCULA FL CV PARA FLUJO NORMAL

DP=DPV

CALL CAPA(DP,VISLI,VISGI,VL,H,D,EP,PE,VAP,CVNO,HOT,HM,GC,RUM)

IF(HOT.EQ.1)GO TO 160

CVN=CVN1

C CVN ES FL CV PARA FLUJO NORMAL

C CALCULA FL CV A FLUJO MAXIMO

H=HMAX

DP=DPV/NO

CALL CAPA(DP,VISLI,VISGI,VL,H,D,EP,PE,VAP,CVNO,HOT,HM,GC,RUM)

IF(HOT.EQ.1)GO TO 160

CVMA=CVN1

C CVMA ES FL CV MAXIMO

45 IF(CVMA.GF.10)GO TO 47

N=5

DO 46 I=1,21

DO 46 J=1,8

46 CV(I,J)=CVMIC(I,J)

47 I=1 J=5

C QUINTA COLUMNA CORRESPONDE A UN CV PARA UN 60% DE ABERTURA

100 IF(CVN=CV(I,J))75,75,76

76 IF(T.EQ.2)GO TO 79

I=T+1

GO TO 100

75 J=4

C SEXTA COLUMNA CORRESPONDE A UN CV PARA UN 80% DE ABERTURA

155 IF(CVMA=CV(I,J))101,101,59

59 IF(T.EQ.2)GO TO 79

I=T+1

GO TO 155

C CALCULA EL TAMANO DE LA VALVULA

101 BODY=V(T,1)

C BODY ES EL DIAMETRO DEL CUERPO (IN)

IF(TC.EQ.3)GO TO 200

IF(BODY.EQ.0)GO TO 200

H=HNDP

DP=DPV

D=BODY

CALL CAPA(DP,VISLI,VISGI,VL,H,D,EP,PE,VAP,CVNO,HOT,HM,GC,RUM)

IF(HOT.EQ.1)GO TO 160

CVN=CVN1

DP=DPV/NO

H=HMAX

CALL CAPA(DP,VISLI,VISGI,VL,H,D,EP,PE,VAP,CVNO,HOT,HM,GC,RUM)

IF(HOT.EQ.1)GO TO 160

CVMA=CVN1

IC=IC+1

GO TO 85

```
200 PORT=PV(I,2)
C   PORT ES EL DIAMETRO DEL PUERTO(IN)
   CVDIS=CVD(I,7)
C   CVDIS ES EL CV CORRESPONDIENTE A UN 100% DE ABERTURA
   I=1 J=1
58 IF(CVDIS=AC(I,J))GOTO 32,36,32
32 I=I+1
   IF(I=10)GOTO 58,19
36 SIZE=AC(I,2)
C   SIZE ES EL TIPO DE ACTUADOR
   I=1 J=1
74 IF(SIZE=ACTAF(I,J))GOTO 72,73,72
72 J=J+1
   IF(J=9)GOTO 74,74,179
73 AREA=DIAF(2,J)
C   AREA ES EL AREA DEL ACTUADOR EN FT2
C   INICIA LA ELABORACION DE LA HOJA DE DATOS
   PRINT 80,ITEM,LINEA,BODY
80 FORMAT(1#1#5(1),T59,"HOJA DE DATOS"/T23,"NUMERO DE ITEM",T89,
115/T23,"NUMERO DE LINEA",T87,T5/T23,"DIAMETRO DE LINEA(IN)",T99,
215/T23,"TAMANO DEL CUERPO(I)",T89,F5.2)
169 GO TO (169,169,169,170,171),I
172 PRINT A1
81 FORMAT(T23,"NUMERO DE PUERTOS",T91,"DOS")
   GO TO 171
173 PRINT A2
82 FORMAT(T23,"NUMERO DE PUERTOS",T91,"UNO")
171 PRINT A4,BODY
84 FORMAT(T23,"DIAMETRO PUERTO(IN)",T89,F5.2)
170 GO TO (109,103,104,105,106),I
102 PRINT A5
85 FORMAT(T23,"CARACTERISTICA",T79,"ABERTURA RAPIDA")
   GO TO 90
103 PRINT A6
86 FORMAT(T23,"CARACTERISTICA",T78,"IGUAL PORCENTAJE")
   GO TO 90
104 PRINT A7
87 FORMAT(T23,"CARACTERISTICA",T88,"LINEAL")
   GO TO 90
105 PRINT A8
88 FORMAT(T23,"TIPO DE VALVULA",T84,"MARIPOSA")
   GO TO 90
106 PRINT A9
89 FORMAT(T23,"TIPO DE VALVULA",T34,"MICROFLUTE")
C   SELECCIONA EL MATERIAL DE LA VALVULA
90 GO TO (109,109,110,111,112,113,114,115),J,FLUID
108 PRINT A1
91 FORMAT(T23,"MATERIAL",T73,"ACER3 AL CARBON A216A")
215 I=1
   J=1
211 IF(PELE,RAT(I,J))GO TO 21
   I=I+1
   IF(I=19)GOTO 21,21,19
210 IP=I
   I=1
213 IF(TALE,RAT(I,J))GO TO 212
   J=J+1
   IF(J=10)GOTO 213,213,19
212 RAT=RAT(IP,J)
```

```
      GO TO 120
109 PRINT 92
92 FORMAT(T23,"MATERIAL",T77,"CARBU JULY A217A")
      GO TO 215
110 PRINT 93
93 FORMAT(T23,"MATERIAL",T77,"CARBU JULY A217A")
      I=1 J=1
213 IF(PE,LE,RAT2(T,I)) GO TO 214
      I=I+1
      IF(T=1A)GOTO18*214*19
214 IP=I
      I=1
217 IF(T,LE,RAT2(I,J))GO TO 216
      J=J+1
      IF(J=10)GOTO17*217*19
215 RAT=RAT2(IP,J)
      GO TO 120
111 PRINT 94
94 FORMAT(T23,"MATERIAL",T68,"HICKEL")
      RAT=7.
      GO TO 120
112 PRINT 95
95 FORMAT(T23,"MATERIAL",T69,"ACERO INOXIDABLE TIPO 304")
      I=1
      J=1
220 IF(PE,LE,RAT3(T,I))GO TO 219
      I=I+1
      IF(T=1B)GOTO18*220*19
219 IP=I
      I=1
222 IF(T,LE,RAT3(I,J))GO TO 221
      J=J+1
      IF(J=9)GOTO19*222*19
221 RAT=RAT3(IP,J)
      GO TO 120
113 PRINT 96
96 FORMAT(T23,"MATERIAL",T69,"ACERO INOXIDABLE TIPO 316")
      I=1 J=1
224 IF(PE,LE,RAT4(T,I))GO TO 223
      I=I+1
      IF(T=1C)GOTO18*224*19
223 IP=I
      I=1
226 IF(T,LE,RAT4(I,J))GO TO 225
      J=J+1
      IF(J=9)GOTO19*226*19
225 RAT=RAT4(IP,J)
      GO TO 120
114 PRINT 97
97 FORMAT(T23,"MATERIAL",T69,"FIERR FUNDIDO")
      I=1 J=1
228 IF(PE,LE,RAT4(T,I))GO TO 227
      I=I+1
      IF(T=5)GOTO18*228*19
227 IP=I
      I=1
231 IF(T,LE,RAT4(I,J))GO TO 229
      J=J+1
      IF(J=5)GOTO19*231*19
229 RAT=RAT4(IP,J)
```

```
GO TO 170
115 PRINT 99
99 FORMAT(T23,"MATERIAL",T68,"UNIONES")
I=1 J=1
232 IF(PE,LE,RATS(I,J))GO TO 231
I=I+1
IF(I=4)232,232,10
231 IP=I I=1
230 IF(T,LE,RATS(I,J))GO TO 233
J=J+1
IF(J=6)234,234,10
233 RATS(I,J)=I
120 PRINT 245
245 FORMAT(T23,"TIPO DE UNIONES",T86,"UNIDADES")
IRAT=IRAT
C
IRAT ES PARAMETRO PARA SELECCIONAR LA CAPACIDAD DE LAS UNIONES
C
CALCULA LA CAPACIDAD DE LAS UNIONES
GO TO (244,237,248,239,240,241,242),IRAT
236 PRINT 243
243 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T87,"150# RF")
GO TO 200
237 PRINT 240
240 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T87,"300# RF")
GO TO 200
238 PRINT 246
246 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T87,"400# RF")
GO TO 200
239 PRINT 247
247 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T87,"600# RF")
GO TO 200
240 PRINT 244
244 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T87,"900# RF")
GO TO 200
241 PRINT 249
249 FORMAT(T23,"CAPACIDAD DE LAS UNIONES",T86,"1500# RF")
GO TO 200
242 PRINT 250,P,T
250 FORMAT(T40,"PRESION=",F8.1,"TEMPERATURA=",F8.1)
C
SELECCIONA EL MATERIAL DE EMPAQUE
290 GO TO (251,252,253,254),IEMP
251 PRINT 255
255 FORMAT(T23,"MATERIAL DE EMPAQUE",T86,"NEOPRENO"/T23,
1"NO SE REQUIERE LUBRICANTE")
GO TO 291
252 PRINT 256
256 FORMAT(T23,"MATERIAL DE EMPAQUE",T76,"ASBESTO CON TEFLON"/T23,
1"NO SE REQUIERE DE LUBRICANTE")
GO TO 291
253 PRINT 257
257 FORMAT(T23,"MATERIAL DE EMPAQUE",T88,"TEFLON"/T23,
1"NO SE REQUIERE DE LUBRICANTE")
254 PRINT 258
258 FORMAT(T23,"MATERIAL DEL EMPAQUE",T82,"SEMIMETALICO"/T23,
1"SE REQUIERE DE LUBRICANTE")
C
SELECCIONA LA POSICION DE LA VALVULA A FALLA DE AIRE
291 IF(K)150,151,150
150 PRINT 99
99 FORMAT(T23,"POSICION A FALLA DE AIRE",T87,"ABIERTA"/T23,
1"POSICION EN OPERACION",T70,"ABRE A 30","****","CIERRA A 15")
GO TO 121
```

```
151 PRINT 122
122 FORMAT(T23,"POSICION A FALLA DE AIRE",T47,"CERRADA"/T23,
1"POSICION EN OPERACION",T73,"ABRE A 152","***"CIERRA A 38")
121 PRINT 15,CV4,CV4A,CV4IS
15 FORMAT(T23,"CV NORMAL CALCULADO",T85,F9.2/T23,
1"CV MAXIMO CALCULADO",T85,F9.2/T23,"CV SELECCIONADO",T85,F9.2/T23,
2"TIPO DE ACTUADOR",T85,"DIAFRAGMA")
PRINT 124,A9FA
126 FORMAT(T23,"AREA(IN2)",T89,I5)
IF(CV.F9.1)GO TO 128
PRINT 14
16 FORMAT(T23,"POSICIONADOR",T80,"NO SE REQUIERE")
GO TO 127
128 PRINT 17
17 FORMAT(T23,"POSICIONADOR",T92,"SI ES REQUERIDO")
127 PRINT 120,W4OR,W4AX,DPVN,DPV4IN,PE,ROM,VIS,T
129 FORMAT(T59,"DATOS DE FLUJO"/T23,"FASE",T75,"CONDENSADO SATURADO",
1/T23,"UNIDADES DE FLUJO",T88,"LBS/HR",/T23,"FLUJO NORMAL",
1T85,F9.2/T23,"FLUJO MAXIMO",T85,F9.2/T23,"CAIDA DE PRESION NORMAL",
4T85,F9.2/T23,"MINIMA CAIDA DE PRESION",T85,F9.2/T23,"PRESION "
5"NORMAL DE ENTRADA",T85,F9.2/T23,"DENSIDAD(LB/FT3)",
5T87,F7.3/T23,"VISCOSIDAD(CP)",T84,F10.6/T23,"TEMPERATURA F",T89,I5
6)
GO TO 160
179 PRINT 13
13 FORMAT(T47,"REVISAR DATOS")
GO TO 160
33 PRINT 133,DPVN
133 FORMAT(T16,"NO SE TIENE CAIDA DE PRESION DISPONIBLE",7X,
1"CAIDA DE PRESION EN LA VALVULA A FLUJO NORMAL=",3X,F11.6)
GO TO 160
79 PRINT 134,CV(2,1.5),CVN
134 FORMAT(T16,"CV DE TABLAS=",3X,F10.3,"CV CALCULADO=",3X,F10.3)
GO TO 160
135 PRINT 136
136 FORMAT(T30,"NO CONVERGE")
GO TO 160
149 PRINT 2,DPV4IN
2 FORMAT(T3,"CAIDA DE PRESION EN LA VALVULA A FLUJO MAXIMO",F11.5)
GO TO 160
19 PRINT 350,PF
350 FORMAT(T40,"PRESION=",T64,F3.3)
152 PRINT 350
352 FORMAT(T40,"EL HOLDUP NO CONVERGE")
GO TO 160
155 PRINT 154,P2
154 FORMAT(T40,"PRESION=",F8.2)
GO TO 160
157 PRINT 134
GO TO 160
201 PRINT 202,BDDY,0
202 FORMAT(T47,"DIAMETRO CUERPO=",F7.2,"DIAMETRO",F7.2)
160 CALL EXIT
END
```

FORMAT
FORMAT
SE

SUBROUTINE CAPA(OP,VISLI,VISGT,VLE,DP,PE,PE,VAP,CVNU,DT,HM,GC,ROM

```

1)
C SUBROUTINA PARA CALCULAR EL % DE VAPORIZACION Y LA FRACCION
C VOLUMETRICA DEL LIQUIDO
REAL LAMDA,RE
DIMENSION VAP(6,6)
PF=PE-OP
PI=PE
DS=PI/12.
A=.789*DS**2
BT=PI/(3600*A)
L=0.0
VIS=VISLI
R01=1.0/VL
37 NRE=DS*RT/VIS
CALL FANTG(NRE,PE,OP,F,HO)
IF(CM, EQ, 1) GO TO 157
IF(OP, LE, 0.1*PI) GO TO 34
DP=.1*PI
34 P2=PI-OP
C CALCULA LA ENTALPIA DE LA MEZCLA Y VOLUMEN DEL LIQUIDO Y VAPOR
C A LA PRESION P2
CALL TABLA(VAP,P2,H,HMLAMDA,T2,Y,VLE,VG2,HL2,HT)
IF(CM, EQ, 1) GO TO 155
R02=LAMDA/VL2*(1.-LAMDA)/VG2
R04=(R01+R02)/2.0
C RON ES LA DENSIDAD MEDIA DE LA MEZCLA EN EL TRAMO CONSIDERADO
DL=DS/F*(R04+DP*288*GC*(A+3600/1)**2-2*ALUG(RU1/R02))
L=L+DL
IF(P2, EQ, PF) GO TO 35
R01=R02
VIS=LAMDA*VISLI*(1.0-LAMDA)*VISLI
DP=P2-PF
PI=P2
GO TO 37
35 CVNU=4304.*DS/QRRT(F*L/DS)
GO TO 300
155 PRINT 156,P2
156 FORMAT(TAD,"PRESION="*F0.3)
GO TO 300
157 PRINT 158
158 FORMAT(TAD,"FANTG NO CONVERGE")
300 CONTINUE
RETURN
END

```

FORMAT
SE

```
SUBROUTINE HOLDP(C1, B, LAMDA, VISI, VISGI, RLMH)  
C SUBROUTINE PARA CALCULAR EL HOLDP  
REAL X, KPRIM, LAMDA  
ITER=0  
RLS=LAMDA  
C RLS ES EL HOLDP SUPUESTO  
A=VISI, I=VISGI  
705 B=RLS+A*VISGI  
DELTA=C1/B**1.667  
IF(DELTA=0.) GO TO 701, 701  
700 KX=1.4747+31037*DELTA**3525**DELTA**2+.001366*DELTA**3  
704 KPRIM=-.75174*C1*A/B**1.1067+.117*C1**2*A/B**1.334+.00068*C1**3*A/  
B**1.5  
GO TO 700  
701 K=.755+.703585*DELTA-1.436E-05*DELTA**2  
KPRIM=-.0060*C1*A/B**1.167+4.78E-06*C1**2*A/B**1.3334  
702 RLC=1.-C1.-LAMDA)*K  
C RLC ES EL HOLDP CALCULADO  
S=ABS(RLC-RLC)  
IF(S.LE.1.E-04) GO TO 703  
F=RLS+1.*(1.0-LAMDA)*K  
YPRIM=1.*(1.0-LAMDA)*KPRIM  
RLNEW=RLC+F/YPRIM  
S=ABS((RLC-RLNEW)/RLNEW)  
IF(S.LE.1.E-04) GO TO 703  
ITER=ITER+1  
C ITER ES PARAMETRO QUE INDICA EL NUMERO DE ITERACIONES  
RLS=RLNEW  
IF(ITER=30) GO TO 706  
703 RL=RLS  
IF(RL.GE.1.0) RL=LAMDA  
GO TO 700  
705 MH=1  
C MH ES PARAMETRO QUE INDICA SI EXISTE CONVERGENCIA ENTRE EL  
C EL HOLDP SUPUESTO Y EL HOLDP CALCULADO  
709 CONTINUE  
RETURN  
END
```

```
SUBROUTINE TABLA(VAP,P2,I,J,LA,DA,T2,Y,VL2,VG2,HL2,AT)
C SUBROUTINA PARA CALCULAR LA ENTALPIA Y EL VOLUMEN ESPECIFICO DEL
C LIQUIDO Y GAS RESPECTIVAMENTE
C LAS ENTALPIAS ESTAN DADAS EN BTJ/LB
C EL VOLUMEN ESPECIFICO ESTA DADO EN FT3/LB
REAL LA,DA
DIMENSION VAP(6,6)
I=1
J=1
30 IF(P2=VAP(I,J))27,28,29
29 IF(I=AT) GO TO 159
I=I+1
GO TO 30
28 HL2=VAP(I,5)
HG2=VAP(I,6)
VL2=VAP(I,3)
VG2=VAP(I,4)
T2=VAP(I,2)
GO TO 31
27 N=I-1
T3=VAP(N,2)
T4=VAP(I,2)
HL4=VAP(I,5)
HL3=VAP(N,5)
HG3=VAP(N,6)
HG4=VAP(I,6)
VL4=VAP(I,3)
VL3=VAP(N,3)
VG4=VAP(I,4)
VG3=VAP(N,4)
PA=VAP(I,1)
P3=VAP(N,1)
HL2=HL3+(HL4-HL3)*(P2-P3)/(P4-P3)
HG2=HG3+(HG4-HG3)*(P2-P3)/(P4-P3)
VL2=VL3+(VL4-VL3)*(P2-P3)/(P4-P3)
VG2=VG3+(VG4-VG3)*(P2-P3)/(P4-P3)
T2=T3+(T4-T3)*(P2-P3)/(P4-P3)
C HL2 ES LA ENTALPIA DE LA MEZCLA A LA PRESION P2
C HG2 ES LA ENTALPIA DEL VAPOR A LA PRESION P2
C VL2 ES EL VOLUMEN ESPECIFICO DEL LIQUIDO A LA PRESION P2
C VG2 ES EL VOLUMEN ESPECIFICO DEL VAPOR A LA PRESION P2
31 Y=(HM-HL2)/(HG2-HL2)
QL=VL2*(1-Y)+W
C QL ES EL FLUJO DEL LIQUIDO EN FT3/SEG
C QG=Y*VG2+W
C QG ES EL FLUJO DE VAPOR EN FT3/SEG
LA=DA*(QL+QG)
C LA DA ES LA FRACCION VOLUMETRICA DEL LIQUIDO PARA FLUJO HOMOGENEO
GO TO 138
159 AT=1
138 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE FANTIG(NRE,CIN,D,F,FI)
C SUBROUTINA PARA CALCULAR EL FACTOR DE FRICCION
REAL NRE
IF(NRE<2100.)GOTO 600,601
C CALCULA EL FACTOR DE FRICCION PARA FLUJO LAMINAR
600 F=64./NRE
GO TO 620
C FS ES EL FACTOR DE FRICCION, SUJETO DE ACUERDO A ECUACION DE COLEBROO
C CALCULA EL FACTOR DE FRICCION DE ACUERDO A LA ECUACION DE COLEBROO OK
C CALCULA EL FACTOR DE FRICCION PARA FLUJO TURBULENTO
601 FS=.552*(1.730/D*EP*.12/D+.13000.0/NRE)**.33+1.0)
AA=12.0*EP/(3.7*D)
B=2.51/NRE
611 FI=1.0/(SQRT(FS)+2.0*AA*(1.0+AA*B/SQRT(FS)))
YPRIM=1.0+2.0*.434*B/(AA+B/SQRT(FS))
X=1.0/SQRT(FS)
XNEW=1.0/(SQRT(FS)+YPRIM)
S=ARS((XNEW-X)/XNEW)
IF(S.GT.1.0E-04)GO TO 602
610 F=FS
GO TO 620
602 IF(YPR<30)A03,619,619
603 FC=FS
C FC ES EL FACTOR DE FRICCION CALCULADO POR LA ECUACION DE COLEBROO K
ITER=ITER+1
FS=1.0/(XNEW**2)
IF(ABS(FC-FS).LE.1.0E-04)GO TO 610
GO TO 611
619 MORE
C NO ES PARAMETRO QUE INDICA CONVERGENCIA ENTRE FS Y FS
620 CONTINUE
RETURN
END
```

HOJA DE DATOS

NUMERO DE ITEM	80315
NUMERO DE LINEA	20
DIAMETRO DE LINEACION	3
TAMAO DEL CUERPO(IN)	2.00
NUMERO DE PUERTOS	005
DIAMETRO PUERTO(IN)	2.30
CARACTERISTICA	ABERTURA RAPIDA
MATERIAL	ACERO AL CARBON A216A
TIPO DE UNIONES	BRIDADAS
CAPACIDAD DE LAS UNIONES	300# RF
MATERIAL DE EMPAQUE	NEOPRENO
NO SE REQUIERE LUBRICANTE	
POSICION A FALLA DE AIRE	ABIERTA
POSICION EN OPERACION	ABRE A 30***CIERRA A 15*
CV NORMAL CALCULADO	47.82
CV MAXIMO CALCULADO	65.74
CV SELECCIONADO	67.20
TIPO DE ACTUADOR	DIAPHRAMA
AREA(IN ²)	75
POSTIONADOR	NO SE REQUIERE

DATOS DE FLUJO

FASE	CONDENSADO SATURADO
UNIDADES DE FLUJO	LBS/HR
FLUJO NORMAL	22000.00
FLUJO MAXIMO	28600.00
CAIDA DE PRESION NORMAL	49.20
MINIMA CAIDA DE PRESION	37.11
PRESTION NOMIAL DE ENTRADA	240.00
DENSIDAD(LB/FT ³)	19.942
VISCOSIDAD(CP)	0.00177
TEMPERATURA F	400

VALVULAS DE UN PUERTO

VALVULAS DE ABERTURA RAPIDA

DIAP. (IN)	PUERTO (IN)	PORCIENTO DE ABERTURA					CF
		20%	40%	60%	80%	100%	
0.500	1.300	5.630	6.350	6.480	6.530	6.510	0.900
0.750	1.300	8.800	13.100	14.100	14.200	14.700	0.900
1.000	1.300	10.000	18.400	21.000	21.400	21.400	0.900
1.500	1.875	15.100	28.200	37.000	38.000	38.000	0.900
2.000	2.300	31.100	59.200	67.200	67.200	67.200	0.900
2.500	2.375	42.000	83.800	93.100	93.100	93.100	0.900
3.000	3.400	45.500	106.000	130.000	143.000	150.000	0.900
4.000	4.375	77.300	174.000	215.000	230.000	235.000	0.900
6.000	7.300	142.000	322.000	395.000	438.000	469.000	0.900
8.000	8.000	205.000	441.000	622.000	720.000	787.000	0.900
8.000	8.000	337.000	612.000	759.000	827.000	875.000	0.900

VALVULAS DE MARIPOSA

DIFEREN (IN)	GRADOS DE INCLINACION						
	10	20	30	40	50	60	CF
1.500	0.000	0.000	4.900	11.100	20.000	35.100	0.900
2.000	0.000	0.600	9.900	22.200	39.700	66.000	0.900
2.500	0.000	3.400	13.400	32.000	65.000	101.000	0.900
3.000	0.000	13.000	30.000	59.000	100.000	150.000	0.900
4.000	1.200	35.400	80.500	131.000	206.000	319.000	0.900
5.000	3.900	74.000	139.000	219.000	338.000	515.000	0.900
6.000	10.800	124.000	226.000	339.000	513.000	770.000	0.900
8.000	47.500	211.000	308.000	510.000	815.000	1260.000	0.900
10.000	95.000	282.000	493.000	812.000	1298.000	1788.500	0.900
12.000	138.000	362.000	680.000	1136.000	1823.000	2622.000	0.900
14.000	164.000	476.000	961.000	1422.000	2259.000	3490.000	0.900
16.000	178.000	511.000	1035.000	1732.000	2895.000	4490.000	0.900
18.000	230.000	574.000	1342.000	2300.000	3710.000	5670.000	0.900
20.000	333.000	708.000	1721.000	2890.000	4630.000	7170.000	0.900

VALVULAS DE DOBLE PUERTO

VALVULAS DE ABERTURA RAPIDA

PORCIENTO DE ABERTURA

CIERPJ (IN)	PUERTO (I')	20%	40%	60%	80%	100%	CF
1.000	1.625	9.390	16.900	20.300	21.800	22.100	0.900
1.500	1.875	14.400	26.800	36.600	41.300	44.700	0.900
2.000	2.625	26.800	51.300	70.600	75.600	77.600	0.900
2.500	2.875	39.600	74.200	97.000	106.000	109.000	0.900
3.000	3.425	52.200	99.500	140.000	154.000	161.000	0.900
4.000	4.375	75.000	163.000	220.000	247.000	251.000	0.900
6.000	7.000	150.000	306.000	399.000	441.000	460.000	0.900
8.000	8.000	180.000	389.000	554.000	658.000	724.000	0.900
8.000	8.000	491.000	551.000	706.000	807.000	863.000	0.900

VALVULAS DE DOBLE PUERTO

VALVULAS LINEALES

PORCIENTO DE ABERTURA

DIAP. (IN)	PUERTO (IN)	20%	40%	60%	80%	100%	CF
1.000	1.300	5.500	10.900	15.000	18.600	20.600	0.950
1.500	1.875	7.840	15.680	21.300	24.700	29.900	0.950
2.000	2.300	10.000	33.400	51.800	68.100	77.900	0.950
2.500	2.675	21.600	49.500	74.100	93.500	108.000	0.950
3.000	3.425	32.900	70.400	105.000	133.300	148.000	0.950
4.000	4.375	50.300	105.000	152.000	203.000	236.000	0.950
5.000	7.000	107.000	228.000	327.000	402.000	433.000	0.950
6.000	8.000	129.000	285.000	444.000	507.000	588.000	0.950
8.000	8.000	207.000	440.000	639.000	760.000	846.000	0.950

VALVULAS DE DOBLE PUERTO
VALVULAS DE IGUAL PORCENTAJE

CUERPO (TN)	PUERTO (TN)	PORCIENTO DE ABERTURA					CF
		20%	40%	60%	80%	100%	
1.000	1.300	1.540	2.090	5.760	10.900	17.600	0.810
1.500	1.875	2.430	5.410	11.200	24.500	39.900	0.810
2.000	2.300	2.930	6.980	16.500	37.300	59.720	0.810
2.500	2.875	7.130	15.100	33.700	71.100	99.400	0.810
3.000	3.300	7.530	17.100	43.500	97.000	136.000	0.810
4.000	4.375	11.600	30.200	79.700	171.000	224.000	0.810
6.000	7.000	25.800	67.400	162.000	316.000	394.000	0.810
8.000	8.000	38.000	86.700	139.000	371.000	567.000	0.810
8.000	8.000	56.100	188.000	478.000	695.000	818.000	0.810

VALVULAS DE UN PUERTO

VALVULAS DE IGUAL PORCENTAJE

CHERPJ (TN)	PUERTO (TN)	PORCIENTO DE ABERTURA					
		20%	40%	60%	80%	100%	CF
1.000	1.300	1.290	2.710	6.440	13.100	17.400	0.810
1.500	1.875	2.520	4.940	11.600	23.500	33.400	0.810
2.000	2.400	3.150	6.910	16.300	36.700	56.200	0.810
2.500	2.875	7.190	14.500	31.600	64.200	82.700	0.810
3.000	3.400	5.270	17.000	28.100	69.000	115.000	0.810
4.000	4.375	11.400	27.000	66.400	146.000	203.000	0.810
6.000	7.000	24.600	62.500	155.000	286.000	357.000	0.810
8.000	8.000	33.600	79.800	168.000	345.000	570.000	0.810
8.000	8.000	53.330	178.000	461.000	727.000	898.000	0.810

VALVULAS DE UN PUERTO

VALVULAS LINEALES

CIERRE (IN)	PUERTO (IN)	PORCIENTO DE ABERTURA					
		20%	40%	60%	80%	100%	GF
1.000	1.300	4.120	8.540	13.400	17.800	20.100	0.950
1.500	1.875	7.010	15.100	22.900	31.000	34.900	0.950
2.000	2.300	17.100	3.530	52.900	62.000	65.300	0.950
2.500	2.875	22.200	47.100	66.600	79.300	86.500	9.500
3.000	3.400	34.300	71.400	101.000	121.000	135.000	0.950
4.000	4.375	46.400	98.200	145.000	183.000	212.000	0.950
6.000	7.000	118.000	235.000	312.000	368.000	417.000	0.950
8.000	8.000	147.000	292.000	450.000	592.000	701.000	0.950
8.000	8.000	213.000	45.100	648.000	773.000	836.000	0.950