



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

DISEÑO Y CALCULO DE VALVULAS DE SEGURIDAD

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO

E

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P R E S E N T A N :

JUAN HUMBERTO MUCIÑO MARTINEZ

JOSE JOAQUIN MIRANDA SALGADO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

PRESIDENTE: Ramón Vilchis Zimbrón

V O C A L ■ Alfonso Mondragón Medina

SECRETARIO: Ariel Bautista Salgado

1er.SUPLENTE: Ceritino Moreno Hernández

2do.SUPLENTE: Enrique Bravo Medina



Sitio donde se desarrolló el tema: U. N. A. M.

Nombre completo y firma del sustentante: Juan Humberto Lucifio Martínez

José Joaquín Miranda Salgado

Nombre completo y firma del asesor del tema: Ariel Bautista Salgado

Aprobada 

DEPARTAMENTO DE PASANTES Y EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA

A N E X O III

SR. DIRECTOR DE LA FACULTAD DE QUIMICA
P R E S E N T E

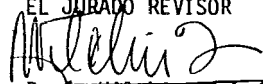
El trabajo escrito (TESIS, INFORME O MONOGRAFIA)
presentado por Juan Humberto Muciño Martínez y José
Joaquín Miranda Saigado
Pasante de la Carrera de Ingeniero Químico e Ingeniero
Químico Metalúrgico
Cuyo título es: Diseño y Cálculo de Válvulas de Segu-
ridad
es de aceptarse.

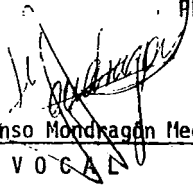
A t e n t a m e n t e

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria D.F., a 14 de Enero de 1980

EL JURADO REVISOR


Dr. Ramón Vilchis Zimbrón
PRESIDENTE


I.Q. Alfonso Mondragón Medina
V O C A L


I.Q. Rafael Salgado
S E C R E T A R I O

A mis padres:

Sr. Dr. Juan Muciño Castro

Sra. Dolores Martínez de Muciño

Por sus sabios consejos, comprensión,
apoyo y cariño que me han brindado
desde niño y hecho hoy un hombre.

Benditos sean.

A mi esposa:

Ma. Elena

Por su ternura, amor y confianza en
momentos difíciles de la vida y cuyo
carinho es la fuerza de mi existir.

JUAN HUMBERTO MUCIÑO MARTINEZ

A mis hijos:

Juan Humberto, Luis y Juan Alberto

A quienes amo y consagraré mi vida.

A mis hermanos:

Guillermo, Braulio y Adela

Con cariño por haber sido y seguir formando
parte de mi vida.

Al Ing.

Ariel Bautista Salgado

Con profundo agradecimiento por su
paciencia y guía para realizar la
Tesis.

JUAN HUMBERTO MUCIÑO MARTINEZ

A mis padres:

José Miranda Roman (+)

Socorro Salgado Salgado

Por el apoyo que me han dado en el transcurso
de mi vida, para verme realizado y sentir el
orgullo de no haber fallado en sus desvelos y
esperanzas por hacerme un hombre útil.

A mi esposa:

Sylvia

Por la comprensión, amor y apoyo que
me ha brindado.

JOSE JOAQUIN MIRANDA SALGADO

A mi hijo:

Eric

Por ser el motivo de superación y
ser un ejemplo en su vida.

Al Ing.

Ariel Bautista Salgado

Gracias a su apoyo, motivación y ayuda
para la elaboración de la Tesis.

JOSE JOAQUIN MIRANDA SALGADO

CAPITULO I

1.1. Introducción.

C A P I T U L O I

1.1. INTRODUCCION:

Todos conocemos el término seguridad y lo que éato significa cuando se aplica a la industrie.

Le mayoria de plantas industriales, tienen como objetivo principal la producción de satisfactores (basados en necesidades) que de una u otra forma contribuyen al cumplimiento de colocar en el mercado bienes escasos (económicos) requeridos por la sociedad para su desarrollo.

Es evidente que en cada planta, la producción de éesos satisfactores (productos) involucra riesgos, los cuales tienen que prevenirse conociendo la causa de su origen.

Pero ya que para transformar materias primas en productos o bienes de consumo, no sólo se requiere de equipo de proceso, sino de personal que opere a los mismos, es importante brindar las condiciones de seguridad para el medio ambiente que rodea el lugar de trabajo de las personas.

Para proporcionar medidas de seguridad, es necesario conocer los riesgos y tomar las acciones correspondientes, con el objetivo de prevenir la existencia de los mismos.

En toda planta de proceso se presentan los siguientes riesgos:

Riesgos Higienicoa.- Aquellos que por contacto del medio ambiente con los sentidos, pueden provocar alteraciones parcia

les o en algunos casos totales, ejemplo: inalaciones de vapores tóxicos, contacto con productos corrosivos, radiaciones que provoquen quemaduras en la piel, ruido a altas velocidades que afecten el tímpano, etc.

Riesgos Mecánicos.- Los generados por los equipos de proceso, tales como fatigas mecánicas, aparatos punzocortantes, poleas que transmiten movimiento (y que requieren tolvas) de motores, o cualquier otra circunstancia que genere una condición insegura en el medio de trabajo.

Riesgos de Incendios y Explosiones.- La mayoría de plantas trabajan con materiales inflamables, equipo eléctrico, recipientes cerrados a presión, etc. En tales circunstancias elevaciones de temperaturas más allá de los niveles permitidos, chispas eléctricas o actos inseguros, pueden provocar incendios o explosiones en las áreas de trabajo.

Los riesgos descritos han generado la necesidad de reglamentar en base a normas y disposiciones, sistemas encaminados a evitar tales riesgos.

Al diseñar una planta, se deben considerar los siguientes factores, para el plano de localización general de instalaciones:

- 1) Tomar medidas orientadas hacia la seguridad de quienes operan la planta.
- 2) Conocer la mecánica de suelos, para proporcionar ubicación preliminar de las unidades de proceso.

- 3) Establecer el número de plantas de proceso que serán construidas y capacidad de las mismas.
- 4) En base al punto anterior determinar las áreas donde se presentan riesgos (de los ya mencionados) y encaminarse a su prevención.

En la industria química de proceso toda condición anormal de operación en cualquier etapa de producción, tiene como efecto final la sobrepresión de los equipos de proceso.

Es muy familiar que en una planta de proceso, se manejen materiales a presión, debido a que muchos cambios de materias primas a productos intermedios o finales, sólo pueden ser conseguidos por presión sobre ellos.

Es evidente que dependiendo del fin de cada producto a manejar, existen diversos equipos diseñados para presiones muy superiores o inferiores a la normal. Así por ejemplo tenemos que en la industria hay: recipientes cerrados, condensadores, torres de destilación, reactores, turbinas, rehervidores, calderas, etc. que de una manera u otra manejan fluidos a presión.

Existen por lo tanto, dispositivos encaminados a brindar protección a estos equipos en casos necesarios por altas o bajas presiones denominadas Sistemas de Alivio de Presión, que son muy variados en formas y materiales de construcción dependiendo del uso a prestar.

La presente tesis, trata de dar un cambio práctico y útil en cálculo y selección del dispositivo de seguridad más viable

para cada caso, así como también un análisis de cuando se presentan situaciones que ponen en peligro la seguridad del equipo y personal laboral.

En muchas industrias la protección al equipo o seguridad del mismo, es un cuello de botella y es por ello de vital importancia conocer a fondo, como se debe proteger un equipo, bajo que condiciones y con que medios adecuados se ha de proteger. En la primera parte de esta tesis se habla de que son los sistemas de alivio de presión o seguridad, su importancia en la industria, los tipos de sistemas de desfogue abierto, cerrado y de recuperación, las ventajas y desventajas de cada uno, y por lo tanto los criterios para su aplicación.

Así mismo se describen los tipos comunes de dispositivos de alivio (válvulas y discos) ilustrando sus principales aplicaciones.

En la segunda parte se analizan a fondo los diversos tipos de válvulas de seguridad, el por que de esta gama y las partes componentes de cada uno con los diversos materiales de que se construyen, dependiendo del uso a prestar. Se hace hincapié de que la variedad de materiales esta en función del tipo de fluido a relevar, así como condiciones de operación (presión y temperatura).

En la tercera parte que es la medular, se dan los datos necesarios para la adquisición de dichas válvulas, las cuales están contenidas en hojas de datos; la elaboración de dichas hojas

está en función de los siguientes datos de proceso: causa de sobrepresión, fluido manejado, capacidad de alivio, viscosidad, presión normal de operación, etc. (que se darán comoletas en el tercer capítulo).

De lo anterior cabe mencionar que se hace un análisis detallado de las causas de sobrepresión, en función de las cuales se determina la capacidad de alivio y por ende de la medida de orificio de la válvula.

Con todos los datos de proceso enunciados y conocidos la capacidad de alivio en cada caso, se procede a dar los métodos de cálculo que permitirán seleccionar el área, así como la cantidad de fluido a relevar a través del sistema de seguridad, que finalmente nos da la determinación de la contrapresión.

Una vez conocida el área y los efectos de la contrapresión se indica la manera adecuada de seleccionar el tipo de válvula.

Las formas comerciales disponibles descritas en los catálogos de los fabricantes, están indicadas en el apéndice. Se orienta así, de que forma se ha de encontrar el orificio en dichas tablas, recalcando que esta área siempre será igual o mayor que la requerida, pero nunca menor. también se menciona dependiendo del caso, el tipo de dispositivo y materiales de construcción de cada parte y la forma de unirlo al equipo.

Por último en el caso de existir un cabezal común(cuando se requieren sistemas cerrados o de recuperación), se establece el procedimiento para determinar el diametro del mismo y poder así construir el perfil de contrapresiones para un correcto y seguro manejo del sistema de efluentes.

CAPITULO II

- 2.1 Generalidades
- 2.2 Dispositivos de alivio de presión
- 2.3 Sistemas de alivio de presión
- 2.4 Factores que determinan la selección del tipo de sistema de alivio.
 - 2.4.1 Formación de mezclas inflamables en niveles altos o sobre estructuras.
 - 2.4.2 Exposición del personal a vapores tóxicos o materiales químicos corrosivos.
 - 2.4.3 Ignición de flujos de alivio en el punto de emisión.
 - 2.4.4 Niveles excesivos de ruidos.
 - 2.4.5 Polución de aire.

C A P I T U L O I I

2.1. GENERALIDADES:

Al diseñar una planta de proceso, la primordial responsabilidad estriba en el factor seguridad.

Por ello uno de los más importantes aspectos de esta seguridad, es la protección del equipo contra fallas de sobrepresión, así como también del personal que labore en el funcionamiento, manejo o control de este equipo.

Los sistemas que cumplan con esta función, son denominados sistemas de alivio de presión, y como su nombre lo indica, liberan en un momento determinado, cargas de materiales contenidos en el interior de un recipiente o equipo de proceso a presión, y que por alguna causa, crean una acumulación excesiva de presión, que sobrepasa los límites permitidos para su operación.

Si esta acumulación no es liberada en forma apropiada, puede originar en un momento determinado una salida brusca en forma de explosión, ocasionando daños probables de equipo y personal.

Por lo anterior se establece la importancia de los sistemas de alivio de presión en toda planta de proceso, los cuales deben proteger adecuadamente al equipo.

La protección brindada por los sistemas de alivio de presión, debe satisfacer algunas condiciones, de las cuales enumeramos las más importantes:

Condiciones para un Sistema de Alivio de Presión

- 1) Cumplir con reglas o normas locales, estatales y nacionales, incluyendo condiciones y control del ambiente.
- 2) Protección del personal operativo, contra peligros de sobrepresión de equipo.
- 3) Minimizar pérdidas de materiales durante y después de una operación normal, que ha causado sobrepresión por un período de tiempo corto.
- 4) Reducción de tiempo muerto necesario por la sobrepresión del equipo o equipos afectados.
- 5) Prevención de daños al equipo (capital).
- 6) Prevenir daños a las propiedades adjuntas.
- 7) Reducción de primas de seguros sobre capital invertido.

Componentes de un Sistema de Alivio de Presión

Los Sistemas de Alivio de Presión están formados básicamente por dispositivos automáticos o manuales de seguridad, líneas de conducción, cabezal de descarga, (si es necesario), que desalojan los fluidos de la sobrepresión en sitios seguros, y accesorios de unión como lo son: empaques, bridas, tornillos, etc. que unen los dispositivos de seguridad al equipo o recipientes.

Cuando es necesario un cabezal, generalmente también se di

señan quemadores, que puedan servir para transformar los fluidos de alivio en materiales no tóxicos, por medio de la combustión. (más adelante se hablará más de ello).

2.2. DISPOSITIVOS DE ALIVIO DE PRESIÓN.

Los dispositivos de alivio de presión pueden ser clasificados en dos grupos dependiendo básicamente de su forma, y son:

- 1) Válvulas de Alivio de Presión.
- 2) Discos de Ruptura.

Las válvulas de Alivio de Presión a su vez se subdividen en:

VALVULAS DE SEGURIDAD: Una válvula de seguridad es un dispositivo automático de presión, que actúa por la presión corriente arriba de la válvula y cuya característica principal reside en la abertura instantánea en una situación de emergencia. Se usa fundamentalmente para servicios de gases y vapores.

VALVULAS DE RELEVO: Una válvula de este tipo es un dispositivo automático de alivio de presión, actuando por la presión estática corriente arriba de la presión de la -- válvula, la cual abre proporcionalmente al aumento de -- presión por encima de la presión de apertura. Normalmente se le usa en servicios de líquidos. (Una descripción más amplia se dará en el siguiente capítulo).

DISCOS DE RUPTURA:

Un disco de ruptura consiste de un diafragma comunmente metálico, sujeto entre bridas, y diseñado para romperse a una presión determinada. Estos discos de ruptura son también ampliamente usados para protección contra sobrepresión.

Estos dispositivos tienen limitado su uso, ya que, una vez que relevan pueden ocasionar que la capacidad total del sistema se pierda, por lo cual casi siempre son usados en conjunción con una válvula de seguridad o de relevo. Cuando son usados en la forma mencionada, se instalan en paralelo con la válvula de alivio de presión, y de esta forma se proveen capacidades adicionales de alivio en condiciones extremas.

También los discos de ruptura se instalan para dar protección a la misma válvula (como función adicional), dándole protección extra en caso de sobrepresión. En esta forma el disco puede instalarse debajo de la válvula de alivio de presión en sistemas que contienen materiales de valor o tóxicos. Si por el contrario dichos materiales son corrosivos se protege de posibles goteras que hicieran la válvula inoperante a causa de corrosión.

Para prevenir sobrepresiones en contra, normalmente se coloca entre la válvula y el disco un respiradero así como una barrera de presión, que muestra cuando el disco ha es-

tallado o reventado.

En algunas ocasiones los discos se localizan por arriba - de las válvulas, cuando las condiciones hacen que una instalación inferior sea impráctica o cuando las válvulas se conectan a un cabezal y se desea proteger el mecanismo de la válvula contra corrosión de esta fuente.

Este tipo de arreglo requiere al uso de una válvula en la cual el punto de ajuste sea inalterable por la contrapresión, además de proporcionar un venteo o respiradero entre la válvula y el disco similar al descrito anteriormente.

En resumen podemos afirmar que excluyendo la desventaja - de que cuando un disco releva puede perder la presión total del sistema, existen ciertas ventajas sobre los otros dispositivos, que son:

- 1) No tienen goteras o escapes hasta su rotura.
- 2) Apropriados para suprimir servicios de líquidos.
- 3) Mejor manejo de explosiones lentas y detonaciones.
- 4) Afectadas menos por altas viscosidades.
- 5) Bajo costo.
- 6) Es fabricado en todos los metales, así como en materiales no metálicos y en combinación de metal y no metal.
- 7) Mejor resistencia a la corrosión (hasta su rotura).

TIPOS:

Existen varios tipos de discos de ruptura que se fabrican, de los cuales dos son los de mayor aceptación y son:

Disco de pre-pandeado.

Disco de tres componentes.

El disco de pre-pandeado es común y corriente, mientras -- que el de tres componentes, como su nombre lo indica consta de un soporte de vacío, disco de ruptura propiamente y anillo reten.

La figure No. 1 es una ilustración de ellos.

En estos discos la presión de ruptura varía directamente -- con el espesor e inversamente con el diámetro del disco.

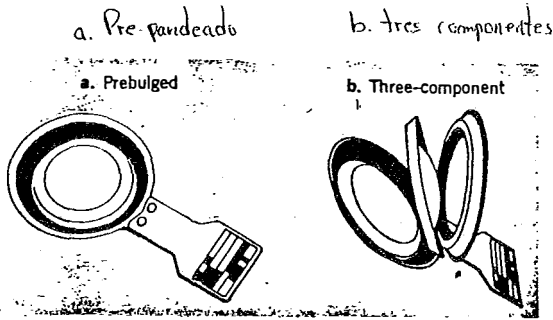


Fig. 1

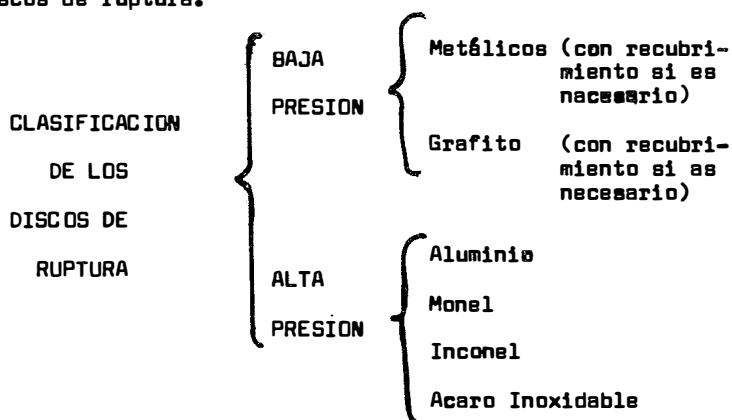
MATERIALES DE CONSTRUCCION:

Los discos de ruptura se construyen en una amplia variedad de materiales según las necesidades de alivio.

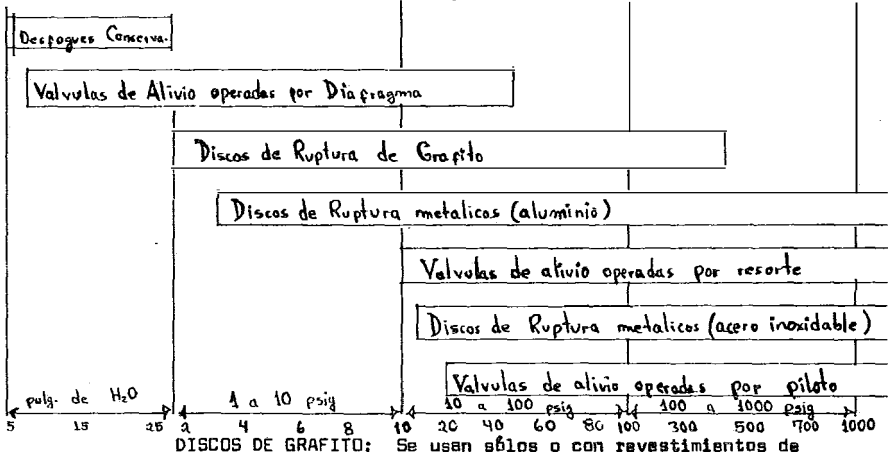
Estos son hechos generalmente de varios metales y están -- disponibles con un recubrimiento en uno o ambos lados para resistencia a la corrosión.

De acuerdo a la presión de relevo, los discos de ruptura -- también se construyen de diversos materiales, ya sea para altas o bajas presiones.

Antes de dar la clasificación, es conveniente hacer mención de cual es el límite para alta o baja presión. Generalmente una baja presión es considerada en el rango de 1 a 30 -- PSIG pero algunos la consideran abajo de 20 PSIG, de cualquier forma la clasificación es importante, y que proporcione un criterio al ingeniero de diseño, el seleccionar -- discos de ruptura.



En la siguiente figura se dan rangos de presión para ventosas conservativas, válvulas de alivio de presión y discos de ruptura.



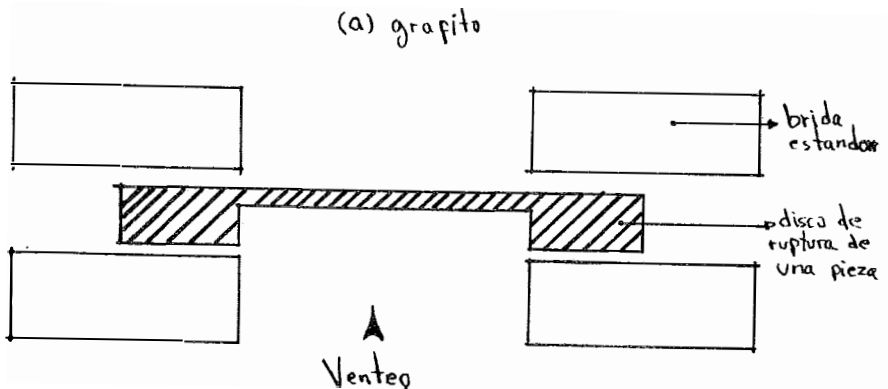
DISCOS DE GRAFITO: Se usan sólo o con revestimientos de fluoruro de carbono, para servicios a bajas presiones puesto que tienen las siguientes características:

- 1) Resistencia a la corrosión.
- 2) Disponibles en rangos de presión de ruptura bajos, para diámetros pequeños.
- 3) Intensifican el rango de ruptura con la temperatura.
- 4) No presentan fatiga o dilatación.
- 5) Servicio indefinido (sujeto sólo a corrosión)

DISCOS METALICOS: Se usan en operaciones a baja presión, que tengan características como:

- 1) Rango de ruptura o explosión inversamente proporcionales con la temperatura.
- 2) Fatiga metálica y dilatación operando flexiblemente.
- 3) Para bajas relaciones de presión de operación a presión de ruptura, aproximadamente 70%.
- 4) En casos en donde no es posible usar grafito y se deseen rangos de presión bajos.

El siguiente esquema es una ilustración de discos de ruptura de baja presión (Figure No. 2).



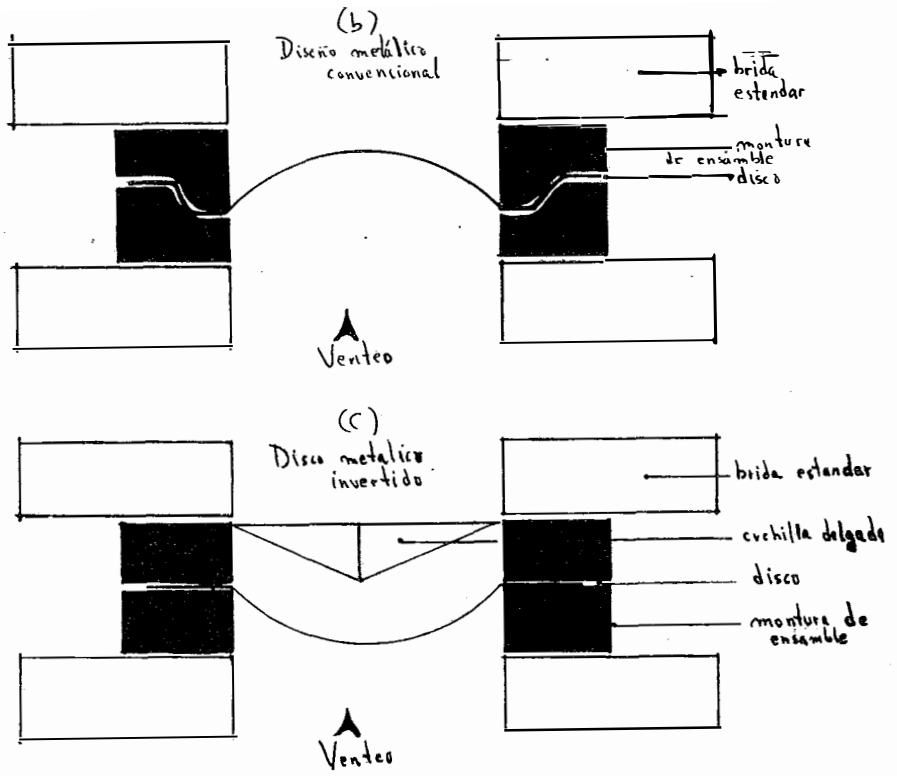


fig. 2

Los discos de ruptura para alta presión, son como indica la clasificación construidos con Aluminio, Monel, Inconel y Acero Inoxidable, en casos especiales se hacen de cobre, plata, oro, platino, tantaló y titanio. Es evidente que la selección del material de construcción del disco está en función del tipo de fluido y la temperatura de alivio.

LIMITES DE TEMPERATURA: En los discos de ruptura la temperatura máxima permisible del material del disco, es en sí la que gobierna el uso y aplicación del mismo y no la temperatura del proceso.

Es importante por lo tanto conocer los límites de temperatura superior e inferior de operación del material del disco.

Los límites inferiores son pocas veces una preocupación, sin embargo, los discos de metal o grafito pueden dar servicios en un rango de -200°C a -250°C (con empaques propios para ello).

Por lo tanto los límites superiores de operación son importantes, y para este fin la siguiente tabla nos da valores para los materiales más frecuentes. (table 4).

Límites de temperatura para discos de ruptura

<u>Material de construcción</u>	<u>temperatura °C</u>
Aluminio sólido	120
Aluminio compuesto	425
Gráfico	170
Gráfico lineal	200
Gráfico aislante	340
Monel Sólido	425
Monel compuesto	540
Plata Sólida	120
Plata compuesta	425
Acero inoxidable 316	480
Acero inoxidable compuesto 316	540

tabla 1

RECUBRIMIENTOS PLASTICOS Y PELICULAS: Los recubrimientos que se hacen sobre los discos, son generalmente demasiado porosos para bloquear la corrosión de la base por un tiempo excesivo, por lo cual no son recomendables para resistencia a la corrosión particularmente a bajas presiones, - su única ventaja es que pueden proteger contra materiales que afecten al rango de temperatura de ruptura.

Por contraste, los revestimientos por medio de películas, son muy impermeables para servicios corrosivos, aunque se sacrifica un poco el rango de ruptura a bajas presiones.

En general estas películas garantizan la no corrosión de los discos y siempre deben ser repuestas por discos originales de fabrica, ya que una improvisación de otro tipo, puede dañar y ocasionar daños al sistema. Podemos entonces afirmar que cuando la base de los discos de ruptura - no satisfacen la resistencia a la corrosión, éstos pueden ser reforzados con una variedad de películas protectoras, incluyendo: teflón, vinilo, plomo, plata, oro, y platino. Algunos discos de grafito son reforzados con películas de fluoruro de carbono que actúe como una barrera de protección, obstruyendo la corrosión, evitando así, la oxidación extrema que ataca la base del grafito. tabla (2)

DIMENSIONES: La amplia variedad de acuerdo a las necesidades en la fabricación de los discos de ruptura, los prg



tabla 2
Tolerancias en el disco
 presión de disco de ruptura.
 PSIG grafito invertido convencional

Rango de disco %	no hay	N.D.*	N.D.*
1	"	"	"
2	"	"	"
3	"	"	+33 - 33
4	"	"	+50 - 25
5	"	"	+40 - 20
6	"	"	+33 - 17
7	"	"	+36 - 21
8	"	"	+31 - 19
9	"	"	+28 - 17
10	"	"	+25 - 15
11	"	"	+27 - 18
12	"	"	+25 - 17
13	"	"	+23 - 15
14	"	"	+21 - 14
15	"	"	+20 - 19
20	"	"	+20 - 10
25	"	"	+20 - 12
30	"	"	+17 - 10
50	"	"	+12 - 8
100	"	"	+9 - 5
tolerancia de ruptura			
1	±75	N.D.*	N.D.*
2	±38	"	"
3	±25	"	±25
4	±19	"	±25
5	±15	"	±25
6	±13	"	±20
7	±11	"	±20
8	±9	"	±20
9	±8	"	±15
10	±8	±20	±16
11	±7	±18	±15
12	±6	±17	±15
13	±6	±15	±10
14	±5	±14	±10
15	±5	±13	±10
20	±5	±10	±7
25	±5	±8	±7
30	±5	±7	±5
50	±5	±4	±5
100	±5	±2	±5
acumulación tolerada PSIG			
1	±0.75	N.D.*	N.D.*
2	±0.75	"	"
3	±0.75	"	+1.74 - 1.74
4	±0.75	"	+3.00 - 2.00
5	±0.75	"	+3.75 - 2.25
6	±0.75	"	+3.12 - 2.22
7	±0.75	"	+3.92 - 2.87
8	±0.75	"	+4.08 - 3.12
9	±0.75	"	+3.87 - 2.88
10	±0.75	±2.00	+4.00 - 3.00
11	±0.75	±2.00	+4.42 - 3.63
12	±0.75	±2.00	+4.80 - 3.84
13	±0.75	±2.00	+4.29 - 3.25
14	±0.75	±2.00	+4.34 - 3.36
15	±0.75	±2.00	+4.50 - 3.45
20	±1.00	±2.00	+5.40 - 3.40
25	±1.25	±2.00	+6.75 - 4.75
30	±1.50	±2.00	+6.00 - 4.50
50	±2.50	±2.00	+8.50 - 6.50
100	±5.00	±2.00	+14.00 - 10.00

* N.D. NO DISPONIBLE

porcione en varios rangos de espesores de aproximadamente 0.002 e 0.060 pulgadas. La mayoría de los fabricantes tienen discos en medidas de 1/2 a 24 pulgadas, otros más en un rango de 1/8 a 44 pulgadas. La table 3, nos da una muestra de lo mencionado. En elle se puede observar lo ya dicho con anterioridad, en relación a que el espesor varía directamente proporcional a la presión de ruptura e inversamente al diámetro del disco. (Fig 3)

También el material de construcción influye en la presión de ruptura, podemos observar por ejemplo que los discos de 1/2 pulgadas, pueden tener un rango de presión de ruptura mínimo de 65 a 850 PSIG, dependiendo del metal del que estén hechos.

TIPOS DE CONECCIONES EN VALVULAS Y DISCOS DE SEGURIDAD:

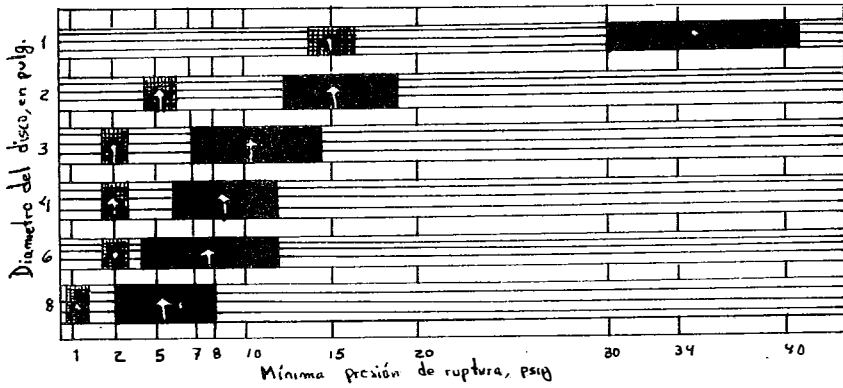
Los tipos de conecciones que sirven para unir y fijar discos y válvulas de seguridad al sistema, son de varios tipos, los más comunes son:

- 1) Uniones roscadas.
- 2) Uniones bridadas.
- 3) Uniones soldadas.

Uniones roscadas: Son generalmente más económicas que las conecciones bridadas, y se utilizan básicamente bajo condiciones tales como:

- 1a) a bajas temperaturas.
- 1b) a bajas presiones.
- 1c) para no ser removidas.

fig. 3
Presiones mínimas de ruptura para algunos discos.



- Aluminio no recubierto (rangos hasta 72°F)
- Grafito (rangos para todas temperaturas)
- Rangos nominales mínimos

tabla 3

Disk	Size, in.														
	1/2	3/4	1	1 1/4	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	24
Burst Pressure, PSIG, at 72°F.															
Aluminum, max. temp. 250 F.	Min. 65	65	34	23	15	10	8	7	5	4	3	3	3	3	3
Max.	1500	1000	1000	1000	750	500	420	300	225	175	150	150	150	125	100
Aluminum, lead lined one side, max. temp. 250 F.	Min. 59	61	45	31	13	11	11	9	7	6	5	5	4	4	4
Max.	1500	1000	700	500	350	250	250	150	100	90	80	70	60		
Aluminum, vinyl coat one side*	Min. 65	45	34	23	14	11	8	5	5	4	4	4	4	4	4
Max.	1500	1000	1000	1000	750	500	420	300	225	175	150	150	150	125	100
Copper, max. temp. 250 F.	Min. 210	140	110	85	35	28	30	23	37	700					
Max.	4500	3000	3000	3000	2500	1500	1000	1000							
Copper, lead lined, max. temp. 250 F.	Min. 213	155	125	77	49	32	33	24							
Max.	4500	3000	2000	1500	1000	800	600	550							
Silver, max. temp. 250 F.	Min. 245	175	125	85	55	35	25	20	17						
Max.	6000	3500	3500	3500	2500	2000	1500	1000	500						
Nickel, max. temp. 750 F.	Min. 110	70	190	135	75	48	34	53	74	20	20	150	115	210	190
Max.	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	3600	3600	1440	1440	720	720	720	720
Inconel, max. temp. 800 F.	Min. 460	320	230	175	104	80	54	43	37	30	385	330	285	255	230
Max.	6000	6000	6000	6200	6000	6000	6000	3600	3600	1440	1440	720	720	720	720
Inconel, max. temp. 1,000 F.	Min. 750	440	410	290	180	130	100	75	40	32	27	23	20	18	16
Max.	6000	6000	6000	6300	6000	6000	6000	3600	3600	1440	1440	720	720	720	720
Type 321 Stainless steel max. temp. 600 F.	Min. 850	600	485	325	195	135	105	85	65	50	40	48	41	38	30
Max.	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	3600	3600	1440	1440	720	720	720	720

* Retainer ring must support plastic seal.

1d) usos menores o iguales a 1 pulgada.

Uniones bridadas: Son fácilmente removidas, para la colocación y cambio de dispositivos de seguridad, ya que se fijan por medio de tornillos. Su rango de trabajo es mayor que el de las roscadas. La capacidad de la brida se determina por medio de:

2a) Tipo de servicio.

2b) Material requerido.

2c) Presión.

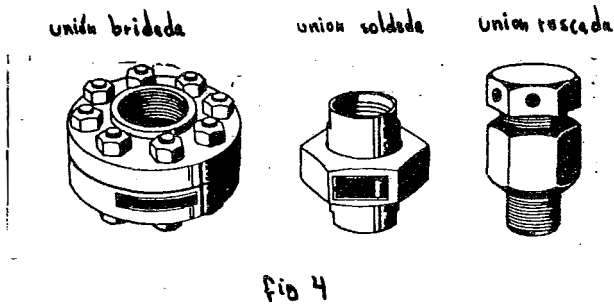
2d) Máxima temperatura del fluido.

El tipo bridado es usado para medidas entre 1/2 y 24 pulgadas.

En el tipo bridado encontramos a su vez bridas de: cara plana, cara realzada y tipo anillo.

Las bridas de cara plana, se usan para bajas presiones de operación y se fabrican principalmente en hierro fundido, y bronce, tienen la ventaja de minimizar el esfuerzo causado, por las fuerzas de cierre de bridas. Este tipo de brida es igual al ponerse en contacto con el empaque, el insertarlo entre ellos. Las bridas de cara realzada, tiene una cara realzada circular con un diámetro interior -- igual a la abertura de la válvula y con un diámetro externo ligeramente menor, que el diámetro del perno de cierre. La cara realzada es acabada con ranuras concéntricas cir-

culares para dar un buen sello y resistencia de empaque.
(fig 4)



2.3. SISTEMAS DE ALIVIO DE PRESIÓN:

Las válvulas de alivio de presión así como los discos de ruptura, son los dispositivos de seguridad más empleados para dar protección en la industria, ya sea a recipientes a presión o a equipos de proceso que contengan o manejen, fluidos a presión.

Continuando con el análisis de la importancia de los dispositivos de alivio de presión, es importante hacer mención que, una vez que el dispositivo entra en acción, es

decir que empieza a relevar materiales) a causa de una situación de transtorno debida a sobrepresión, el siguiente paso es, hacia donde se desalojarán o aliviarán dichos excesos de materiales, por los dispositivos de seguridad.

TIPOS:

De acuerdo a la forma en que se dispone de la masa relevada, se conocen tres tipos de sistemas de alivio:

- 1c) Sistema Abierto.
- 2c) Sistema Cerrado.
- 3c) Sistema de Recuperación.

Sistema Abierto.- Se llama así el sistema en el cual la masa relevada, entra en contacto directo con la atmósfera, al ocurrir el desfogue.

El siguiente esquema es una ilustración de ello (Fig.5).

Sistema Cerrado.- Es aquel en el cual, la masa relevada es conducida a través de un cabezal, donde se integra la descarga de los distintos dispositivos, para conducir la masa relevada hacia el lugar adecuado, para efectuar la eliminación o transformación de la misma en materiales (Fig.6). no tóxicos.

Sistema de Recuperación.- Se llama así, al sistema de normales y cabezal, donde se recolecta la masa relevada, para descargar a otro sistema, que sea capaz de absorber estos fluidos, para su recuperación o tratamiento. (La figu

fig 5

Sistema abierto

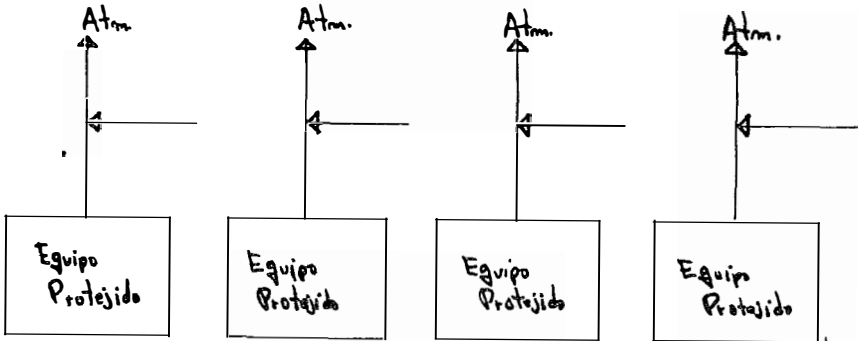
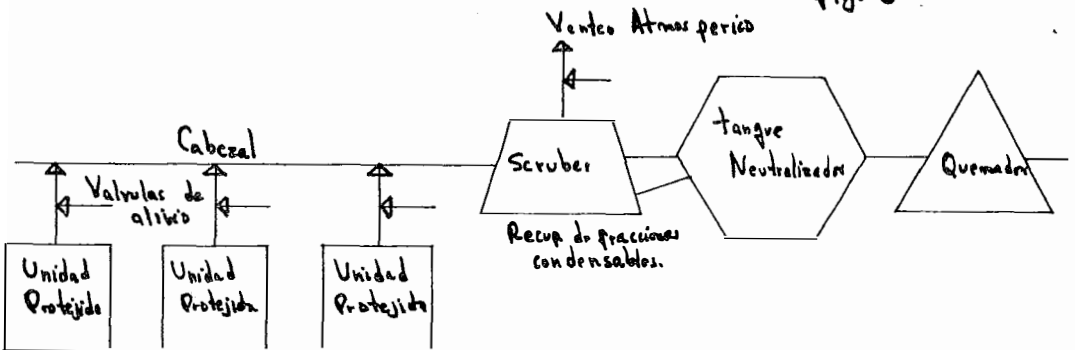


fig. 6



Sistema Cerrado

ra No. 7 es una ilustración de ello).

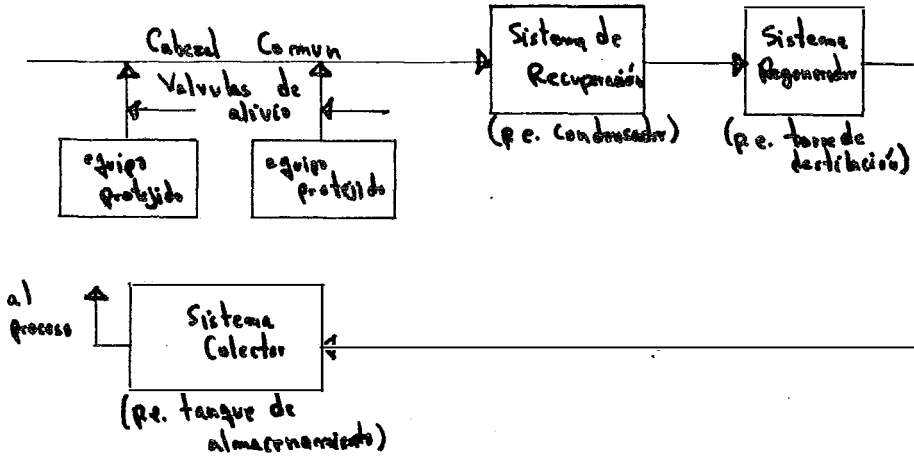


fig. 7 Sistema de Recuperación

Al respecto existen normas que determinan la selección del sistema de manejo de efluentes, y nos limitan, de si estos materiales pueden liberarse directa e indirectamente a la atmósfera, ya que en algunos casos, no es posible debido a su toxicidad, por crear atmósfera inflamables, por producir smoke, etc.

→ 2.4. FACTORES QUE DETERMINAN LA SELECCION DEL TIPO DE SISTEMA DE ALIVIO:

- 2.4.1.- Formación de mezclas inflamables en niveles altos o sobre estructuras elevadas,
- 2.4.2.- Exposición de personal a vapores tóxicos o materiales químicos corrosivos.

- 2.4.3.- Ignición de flujos de alivio en el punto de emisión.
- 2.4.4.- Niveles excesivos de ruidos.
- 2.4.5.- Polución de Aire.

A continuación se hará una descripción más amplia de cada uno de estos factores, con sus causas, desventajas, peligros y limitaciones. Al final de ello estableceremos conclusiones y criterios apropiados para los casos mencionados, sin olvidar que en cada ocasión particular, al juicio del ingeniero de diseño, así como su experiencia, derán la selección más viable para cada caso.

- 2.4.1.- Formación de mezclas inflamables.- Al evaluar los riesgos, potenciales de mezclas inflamables, que resultan de descargas atmosféricas de hidrocarburos, al estado físico de liberación del material, es de primordial importancia. (por ejemplo el comportamiento de una emisión de vapor es enteramente diferente del de un líquido). Entre estos dos extremos están situadas mezclas de líquido vapor donde neblinas o sprays son formados, cada una de las fases introduce consideraciones especiales, en los análisis de los riesgos asociados con alivios atmosféricos.

Podemos considerar tres casos:

- 2.4.1.1.- Emisión de vapor.
- 2.4.1.2.- Emisión de neblinas.
- 2.4.1.3.- Emisión de líquidos.

2.4.1.1.- Cuando fluidos de alivio de hidrocarburos. Compus
tos enteramente de vapores, son descargados e le at
mósfera, mezclas con rangos de inflamables, pueden-
inevitablemente producirse.

En todo caso una mezcla inflamable, depende primor-
dialmente de an que forma efectiva la liberación de
materiales es mezclada con aire y es diluida e con-
centraciones segures.

Una completa evaluación requiere consideraciones --
de:

- a) Velocidad y temperatura de los gases existentes.
- b) Peso molecular y cantidad del gas existente.
- c) Condiciones meteorológicas prevalectentes, espe-
ciales y condiciones adversas peculiares del lu-
gar.
- d) Topografía y presencia de estructuras cercanas.
- e) Elevación a la cual las emisiones entran a la at
mósfera.

Un gas con alta velocidad es benéfico en conseguir -
rápidas dispersiones, causadas por mezclas turbulen-
tas, que resulten de disipaciones de energía en la -
salida de alivio.

La investigación técnica sobre la descarga de mate--
riales en forme de chorros, hacia aires u atmósferas

en reposo, indica que los gases con velocidades de 500 pies/seg. o más, tienen suficiente energía en el chorro, causando turbulencia en la mezcla con aire y efectos de dilución en acuerdo con la ecuación 1.

$$\frac{W}{W_0} = 0.264 \left(\frac{X}{D} \right) \quad \text{ec. 1}$$

donde:

W = mezcla de aire-vapor, en libras/hora a una distancia X del final del tallo del tubo.

W_0 = Descarga del dispositivo de alivio en libras/hora.

X = Distancia a lo largo del eje del extremo del tubo, en la cual W está calculado.

D = Diámetro del extremo del tubo, en las mismas unidades de X .

La ecuación 1 indica que, la distancia X , del punto de salida al cual los hidrocarburos del flujo de alivio son diluidos a sus límites bajos de inflamabilidad, ocurren aproximadamente a 120 diámetros (con hidrocarburos cercanos al 3% por peso), del final de la descarga del tubo, medidas a lo largo del eje.

Cuando los vapores de los hidrocarburos son dilui-

dos con aire a aproximadamente 3% por peso, la concentración de la mezcla resultante, puede estar en los límites inferiores de inflamabilidad. Por ejemplo este valor del 3% para metano, es de 3.6% para hexano. Cuando figuran sobre una base volumétrica, la cual es más usada, que el % por peso, da valores de 5.3 y 1.2 respectivamente. Para materiales que no tienen características de combustión similares a los hidrocarburos pesados, los límites de una mezcla inflamable pueden diferir considerablemente de los 120 diámetros previamente mencionados.

Frecuentemente las necesidades de alivio, pueden influenciarse por proximidades de estructuras elevadas o equipos adyacentes.

3.4.1.2.- Emisión de Neblinas.- Las neblinas resultan de -- condensaciones de las emisiones siguientes: finos sprays -- asociados con flujos de alivio que contienen líquidos, estas neblinas finamente divididas de diámetro aproximado -- de 0.01 mm (10) a 0.02 mm (20).

En todo caso vapores que condensen en cantidades apreciables cuando se liberen a la atmósfera, dependerán de la -- composición del fluido, temperatura atmosférica y límites de velocidad.

Frecuentemente se establece que si la temperatura atmósfe

rica está abajo del punto de rocío de un hidrocarburo líquido, significa que la condensación puede ocurrir.

Existen métodos como el propuesto por London (1), para calcular si la condensación de una descarga de una válvula de alivio ocurre. La mayoría de estos métodos coinciden en que las emisiones no condensan, pues los vapores que atraviesan la válvula, están supercalientes y la tendencia para inmediata condensación es mínima, en la zona altamente rica de la emisión, sin embargo, es importante resaltar, el efecto de dilución del aire y de componentes pasados, normalmente presentes en descargas de válvulas de alivio.

La rápida dilución tiende a bajar el punto de rocío de los componentes individuales en un punto por debajo de la temperatura ambiente.

En casos donde descargas de vapor de válvulas de alivio condensan, algunas consideraciones pueden ser dadas. Las neblinas combustibles líquidas en aire, son capaces de propagar flamas con ignición. De esta forma neblinas de líquidos inflamables pueden presentar un límite de riesgo a temperaturas por debajo del punto de flash.

Burgoyne y Salatan entre otros investigadores (2) y (3), establecen que la energía de ignición requerida para encender una neblina en aire, a temperatura ambiente y presión

es de aproximadamente de 10 veces la de un vapor.

2.4.1.3.- Emisión de líquidos.- El riesgo de fuego o explosión puede ser alto si cantidades apreciables de hidrocarburos líquidos, son liberados a la atmósfera, con la temperatura ambiente por debajo del punto de flash del líquido. Teóricamente, líquidos los cuales tengan un punto de flash por debajo de la temperatura ambiente, podrían no vaporizarse suficientemente y crear una atmósfera inflamable. Pequeños incendios pueden suceder si el líquido liberado, se pone en contacto con líneas o tuberías calientes del equipo. Es recomendable que todo el líquido del flujo de alivio, sea eliminado en forma adecuada.

En otra situación, el escape de niveles altos u otra instrumentación, puede proveer una seguridad contra niveles altos de líquidos que alcancen la entrada de la válvula de alivio. (Por ejemplo en procesos unitarios, en una eno-
lfa, los niveles de líquido pueden incrementarse e inundar recipientes, los cuales, durante operaciones normales, están parcialmente o totalmente llenos de vapor).

Todas las posibilidades en las cuales se permite, el líquido, acercarse a la entrada de la válvula de alivio de presión, pueden determinarse y colocar sistemas apropiados de seguridad, para prevenirlo.

2.4.2.- Exposición de personal a vapores tóxicos o corrosi-



vos químicos.- Este factor puede dividirse en tres partes:

2.4.2.1.- Propiedades Fisiológicas y Molestias.

2.4.2.2.- Vapores tóxicos.

2.4.2.3.- Corrosivos químicos.

2.4.2.1.- Propiedades Fisiológicas y Molestias.-

Toxicidad.

El grado en el que cualquier sustancia es venenosa se denomina toxicidad. Los límites de toxicidad de notan las grandes concentraciones de una sustancia, la cual pueda ser tolerada en el aire, para una duración dada de tiempo, sin peligros de efectos tóxicos.

El estudio de este factor puede subdividirse, de acuerdo al daño que pueda sufrir el personal en algún no de sus sentidos:

Olor.

Propiedades generales de algunos compuestos y su olor nocivo, que resultan de refineras en operación, están dados en la tabla 4. La baja concentración en aire, que puede ser detectada y tolerada por olor, esta también listada para varios compuestos que emiten olores característicos.

TABLE 4—Properties of Odorous and Noxious Gases

Possible Contaminating Compound	Chemical Formula	Molecular Weight	Density (Air = 1)	Boiling Point (Fahrenheit)	Lowest Detectable Odor Concentration*		Coefficient of Diffusion in Air at 32 F and 1 atm (Cm ² per Sec)	First Physiologic Effect from Prolonged Exposure to High Concentrations
					Milligrams per liter	Parts per Million		
Acetaldehyde	CH ₃ CHO	44.03	2.14	68	0.71	0.16	0.1001	Irritant
Acetone	CH ₃ COCH ₃	58.05	2.00	133	4.16	1.60	0.0831	Irritant-anesthetic
Acetylene	C ₂ H ₂	60.03	2.07	225	7.90	2.60	0.1051	Irritant
Hydrogen cyanide	HCN	27.02	1.26	21	0.25	2.20	0.129	Nauseating
Hydrogen chloride	HCl	36.47	1.49	—	—	—	0.149	Irritant
Hydrogen fluoride	HF	20.01	0.89	—	—	—	—	Irritant
Alcohols								
Methyl	CH ₃ OH	32.03	1.11	148	50.00	40.00	0.1370	Anesthetic, binding
Ethyl	C ₂ H ₅ OH	46.04	1.55	173	—	—	0.0940	Slightly-irritant, anesthetic
Propyl	C ₃ H ₇ OH	60.06	2.07	207	5.10	1.90	0.0895	Anesthetic
Isopropyl	C ₃ H ₇ OH	60.06	2.07	180	—	—	0.0822	Anesthetic
Butyl	C ₄ H ₉ OH	74.08	2.56	234	—	—	0.0700	Slightly-irritant
tert-butyl	C ₄ H ₉ OH	74.08	2.56	226	0.0099	0.0030	0.0773	Slightly-irritant
Amyl	C ₅ H ₁₁ OH	88.10	3.04	250	240.00	60.00	0.0626	Slightly-irritant
Isomyl	C ₅ H ₁₁ OH	88.10	3.04	220	0.0010	0.0026	0.061	Slightly-irritant
Hexyl	C ₆ H ₁₃ OH	102.12	3.78	28	40.00	53.00	0.1700	Irritant
Octyl	C ₈ H ₁₇ OH	128.18	4.44	—	10.00	3.24	0.0930	Irritant
Dodecyl	C ₁₂ H ₂₅ OH	170.26	5.56	—	0.76	0.23	0.0762	Anesthetic
Hydrocarbons								
Ethane	C ₂ H ₆	30.07	0.555	-250.7	Not detectable	—	—	Anesthetic
Propane	C ₃ H ₈	44.09	1.046	-127.5	Not detectable	—	—	Anesthetic
Butane	C ₄ H ₁₀	58.12	1.527	-43.7	Not detectable	—	—	Anesthetic
Pentane	C ₅ H ₁₂	72.15	2.071	31.1	Not detectable	—	—	Anesthetic
Hexane	C ₆ H ₁₄	86.17	2.67	30.9	Not detectable	—	—	Anesthetic
Heptane	C ₇ H ₁₆	100.20	2.406	96.9	Not detectable	—	—	Anesthetic
Octane	C ₈ H ₁₈	114.23	2.306	92.1	Not detectable	—	—	Anesthetic
Nonane	C ₉ H ₂₀	128.25	0.864	-154.7	Not detectable	—	—	Anesthetic
Decane	C ₁₀ H ₂₂	142.28	1.426	-53.9	Not detectable	—	—	Anesthetic
Undecane	C ₁₁ H ₂₄	156.30	1.938	20.7	Not detectable	—	—	Anesthetic
Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	170.33	1.938	19.6	Not detectable	—	—	Anesthetic
Tridecane	C ₁₃ H ₂₈	184.35	2.421	126.7	Not detectable	—	—	Anesthetic
Alkenes								
Ethylene	C ₂ H ₄	28.05	0.70	—	5.20	1.20	0.0772	Neuro-irritant, anesthetic
Propylene	C ₃ H ₆	42.08	1.18	21	0.19	0.48	0.0715	Anesthetic
Butylene	C ₄ H ₈	56.10	1.66	201	0.81	0.17	0.062	Anesthetic
Alkynes								
Ethyne	C ₂ H ₂	26.04	0.97	—	0.018	0.040	0.095	Nauseating
Propyne	C ₃ H ₄	40.07	1.16	46	0.0072	0.028	0.094	Nauseating
Butyne	C ₄ H ₆	54.10	1.42	35	0.0030	0.016	0.071	Nauseating
Pentyne	C ₅ H ₈	68.12	1.71	208	0.0017	0.010	0.064	Nauseating
Hexyne	C ₆ H ₁₀	82.14	2.07	90	0.0017	0.010	0.064	Nauseating
Heptyne	C ₇ H ₁₂	96.16	2.59	259	—	—	0.059	Nauseating
Octyne	C ₈ H ₁₄	110.18	3.05	205	0.0018	0.0043	0.059	Nauseating
Nonyne	C ₉ H ₁₆	124.20	3.24	158	1.20	0.29	0.0681	Nauseating
Decyne	C ₁₀ H ₁₈	138.22	3.75	92	0.92	0.19	0.0627	Nauseating
Undecyne	C ₁₁ H ₂₀	152.24	4.28	382	—	—	0.055	Nauseating
Dodecane	C ₁₂ H ₂₂	166.26	4.83	283	0.014	0.0027	0.055	Nauseating
Aldehydes								
Formaldehyde	CH ₂ O	30.03	0.81	—	35.00	10.00	—	Irritant
Acetaldehyde	CH ₃ CHO	44.03	1.18	-75	1.50	1.00	0.1221	Irritant, asphyxiant
Propionaldehyde	C ₂ H ₅ CHO	72.07	2.14	49	0.094	0.097	0.074	—
Butyraldehyde	C ₃ H ₇ CHO	90.12	2.51	107	0.0023	0.00056	0.064	Nauseating
Pentylaldehyde	C ₄ H ₉ CHO	118.17	3.18	208	0.053	0.031	0.054	—
Hexylaldehyde	C ₅ H ₁₁ CHO	146.20	3.95	161	0.009	0.015	0.048	—
Heptylaldehyde	C ₆ H ₁₃ CHO	174.25	4.68	140	—	—	0.048	—
Octylaldehyde	C ₇ H ₁₅ CHO	202.30	5.41	100	1.50	0.20	0.046	Nauseating
Nonylaldehyde	C ₈ H ₁₇ CHO	230.35	6.14	60	5.00	3.00	0.042	Irritant
Dodecylaldehyde	C ₁₁ H ₂₃ CHO	300.44	7.75	112	—	—	0.037	Irritant

* U.S. *Ind. Mines Tech. Paper 246*, and *Tech. Paper 450* 1 ppm at 32 F and 760 mm = 2.7 times 10⁻³ molecules per ml molecular weight times 4.46 times 10⁻³ cm² per liter

† Calculated from formula; *Ind. Eng. Chem.* 26 181 (1934).
 ‡ *International Critical Tables*, 3 27-3, McGraw-Hill Book Co. Inc., New York (1933).
 § U.S. *Ind. Mines Tech. Paper 267*.

Humos y Materias Particulares.

La discusión de métodos para regular la emisión de combustiones, y como controlarse se puede obtener en el API Manual sobre ajustes de desperdicios de refinerías (4).

Ruidos.

Ruidos creados por venteos de hidrocarburos, pueden causar problemas, debido a la pérdida potencial del oído del personal, expuesto a las molestias creadas en áreas circunvecinas.

2.4.2.2.- Cuando los desfogues de vapores de sustancias tóxicas, sean perjudiciales para el personal operativo, la descarga de las válvulas estará colocada en un lugar alejado.

La mayoría de vapores tóxicos en cualquier punto, puede ser estimada por el mismo procedimiento que en el caso anterior para dispersiones calculadas de vapores inflamables, donde las velocidades de descarga excedan de 500 pies/seg. la ecuación 1 es aplicable a la emisión entera o sólo a una pequeña fracción del flujo que es tóxico. En el caso anterior la cantidad usada en la fórmula de dispersión, podría representar sólo el contaminante.

2.4.2.3.- Corrosivos Químicos.- Existen sustancias como por ejemplo los fenoles, las cuales son líquidas en —

condiciones ambientales y que pueden crear un serio riesgo al personal, si la descarga de la válvula es hecha directamente a la atmósfera. Si existiera tal problema, los alivios de este tipo nunca deberán ventearse más que a sistemas, donde se tenga la seguridad de que no causarán daño. En resumen las mismas consideraciones concernientes a escapes de líquidos liberados se aplican a este punto. ←

2.4.3.- Ignición de Flujos de Alivio en puntos de Emisión.-

2.4.3.1.- Fuentes de Ignición.

2.4.3.2.- Liberación Explosiva de Energía.

2.4.3.3.- Liberación y Efecto de Radiación.

2.4.3.1.- La posibilidad de accidentes por ignición de flujos de salida, de vapores de hidrocarburos en válvulas de alivio, puede ser analizada en términos de cuatro posibles fuentes:

2.4.3.1.1.- Flamas Abiertas o Superficies Calientes.

La posible existencia de flamas abiertas o superficies calientes en los alrededores y sobre estructuras puede conocerse y evitarse, el promedio de las personas pueden tolerar, tiempos cortos de exposición de vapores de hidrocarburos, con concentraciones de nivel, abajo del límite de infla

mabilidad.

Por lo tanto ciertos flujos de refinerías, contienen vapores peligrosos, a concentraciones extremadamente bajas, por ejemplo, los vapores conteniendo aproximadamente -- 1000 p.p.m. sulfuro de hidrógeno, provocan trastornos nerviosos, pocos segundos después, de estar en contacto con ellos. - Esto es aproximadamente 1/10 parte de la concentración representativa de límites in flamables menores de cualquier hidrocarburo.

Por lo tanto cuando sulfuro de hidrógeno o materiales tóxicos similares, están presentes en fluidos de alivio, se deben investigar, las concentraciones en el viento a -- cualquier punto, donde personal esté expuesto.

Especial interés se dará a estructuras elevadas, tales como plataformas, en las cuales se presentan altas concentraciones de -- sustancias, tóxicas, por bloqueo de las -- mismas estructuras.

Desde que la toxicidad varíe grandemente pa

re diferentes materiales, es necesario primero, determinar la máxima concentración - que puede tolerarse.

Basados en el tiempo de exposición, los límites permitidos pueden también variar entre diferentes puntos. Una alta concentración, puede ser más aceptada, sobre una elevada estructura u otro lugar, en el cual -- pueda ser rápida y seguramente dispersada, que en una área operacional donde el personal pueda estar en contacto con las emanaciones de vapor tóxico.

Los puntos de emisión pueden ser localizados en forma de atmósfera inflamable y silenciarse en forma adecuada.

2.4.3.1.2.- Rayos.

Existe aunque en baja probabilidad al hecho de que en forma simultánea ocurra una descarga en una válvula de alivio, cuando una tormenta se abata sobre la planta.

Sin embargo descargas intermitentes por válvulas, podrían crear atmósferas inflamables y mediante una descarga eléctrica producirse la ignición. Aunque ésto es remo-

to, debe ser considerado y en especial --
 las condiciones climatológicas del lugar.

2.4.3.1.3.- Electricidad Estática.

Es muy frecuente que en descargas a alta velocidad de gases o vapores hacia la atmósfera, se forman cargas estáticas, producto de la fricción del flujo, sobre las paredes del ducto y las cuales se acumulan en la salida, es decir por alcanzar los bordes afilados o superficies ásperas que pueden acumular cargas y desarrollar en un momento dado chispas (ignición).

La descarga estática puede ocurrir por agotamiento eléctrico completo (descarga en chispa) o por agotamiento eléctrico parcial (descarga de corona). En ambos casos la ignición de los materiales de alivio es posible.

No se han desarrollado técnicas precisas para poder determinar ignición de descargas de vapores o de gases en válvulas de alivio, atribuidas al desarrollo de potenciales eléctricos en los puntos de descarga.

Las experiencias de compañías que manejan gases y descargan gas natural a la atmósfera (por ejemplo) a bajas alturas, (incluyen gas a presiones altas de 900 PSIG. y los rangos de descarga aproximadamente de -- 650,000 libras/hr. de venteo atmosférico), han demostrado que la posibilidad de ignición por electricidad estática es baja, -- puesto que una carga estática débil se forma en el chorro y puede aislarse razonablemente (la chispa) por una conexión a tierra. Esta conclusión se aplica a vapores de hidrocarburos liberados, la experiencia indica que flujos con un elevado contenido de hidrógeno, son susceptibles de ignición, por carga estática, como un resultado del mecanismo descrito, debido a descargas -- eléctricas de los bordes o salientes de -- los dispositivos de alivio.

La NASA (5) ha investigado este fenómeno y encontró que tales descargas electrostáticas, pueden ser prevenidas por instalación de un anillo toroidal, sobre el alivio exterior. El aro inhibe el flujo de-

corriente a las salientes del dispositivo de venteo por eliminación de la causa de turbulencia de una punte definida.

Es de importancia el considerar también, reacciones químicas que puedan provocar, condiciones para una ignición, tales como impurezas arrastradas por los gases de alivio, por ejemplo cuando hay un alivioda hidrógeno, es susceptible que arrastra impurazas de óxido de fierro, que al contacto con el oxígeno del aire, reaccionan produciendo una liberación de energía exotérmica, la cual es transmitida al dispositivo de alivio, creando condiciones donde se forman cargas estáticas del orden de 0.017 mili-joules (aproximadamente 1/20 del necesario para la ignición de mezclas de metano-aire). En el caso citado, volúmenes de 4-80% de volumen con respecto al aire pueden crear atmósferas inflamables. Algunos investigadores como Adam Zanker (6) han dado a conocer un método con ayuda de nomogramas, para determinar cargas estáticas de tipo eléctrico, para un flui

do en movimiento, que se pueden formar y acumular, en los extremos abiertos de tuberías o dispositivos de alivio. La corriente eléctrica creada, por la fricción de flujos de alivio con la tubería, puede ser calculada en función de ésta y determinar el voltaje potencial requerido para evitar que se produzca la chispa eléctrica.

El método se describe a continuación. La caída de voltaje se obtiene por la ley de ohm, de acuerdo a la ecuación (2)

$$V = I \cdot R$$

donde:

V= Voltaje en volts.

I= Intensidad de la corriente en amperes.

R= Resistencia en ohms.

Generalmente la resistencia de la mayoría de los hidrocarburos varía entre 10 y 10 ohm-cm. Respecto del voltaje se han determinado por algunas fuentes técnicas, - que el voltaje potencial límite, según el

gunos autores es de 30,000 volts/cm y algunos otros lo consideran de 18,000 volts/cm, para alcanzar la chispa de ignición, tomándose como rango de seguridad al menor. En los casos donde se excede del límite establecido anteriormente existe el peligro de desarrollo de cargas estáticas, para tal efecto se pueden evitar, si se toman las si guientes consideraciones:

- 1) La velocidad de bombeo debe reducirse, aumentando el diámetro de la tubería, o insertando un tubo de mayor diámetro para la válvula de seguridad, al cual actúa como un medio relajador, de la corriente generada.
- 2) Las tapas de los recipientes deberán ser cambiadas, por tipos flotantes, para disminuir el peligro de atmósferas explosivas de hidrocarburos, vapor-aire, las cuales pueden explotar por chispas, debido a las cargas estáticas.
- 3) Si el cambio de tapa es imposible, es necesario mantener en la parte superior del recipiente, una atmósfera inerte para preve

nir ignición en caso de un chispazo. En la mayoría de los casos, esta atmósfera es nitrógeno.

4) Usando aditivo antiestático, el cual - reduzca suficiente la resistencia del hidrocarburo, reduciendo así la diferencia - de voltaje.

Algunos autores como W. M. Bustin (7), han logrado desarrollar métodos de prueba así como también Cuberston y Sohle (9) para determinar cargas estáticas generadas al circular un fluido a través de un ducto y encontraron que la corriente generada está - en función de la siguiente ecuación:

$$I_L = - \left[(T K V^{1.5}) I_S \right] \left(1 - e^{-L/TV} \right) \quad \text{Ec. 3}$$

donde:

I_L = corriente en la línea del ducto en A 10.

I_S = corriente en los bordes de -- tanques en A 10.

T = tiempo constante (encontrado experimentalmente de 3.4 seg.)

V = Velocidad lineal del hidrocarburo en la línea en pies/seg.

- L Longitud del tubo en pies.
- K Factor proporcional, determinado por el diámetro del tubo y tendencia de carga del hidrocarburo en el tubo en su interfaca.

Los cálculos de la corriente generada en tubos, por flujo de hidrocarburos, de acuerdo a la ecuación 3, resultan muy tediosos y ocasionan pérdida de tiempo, por lo que se desarrolló un nomograma a partir de esta ecuación, el cual nos permite el cálculo del valor I_1 (corriente generada en la línea del tubo) en un tiempo corto. El enrejado formado en el nomograma, consta de dos familias de curvas para Líquido y Vapor, y de dos escalas verticales para I_g y I_1 (en A 10). Refiriéndonos al nomograma (A 10) su uso es:

- 1) Encontrar la intersección de las curvas por conocimiento de los valores L y V sobre el enrejado. Interpole si es necesario y marque este punto como A.
- 2) Conecte el punto A con una regla hasta

el valor conocido de I_8 sobre la escala apropiada y lea el resultado final I_1 sobre la inserción del punto de la regla con la escala I_1 .

Una vez encontrada I_1 se substituye en la ecuación 3, y se compara el valor obtenido de V (voltaje potencial) con el voltaje potencial límite; si es menor no se producirá chispa, pero si es igual o mayor, el peligro existe y se deberán tomar las precauciones anteriormente indicadas.

Los resultados obtenidos por el nomograma pueden adaptarse ampliamente a otras condiciones por multiplicación de los siguientes factores aproximados:

T A B L A 5

Nueva condición	Factor de multiplicación aprox.
1.- Tubos de acero rugosos (inoxidables)	1.3
2.- Tubos de acero al carbón limpios.	0.7
3.- Tubos de acero al carbón con herrumbre.	2.0
4.- Tubos de neopreno.	1.0 a 1.5

5.- Tubos con cualquier diámetro D en pulgadas.	$\frac{0.25}{D}$
6.- Fluido: Keroseno.	20 a 3.0
7.- Fluido: Gasolina	0.2 a 0.5

Nota.- La ecuación del nomograma, pueda no ser cierta para resistencias de 10 ohm/cm. o mayores de 10 ohm/cm.

2.4.3.1.4.- Auto-ignición.

Los sistemas de alivio en los cuales se está por encima de sus temperaturas de auto-ignición, pueden provocar ignición espontánea por contacto con aire, excepto que enfriamientos suficientes se proporcionen, - antes que una ignición de una mezcla de vapor-aire sea formada. Es conveniente por lo tanto que flujos sobrecalentados se envíen a enfriamiento o torres extinguidoras.

2.4.3.2.- Liberación Explosiva de Energía.-

Otro caso de especial interés, es el debido a escapes de gases confinados, puesto que el grado de ello, puede incrementar la presión y accidentalmente provocar ignición. Al evaluar tal -

caso se debe incluir la proximidad de edificios o de equipo, los cuales producen concentraciones peligrosas.

La potencialidad de un riesgo total, por esta fuente, está relacionada con la cantidad de gas liberado (mezcla de hidrocarburo-aire la cual se acumula dentro de los límites de ignición, por debajo del punto de emisión (por ejemplo entre 40 y 130 diámetros del punto de emisión) podría representar un serio riesgo. Si la velocidad del gas es de 500 pies/seg ó más, el volumen total puede calcularse en términos del flujo de la masa emitida y la velocidad inicial.

2.4.3.3.- Liberación de calor y Efecto de radiación.- Cuando grandes cantidades de inflamables son aliviados, el calor liberado es suficiente para considerar sus efectos, sobre personal y equipo; por ello los límites de radiación térmica permitida han de establecerse, así como también la distancia requerida de la zona de exposición al punto de emisión.

2.4.3.3.1.- Efectos sobre seres humanos.

Un gran número de investigaciones se han desarrollado para determinar los efectos de

radiación térmica sobre la piel humana.

gunas de estas pruebas demuestran que con una intensidad de 2000 BTU/hr. pie², el dolor principia en la piel e los 8 segundos y ampollas aparecen en 20 segundos.

Le siguiente tabla (6) dada por Buettner, Stoll y Green (10), sobre efectos de radiación térmica a personas sobre el antebrazo, dan resultados de que quemaduras siguen al principio del dolor.

TABLA 6

Intensidad de la radiación (BTU/hr. pie ²)	Tiempo el inicio del dolor (seg.)
440	infinito
550	60
740	40
920	30
1500	16
2200	9
3000	6
3700	4
6300	2

Por lo tanto los niveles de radiaciones permi-
tidas están en función del tiempo de exposi--
ción. (deben tomarse en cuenta tiempo de reacci-
ón y movilidad humana).

En los casos en que sea necesario cierta exposición a radiación por parte de personal, se recomienda el uso de ropa especial que sirve de escudo, permitiendo sólo a una parte pequña del cuerpo estar expuesta a la radiación.- El uso de cascos se recomienda para radiaciones que provengan de una fuente elevada, protegiendo la cara y cuello.

2.4.3.3.2.- Efectos sobre equipo.

Los efectos a equipo de proceso debidas a radiaciones térmicas pueden ser despreciables, como por ejemplo transferencia de calor a espacios entre vapor, y sólo superficies húmedas directamente expuestas, necesitan conside-
rarse. En la mayoría de los casos la protec-
ción proporcionada por aislamiento es suficien-
te para prevenir un incremento en la temperatu-
ra del métal.

2.4.3.3.3.- Cálculos de la distancia mínima a la radia-- ción.-

Dos investigadores Hejek y Ludwig (11) deeserrg



llaron una ecuación para determinar la distancia mínima requerida, entre el punto de la emisión y un punto de exposición donde radiaciones térmicas puedan ser limitadas.

$$D = \sqrt{\frac{F \cdot Q}{(4)(3.14)(k)}} \quad \text{Ec. 4}$$

donde:

D = Distancia mínima de un punto medio de la flama a el objeto a ser considerado en pies.

F = Fracción de calor radiada.

Q = Incremento de calor en BTU/hr.

K = Radiación permitida en BTU/hr.pie²

El factor F permita el cálculo de la radiación ya que, no todo el calor liberado en un fuego, puede ser en forma de radiación.

2.4.4.- Niveles excesivos de ruidos.-

Uno de los puntos de consideración cuando se descargan flujos de alivio a la atmósfera, es el nivel de ruido que pueden producir al momento del desfogue. Un elevado de ruido al descargar estos materiales al ambiente, puede producir daños permanentes al oído ya-

sea en una exposición o varias.

2.4.4.1.- Fuentes de Ruido en Válvulas de Seguridad.-

Por definición un ruido es un sonido no deseado o incomodo al oido humano. Para estudiar las fuentes del mismo, debemos recordar que al sonido es una sensación audible (energía) provocada por fluctuaciones de presión, propagadas en la atmósfera ambiental. De esta segunda definición podemos entonces deducir cuales son las fuentes de ruido en una válvula de seguridad:

2.4.4.1.1.- Vibración mecánica de los componentes de la válvula.-

La vibración de los componentes de una válvula (partes mecánicas) es un resultado de variaciones de presión dentro del cuerpo de la misma y/o fluidos que invaden las partes móviles o flexibles. Esta vibración mecánica provoca movimientos laterales de las partes móviles con el resorte, vástago, etc. sobre las superficies guías, la cual provoca golpeteos metálicos. El daño físico incurrido en la válvula y superficies guías puede influir en el funcionamiento de la misma, provocando desajustes en el dispositivo de alivio, ya

que ésto puede ser de mayores consecuencias, que al ruido emitido. (Algunas veces el cenzo niveles molestos al oído humano).

Dentro de ésta misma fuente de ruido, podemos considerar la resonancia de la válvula, en alguna componente debida a una frecuencia natural. La resonancia produce una vibración que normalmente tiene una frecuencia de 3000-7000 Hertz. Este tipo de vibración produce niveles altos de ruidos y por consecuencia esfuerzos que pueden producir fallas por fatiga de la parte vibrante.

Pero también es importante el nivel de ruido producido al desfogue, que como se mencionó, puede provocar daños parciales o permanentes al oído del personal que labora en los alrededores.

2.4.4.1.2.- Ruidos Aereodinámicos.-

La segunda y mayor fuente de ruido es debida a los flujos turbulentos, puesto que la variación de velocidad y por lo tanto su consecuencia que es provocar niveles altos de ruidos resultan de ello. Esto es evidente en el caso de vapores o gases, denominado ruido aerodinámico entre 2000-8000 Hertz.

Las fuentes de turbulencia en gases a través de líneas de conducción son: obstrucciones - al flujo, expansiones rápidas, desaceleraciones (producidas por cambio de presión) y defectos en las líneas con puntas o bordes.

Las áreas donde el ruido se manifiesta, debido a estas causas son generalmente en los cañales y válvulas.

De lo anterior se deduce la importancia de conocer el nivel de ruido, en el diseño y selección de una válvula. Existen técnicas — que nos proporcionan el llamado SPL (Sound - Pressura Level) o Nivel de ruido por Presión. El SPL es una función logarítmica que depende fundamentalmente de la amplitud de onda y frecuencia, matemáticamente se expresa por la siguiente ecuación:

$$\text{Ec. 5} \quad \text{SPL} = 20 \log_{10} \frac{P_s}{0.0002 \text{ bars}} \text{ decibeles.}$$

Donde: 0.0002 microbars, es aproximadamente el sonido mínimo de presión requerido a 1000 Hertz, para producir sonido audible.

Esta ecuación es puesta en términos de variables de Ingeniería Química y por medio del --

análisis dimensional llega a:

$$\text{Ec. 6} \quad P_s^2 \propto C_g (\Delta P)^2 [f(M, K)]$$

Donde:

P_s = Sonido de presión

C_g = Coeficiente de flujo crítico del gas.

ΔP = Diferencia de presión.

M = Número Mech = veloc. del gas/veloc. del sonido.

$$K = \frac{C_p}{C_v}$$

C_p = Calor específico a presión constante.

C_v = Calor específico a volumen constante.

La solución gráfica de la ecuación 6, da una técnica muy precisa, para predecir niveles de ruido ambientales resultantes de flujos compresibles a través de válvulas:

$$\text{Ec. 7} \quad \text{SPL} = \text{SPL}_{\Delta P} + \Delta \text{SPL}_{C_g} + \Delta \text{SPL}_{\frac{M}{K}} + \Delta \text{SPL}_K$$

Donde:

SPL = Nivel de ruido por presión en dB.

$\text{SPL}_{\Delta P}$ = SPL en dB determinado por la dife

rencia (gráfica) de ΔP y como una función de la misma ΔP .

ΔSPL_{C_g} = Corrección en dB para C_g (ver nota)

$\Delta SPL_{\Delta \bar{v}}$ Corrección en dB para el estilo de válvula y relación de presión. (gráfica)

ΔSPL_k = Corrección en dB por tratamiento acústico, por ejemplo geometría del tubo, peso, etc. (gráfica).

NOTA: Para cálculos del factor C_g , se parte de que en el flujo crítico $C_v = C_g$, por lo cual se le pueden aplicar las ecuaciones siguientes:

Para líquidos

$$C_g = q_p \sqrt{\frac{G_f}{\Delta P}} \quad \text{Ec. 8}$$

$$C_g = \frac{W}{500 \sqrt{\Delta P G_f}} \quad \text{Ec. 9}$$

2.4.5.- Polución de Aire.-

El continuo problema de polución de aire, -
es un factor que se debe analizar por tener
serias consideraciones. Debemos recordar -
que la emanación de gases y polvos que afec-
tan al personal que labore en los alrededo-
res de la planta, así como también a la eco-
logía del lugar debe ser controlada a nive-
les, que, por normas establecidas de seguri-
dad, limitan la concentración permitida en
el medio ambiente. Existen por supuesto -
casos particulares en los que se autoriza-
la liberación de materiales contaminantes,
pero sólo bajo condiciones de emergencia.
Es recomendable por lo tanto hacer un estu-
dio detallado del tipo de materiales a ven-
tear por las válvulas y discos de seguridad
y en los casos necesarios mandar estos ma-
teriales a neutralización o combustión pa-
ra su transformación a materiales inofensi-
vos que, pueden ser liberados a la atmósfe-
re. Es conveniente hacer mención que este
factor es muy importante y sería tema de -
Tesis, aquí únicamente se toma en conside-
ración como un factor que, determinará el

tipo de sistema de alivio a seleccionar según las características del fluido por relevar. Existen fuentes técnicas a las cuales se puede recurrir para calcular las concentraciones, permitidas en el medio ambiente, algunas de ellas están discutidas en el artículo de F.A. Gifford (12) denominado Cálculo de Dispersiones Atmosféricas (ver bibliografía), y en el API (4) Manual sobre dispositivos de desperdicios en Refinerías.

d) Selección del Sistema de Alivio de --
Presión.-

De acuerdo a lo antes mencionado, podemos hacer un resumen de las ventajas y desventajas de cada sistema de alivio de presión, y tener así una base que sirva de criterio general para que en un momento determinado, se haga la selección más viable, según las características de la masa a relevar. (físicas, químicas y fisiológicas)

CRITERIOS PARA LA SELECCION DE LOS TRES TIPOS DE SISTEMAS DE ALIVIO.-

Sistema Abierto.

Los materiales factibles de venteos atmosféricos son:

- 1) Vapor de agua.
 - 2) Aire o gases no corrosivos.
 - 3) Vapores incondensables no tóxicos, no corrosivos y no inflamables. (gases inflamables o tóxicos no descargan a la atmósfera, puesto que ponen en peligro la vida del personal y equipo).
 - 4) Incondensables previamente neutralizados y no contaminantes procedentes de un sistema cerrado.
 - 5) Vapores inflamables cóndensables, sólo que se tengan medios de separación entre las fases, venteando unicamente el vapor.
 - 6) Materiales cuya descarga se encuentra localizada, en los puntos más altos de la planta, pueden aliviarse a la atmósfera siempre y cuando no existan condiciones peligrosas en el piso (concentraciones tóxicas o inflamables).
- Aunado a ésto se deben tomar en cuenta indicaciones o normas municipales, locales, estatáles o nacionales que rijan en los distintos lugares, y características del proceso que a juicio del ingeniero de diseño sean importantes.

Sistema Cerrado.

Los materiales factibles de venteos a sistemas cerrados son:

- 1) Vapores condensables y mezclas de líquidos ~~contaminantes~~ o inflamables.
- 2) Hidrocarburos en altas concentraciones que sean inflamables.
- 3) Líquidos, vapores o gases tóxicos y corrosivos, los cuales deben neutralizarse por los medios adecuados o directamente mandados a un quemador por medio de un cabezal o recolector.

Sistema de Recuperación.

Los materiales factibles son:

- 1) Flujos que económicamente hablando tengan valor apreciable para el sistema en proceso (en costo y uso).
 - 2) Neutralización de flujos de alivio que por el proceso se han transformado en materiales tóxicos o corrosivos, y que puedan regenerarse reincorporándolos al proceso. (por medio de scrubber o torres de destilación, etc.).
- A continuación se ejemplificarán los tres Sistemas de Alivio de presión en una Unidad Tratadora de Hidrocarburos y cuyo diagrama de proceso está ilustrado en la figura (8)

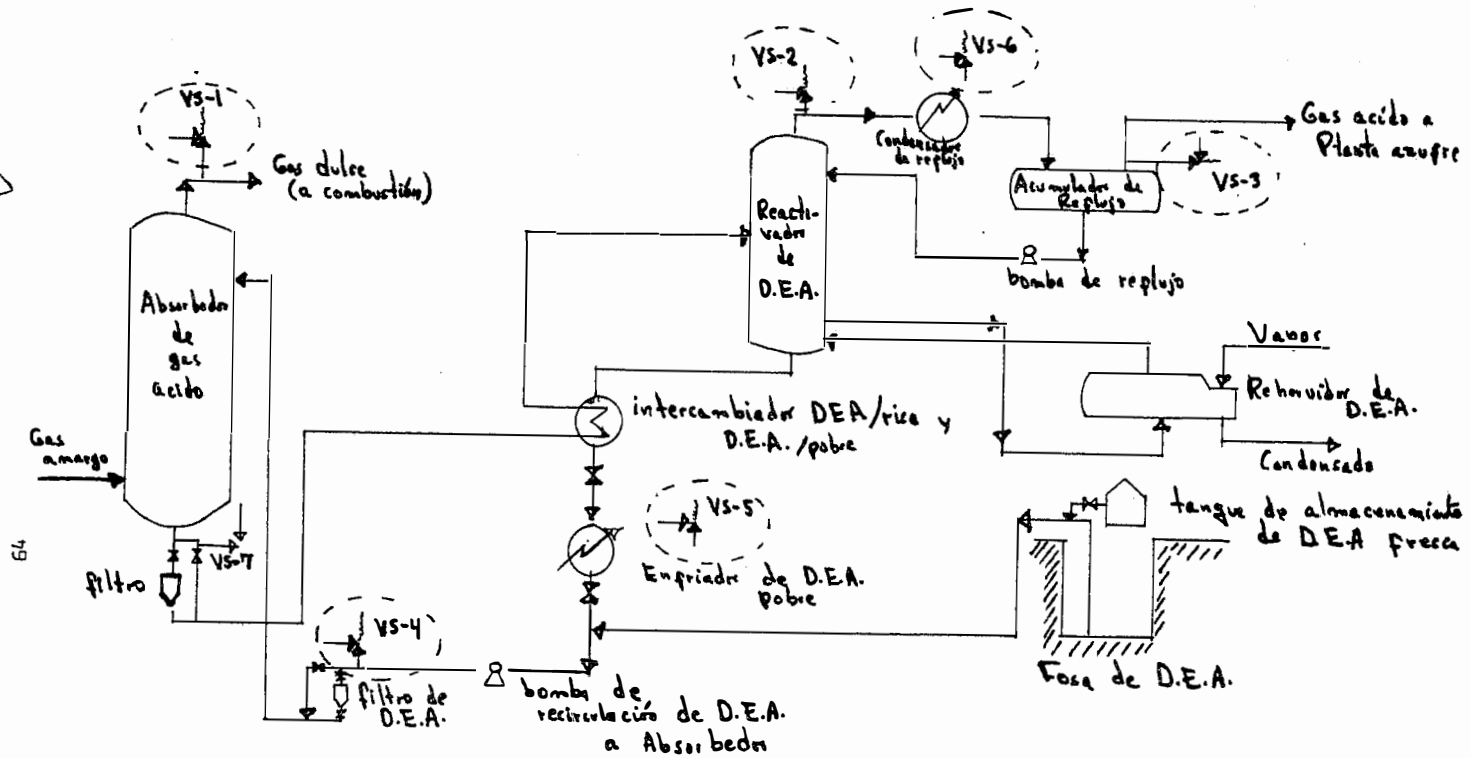


Diagrama de flujo del proceso de una unidad tratadora de Hidrocarburos.

Fig 8

A continuación daremos una breve explicación del funcionamiento de la planta y la razón de cada válvula.

La función principal de esta planta, es endulzar los gases amargos provenientes de plantas hidrodeshulfuradoras de destilados intermedios (Gasoleos, Naftas).

El endulzamiento de la corriente de gases amargos, se llevará a cabo por medio de DEA (di-etanol amina) en porcentaje determinado. La corriente de gas amargo se pone en contacto, a contracorriente, con una solución de DEA, la cual entra a la torre absorvedora. Los gases dulces salen por el domo de la torre como gas combustible.

la solución de DEA rica que sale del fondo del absorvedor de gases amargos, se pasa por un filtro de cartuchos y de ahí posteriormente intercambia calor con la solución de DEA pobre que sale del fondo de la torre regeneradora y por último entra a esta última torre para ser reactivada.

Los gases ácidos que contenían DEA rica, salen como producto del domo de la torre regeneradora hacia la planta de azufre. La solución de DEA se en-

vía de nuevo al absorvedor, enfriándose primero en el calentador, donde cambia calor con la solución de DEA rica, posteriormente baja su contenido de calor en el enfriador de DEA pobre, se une luego a DEA de reposición y se manda a la torre absorvedora por medio de una bomba. En este último paso atravieza un filtro de cartucho y de ahí nuevamente a la torre.

Una vez explicado el proceso, procederemos a indicar donde se han de colocar las válvulas de seguridad, para la protección del equipo por sobrepresión.

En el siguiente capítulo se darán los criterios de por que se colocan ahí; aquí únicamente se tratará de ejemplificar los tres Sistemas de Alivio de Presión.

Sistema Abierto.- Las válvulas VS-5, VS-6 dan alivio de presión a vapor de agua por sobrepresión (medio usado para enfriar) por lo cual se puede enviar la masa relevada directamente a la atmósfera.

Sistema Cerrado.- Las válvulas VS-1, VS-2, VS-3, dan alivio por sobrepresión a las torres de absorción, reactivación e intercambiador de DEA pobre/rica, y acumulador de reflujo res

pectivamente. Como dichos flujos de alivio son hidrocarburos básicamente, son enviados a un cabezal común y a su vez a combustión en un quemador, para transformarlos en sustancias inofensivas antes de mandarlas a la atmósfera.

Sistema de Recuperación.- La válvula VS-4 y VS-7 dan alivio de presión al filtro de DEA, y el flujo relevado es mandado a recuperación ya que contiene DEA básicamente que es regenerada y de vuelta al proceso. (es mandada a la fosa de DEA donde se diluye).

C A P I T U L O I I I

3.1 Tipos

- 3.1.1 Válvulas Convencionales.
- 3.1.2 Válvulas de Fuelle Balanceado.
- 3.1.3 Válvulas Operadas por Piloto.
- 3.1.4 Válvulas de Asiento tipo Anillo.
- 3.1.5 Válvulas de alivio para presión vacío.

3.2 Materiales de construcción.

C A P I T U L O I I I

3.1. TIPOS.

En este capítulo se hará una descripción de los diferentes tipos de válvulas existentes, que como ya se mencionó, son dispositivos de seguridad que protegen la vida de los equipos y del personal mismo que labore en los alrededores.

La siguiente clasificación de las válvulas de alivio de presión, atiende a características del tipo de descarga, es decir si es a la atmósfera directamente, o a un cabezal común, o si se trata de operaciones cerradas al punto de ajuste, o de materiales de alivio conteniendo partículas sólidas etc.

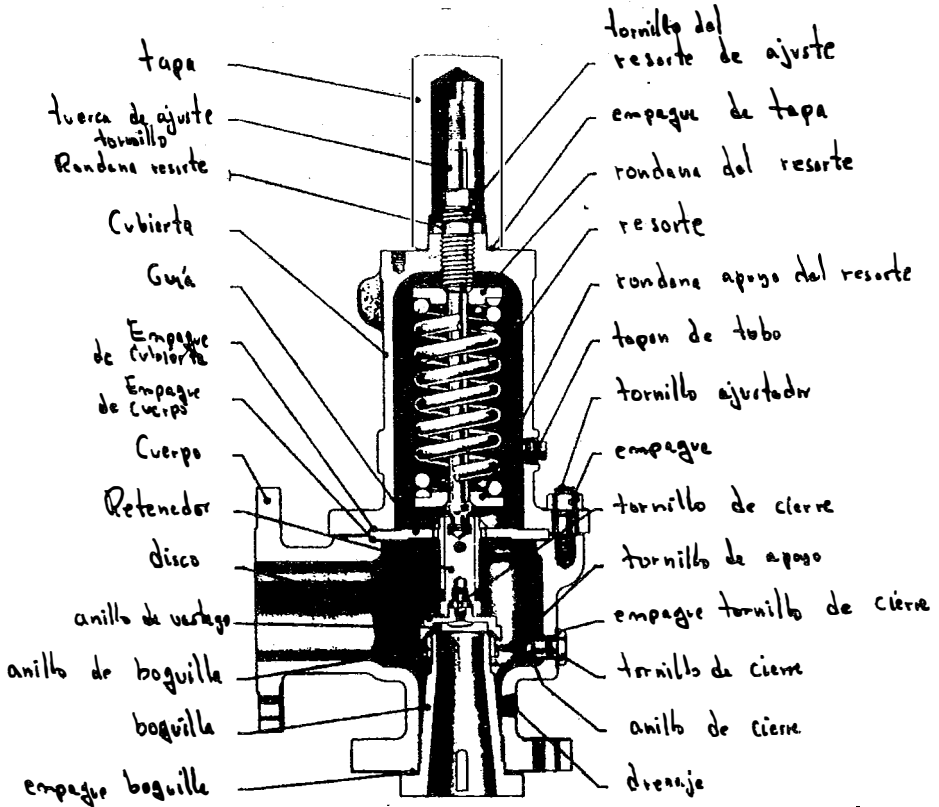
	}	Válvulas Convencionales.
		Válvulas de Fuelle Balanceado.
Tipos de Válvulas de		Válvulas Operadas por Piloto.
Alivio de Presión.		Válvulas de Asiento de tipo Anillo.
		Válvulas de Alivio de Presión-Vacío.

Las válvulas de alivio de presión para Presión-Vacío, son de vital importancia, pero un estudio detallado sería tema de Tesis, aquí sólo se mencionarán como parte de la clasificación, con una breve descripción de su funcionamiento. (13)

3.1.1. Válvulas Convencionales:

Estas válvulas son las primeras que se utilizaron y siguen teniendo gran demanda en la industria, por su sencillez y aplicación en la mayoría de los casos. Una válvula de este tipo está ilustrada en la figure No. 9 con la respectiva nomenclatura de cada parte.

Fig. 9



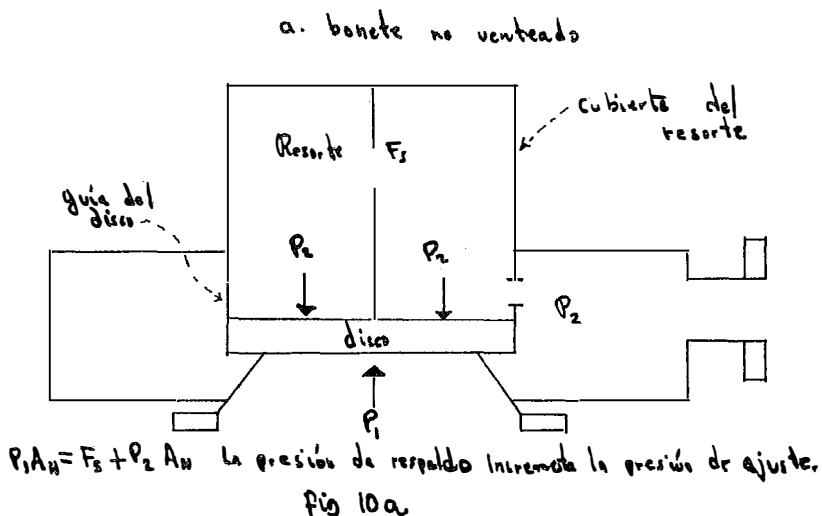
En esta válvula la presión de ajuste o calibración es —

afectada por la contrapresión o la presión sobre el lado de la descarga de la válvula. En esta forma el venteo del espacio por encima del disco en la línea de descarga, produce un incremento en la presión de ajuste, cuando la contrapresión se incrementa.

Si el venteo es hacia la atmósfera, la presión de ajuste disminuye. Con contrapresiones constantes, el resorte de la válvula puede ser calibrado a compensar este fenómeno, y entonces se produce la presión de ajuste o calibración deseada.

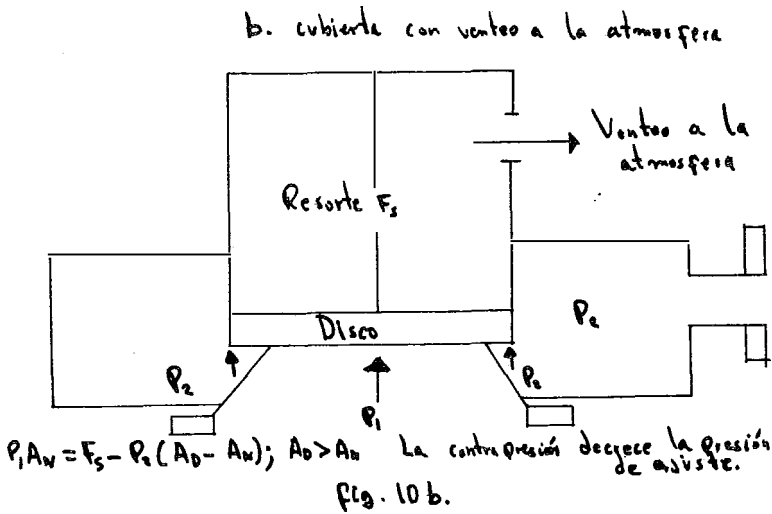
Sin embargo si la válvula descarga hacia un cabezal, es posible que se tengan contrapresiones variables y el simple ajuste del resorte no es la solución. (para este caso se recomiendan válvulas de fuelle balanceado).

El balance de fuerzas sobre el área del disco de una válvula de seguridad convencional, está mostrado en la figura 10.a y 10.b.



En la Fig. 10.a. la guía del disco no está cerrada y la cubierta o bonete está cerrada al venteo a la atmosfera.

En la Fig. 10.b. la guía del disco está cerrada y al bonete venteado a la atmosfera.



3.1.2. Válvulas de Fuelle Balanceado:

Como se discutí en el caso anterior cuando se tienen contrapresiones variables, las válvulas convencionales pueden no ser la solución a dicho problema.

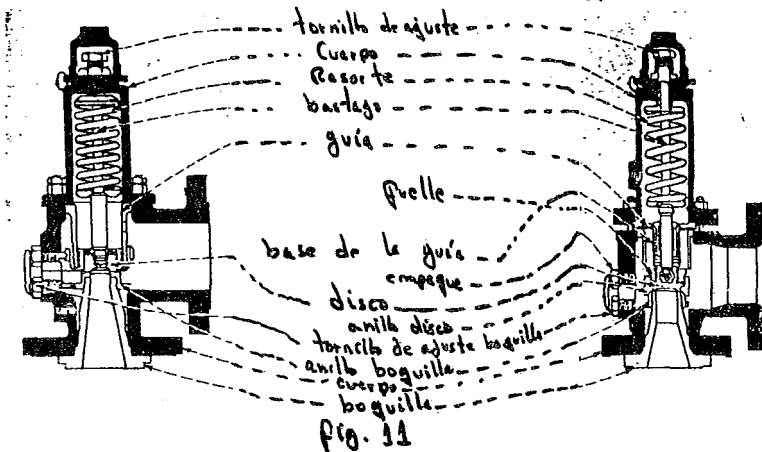
Las válvulas de fuelle-balanceado fueron entonces desarrolladas para tal efecto. Aquí las proporciones de los fuelles son tales que, el área efectiva del disco abierta a la atmosfera, es igual el área efectiva de descarga, la cual está expuesta a la presión del proceso. Teóricamente

Esto elimina cualquier efecto de contrapresión sobre el punto de ajuste. En realidad esto es solamente una aproximación del caso. (La tolerancia de fabricación de los fuelles y al área efectiva, pueden causar algunas desviaciones).

Por lo anterior un incremento en la contrapresión de un 30% a un 40% de la presión de ajuste (dependiendo del fabricante) puede ser tolerada sin reducción de la capacidad. Con válvulas de alivio de presión estándar o convencionales, la presión de ajuste es incrementada proporcionalmente, con un incremento en la contrapresión; en estas válvulas estándar, el límite acostumbrado de variación de contrapresión es de 10% de la presión de ajuste solamente. Un diagrama de una válvula de fuelle-balanceado, así como su comparación con una convencional están ilustrados en las figuras 11 y 12.

a. tipo de boquilla estándar
con guía de ventos al exterior

b. tipo de boquilla de fuelle
balanceado, con ventos a la
atmósfera



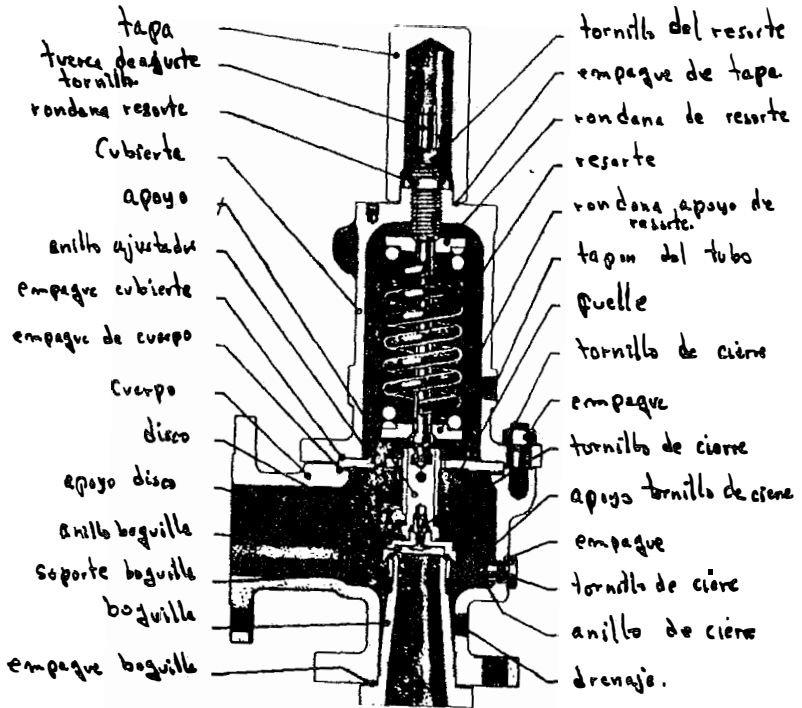
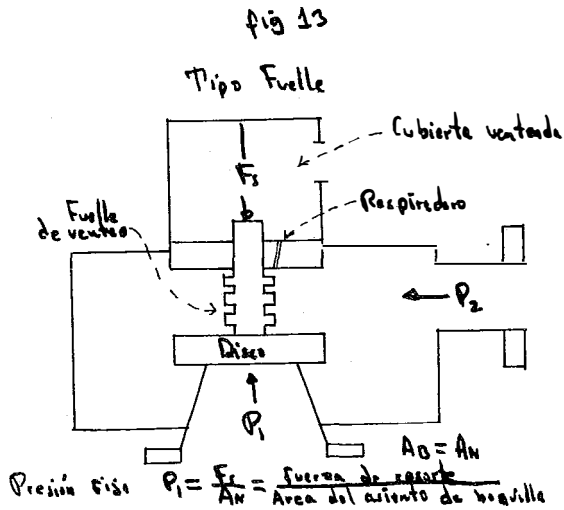


fig. 12

Las fuerzas sobre el disco de una válvula de fuelle-balanceado operando dentro del rango de presión de diseño, están ilustradas en la figura No. 13.



3.1.3 Válvulas Operadas por Piloto:

Este dispositivo, consistente de una válvula principal y una válvula piloto, es usado para operaciones de cierre en el punto de ajuste. En ellas un pistón diferencial en la válvula principal, es cargado a través de un orificio por presión del proceso. Cuando la presión de ajuste es alcanzada, la pequeña válvula piloto de carga-resorte, abre, -- ventando la presión por encima del pistón de la válvula --

principal, la cual entonces abre ampliamente.

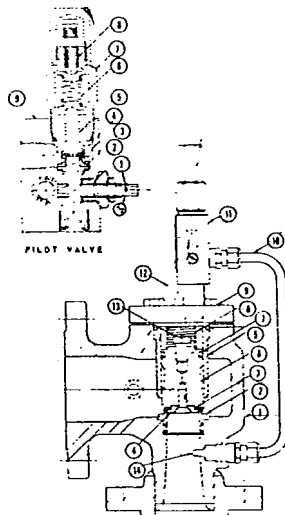
Una vez que alcanza la presión "blowdown" que es la diferencia entre la presión de ajuste y la presión de asiento de la válvula en el sistema, la válvula piloto cierra, y el llenado del sistema de presión es inmediatamente reestablecido en el domo de la válvula principal. El pistón instantáneamente se mueve hacia abajo, cerrando la válvula principal.

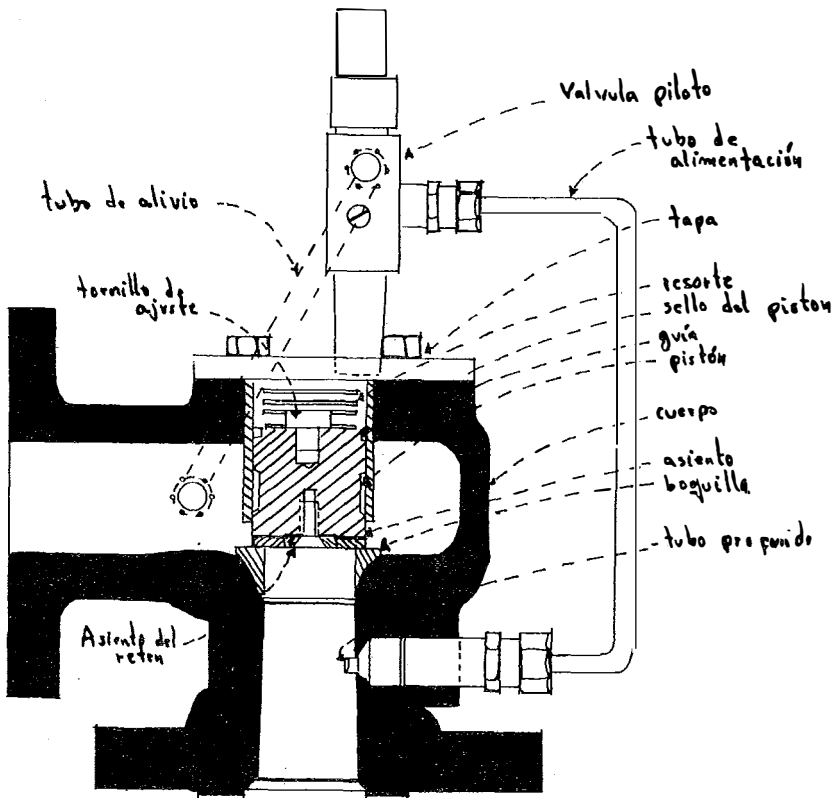
De este modo la fuerza neta hacia abajo, sobre el pistón de la válvula principal que fija el cerrado, es igual a la diferencia en áreas de la presión del proceso.

Una válvula de este tipo está ilustrada en las figuras No. 14 y 15.

- 1.- tornillo de ajuste
 - 2.- piezas de boquilla
 - 3.- guía del resorte
 - 4.- anillo tipo asiento
 - 5.- guía
 - 6.- resorte
 - 7.- cubierta
 - 8.- tornillo de ajuste
 - 9.- cuerpo
-
- 1.- cuerpo
 - 2.- boquilla
 - 3.- asiento
 - 4.- ratón del asiento
 - 5.- guía
 - 6.- pistón
 - 7.- asiento del pistón
 - 8.- resorte
 - 9.- tapa
 - 10.- tubo de alimentación
 - 11.- válvula piloto
 - 12.- tubo de alivio
 - 13.- tornillo de ajuste
 - 14.- tubo profundo.

fig 14





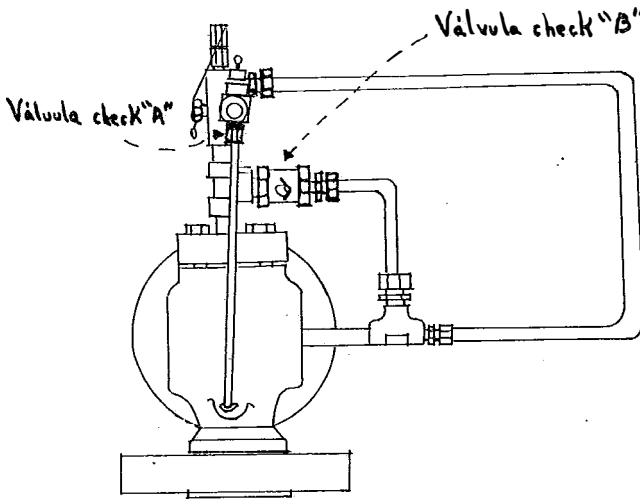
Cuando una válvula operada por piloto está sujeta a una -
 contrapresión, el pistón puede levantarse a causa del flu-
 jo reversible, excepto que de alguna manera se evite este
 problema.

Los flujos reversibles pueden suscitarse cuando varias --
 válvulas están conectadas a un cabezal común de descarga-
 la posibilidad de flujo reversible a través de una válvu-
 la operada por piloto, puede eliminarse usando un arreglo
 contra-flujos como el de la Figura No. 16.

En este esquema, la contrapresión mayor en la entrada de-

presión de la válvula, es introducida hacia el domo a través de la válvula check B a cargar el pistón. La válvula check A previene la contrapresión ocasionada en el tubo de abastecimiento del piloto y en la entrada de la válvula principal.

fig 16



En operaciones normales, la válvula check B mantiene la presión en el domo de la válvula principal, contra flujos en la línea de descarga.

3.1.4. Válvulas de Asiento Tipo Anillo:

En realidad estas válvulas son de cualquiera de los tres tipos mencionados, sólo que con una variación importante en el tipo de asiento.

En las válvulas mencionadas las superficies de asiento, -
son generalmente metálicas y planas. Existen aplicacio-
nes a procesos, que involucren pulsación, operaciones ce-
rradas al punto de ajuste, enfriamientos por efecto de re-
frigeración, fluidos que contengan partículas sólidas y -
condiciones similares, donde es difícil prevenir escapea-
o goteras, se ampliamente recomendado el uso de válvulas-
con asiento de tipo anillo.

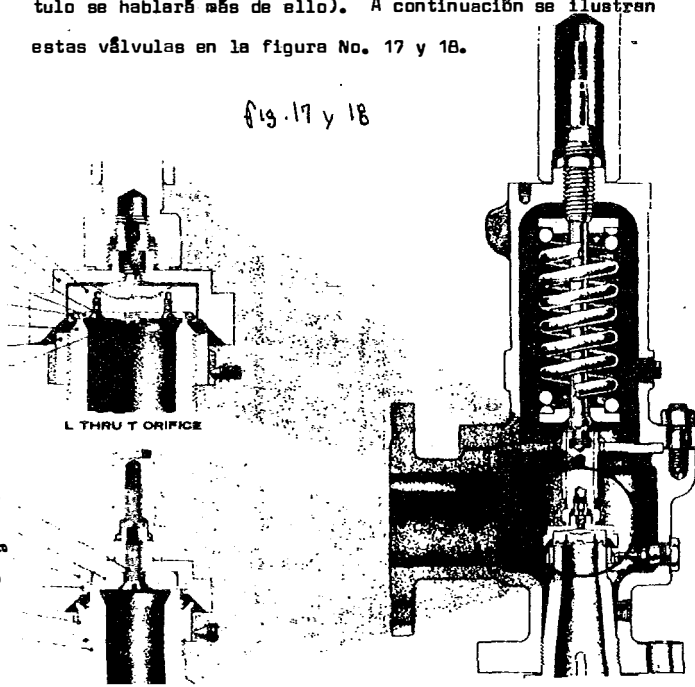
Las máximas temperaturas de alivio para estas válvulas --
con asiento tipo anillo, están normalmente entre 200° y -
450°F., dependiendo del material del anillo (en otro capí-
tulo se hablará más de ello). A continuación se ilustran
estas válvulas en la figura No. 17 y 18.

fig. 17 y 18

disco
reten del disco
tornillo macho
reten del anillo
sello del asiento
boquilla
anillo de asiento
tornillo de tapa

L THRU T ORIFICE

tornillo macho plus
disco
reten del disco
sello del asiento
anillo de asiento
boquilla



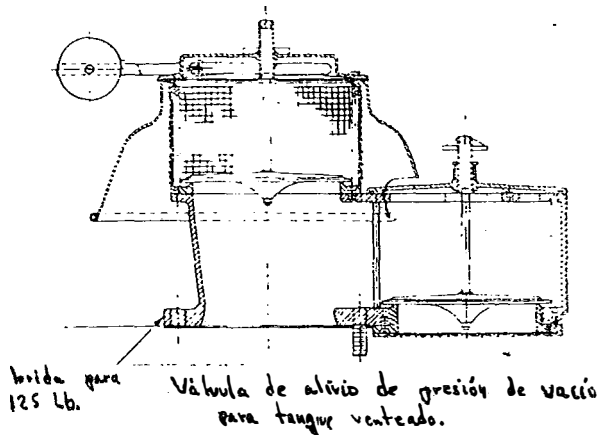
3.1.5. Válvulas de Alivio para Presión-Vacío:

Otro tipo de dispositivo de alivio de presión que no se encuentra ordinariamente en aplicaciones de protección de equipo de proceso, es la válvula de alivio de presión-Vacío, la cual es usada para dar protección a recipientes o tanques de almacenamiento diseñados para presiones atmosféricas esenciales.

Estos dispositivos están frecuentemente diseñados, para llevar ambas acciones, presión-vacío.

El mecanismo de operación generalmente consiste de paletas con pesos o cargas, que sirven para fijar el punto de ajuste por fricción de los mismos sobre las paletas. La protección de recipientes de almacenamiento atmosférico, caé fuera del tema de Tesis, pero se puede cubrir adecuadamente en la referencia bibliográfica No. 14. Un esquema de esta válvula es mostrado en la Figura No. 19.

Fig. 19



32. MATERIALES DE CONSTRUCCION.

En la fabricación de válvulas de seguridad, se emplean una gran variedad de materiales, que incluyen metales, aleaciones de metales y en algunos casos hasta plásticos resistentes a corrosión, temperatura etc.

La razón es evidente, los diferentes tipos de construcción obedecen a los distintos tipos de fluidos por relevar, dado que las características de éstos, como son la corrosividad, temperatura de alivio, (ya sea alta o baja) determinan arreglos especiales de fabricación.

La mayoría de las válvulas de seguridad del tipo de resorte, se construyen de acero fundido en su cuerpo y con adaptaciones de acero inoxidable, para servicios de proceso. Para aplicaciones especiales, las válvulas se pueden hacer con cuerpos de Monel, Hastelloy, aleaciones de acero o acero inoxidable, con apropiadas adaptaciones o recubrimientos para las condiciones en las cuales van a estar expuestas.

Generalmente para temperaturas de entrada, abajo de 450°F., los resortes son hechos de acero al carbón, y para temperaturas mayores se fabrican de acero al tungsteno.

En casos de probable corrosión, los resortes pueden ser de níquel plateado, o aluminizado; también los hay de Hastelloy y Monel, acero inoxidable e Inconel. Válvulas con 3.5% de inoxidable o níquel-acero en sus cuerpos y con adaptaciones completas de acero inoxidable, incluyendo resortes, son usadas en aplicaciones a bajas temperaturas.

CAPÍTULO IV

- 4.0 Hoja de datos.
- 4.1 Principales causas de sobrepresión
 - 4.1.1 Salidas o entradas bloqueadas.
 - 4.1.2 Expansión térmica.
 - 4.1.3 Fallas de servicios.
 - 4.1.4 Fallas parciales.
 - 4.1.5 Falles eléctricas y Mecánicas.
 - 4.1.6 Pérdidas de Ventilación
 - 4.1.7 Pérdidas de aire de instrumentos.
 - 4.1.8 Fallas de reflujo.
 - 4.1.9 Suministros anormales de calor a rehervidores.
 - 4.1.10 Fallas en tubos de cambiadores de calor.
 - 4.1.11 Golpe de Ariete.
 - 4.1.12 Fuegos en Plantas.
 - 4.1.13 Fallas mecánicas a dispositivos de seguridad.
 - 4.1.14 Reacciones Químicas.
 - 4.1.15 Acumulación de incondensables.
 - 4.1.16 Materiales volátiles en el sistema.

4.1.17 Explosiones internas.

4.1.18 Simultaneidad de fallos.

4.2 Datos de Proceso

4.2.1 Fluido manejado

4.2.2 Peso molecular

4.2.3 Densidad y viscosidad

4.2.4 Presión de relevo

4.2.5 Presión de ajuste

CAPITULO IV

4.0. Hoja de Datos.- Como su nombre lo indica, en ella aparecen los datos necesarios para la adquisición de una válvula de seguridad. La información indispensable que debe llevar la hoja de datos, incluye los datos físicos de la válvula, así como los datos técnicos -- del proceso para el cual se ha de seleccionar y adquirir dicha válvula.

Los primeros son una función propia del dispositivo de alivio y es importante por lo tanto, el conocimiento de las partes del mismo, así como también los materiales de construcción e identificación para el servicio al que vaya a destinarse.

Los datos de una válvula se dividen de acuerdo a las partes fundamentales de que consta y que son: Tapa, Bonete o Cubierta y Cuerpo. La figura 20 es una ilustración de ello.

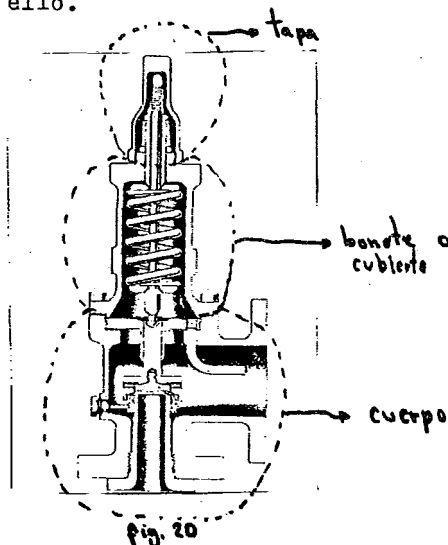


Fig. 20

De acuerdo a esta clasificación podemos incluir una - descripción de la válvula en los siguientes términos:

- 1.- Generales (Incluyendo tapa y bonete).
- 2.- Datos del cuerpo.
- 3.- Materiales del interior.

1.- Datos Generales.- En esta parte se debe especificar el tipo de tapa y bonete, describiendo al material del que ha de estar hecho, así como el tipo de válvula, es decir si es convencional, de - fuelle, accionada por piloto, etc. Esto último - es función del tipo de fluido por relevar (corrosivo, con partículas, etc.) y del efecto de la contrapresión. Se especificarán también el tipo de asiento tanto en forma como en material.

2.- Datos del Cuerpo.- Del cuerpo se deberán indicar material de construcción, tamaño del orificio, tipo de unión, es decir la forma en la cual se co--nectará con la tubería, ya sea por roscado, brida o soldada, indicando en cada caso la capacidad de la unión que quedará establecida por las gráficas de presión contra temperatura del ASA. (apéndice) Por último se indicará el tipo de orificio que dependerá del área requerida para la masa a relevar.

3.- Materiales del Interior.- En esta parte se hará - una descripción completa de las partes del inte--rior de la válvula, así como del material dependien

do del tipo y servicio para el cual se requieren. Se describirán asiento, disco, gufa, anillos, resorte, capucha y sus respectivos accesorios. Muchas de las bases de selección se harán de acuerdo al código ASTM.

4.- Datos del Proceso.- Estos datos son una función de las características del proceso y los principales son: causa de sobrepresión, fluido manejado, peso molecular y otros más que se tratarán más adelante en este capítulo.

Comenzaremos con las causas de sobrepresión que son la base para la selección del dispositivo de alivio de presión.

A continuación se hará una clasificación de las principales causas y una descripción coherente de cada una, indicando en algunos casos formas de prevención, así como también ecuaciones que proporcionen la capacidad requerida de la válvula de alivio.

4.I.- Principales Causas de Sobrepresión:

4.I.I.- Salidas o Entradas Bloqueadas.- Se tiene este caso en un equipo cuyas entradas o salidas pueden ser bloqueadas por cualquier razón y que esté recibiendo su fluido a una presión mayor que aquella para la cual se diseñó. Como ejemplos podemos tener:

a).- Descarga de Vapor Motriz en una Turbina de Contrapresión. La ilustración de ello

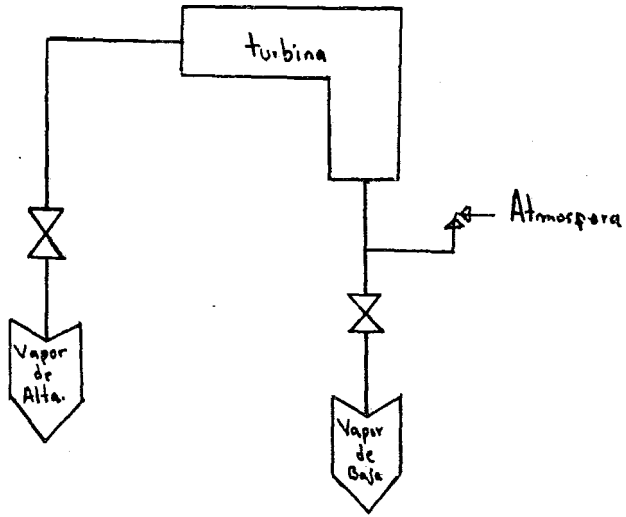


fig (21)

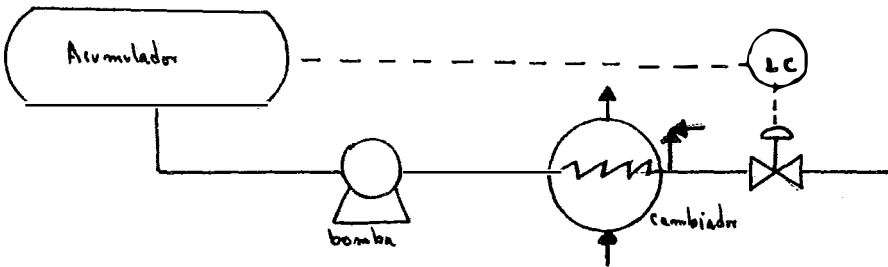


fig (22)

está en la figura (21) En este caso la línea de vapor de alta presión se diseña con la especificación adecuada a las condiciones de disponibilidad del mismo, que se encuentran en el rango de 19-20 Kg/cm² y 200-250° C., correspondiente a las condiciones de salida.

Quando la válvula de bloqueo en esta última línea se cierra por cualquier motivo, la presión aumentará gradualmente hasta igualarse con la presión alimentada, momento en el cual el flujo se suspende.

El problema estriba en el paro de la turbina y el riesgo que la planta corre de que la tubería de descarga falle al haber aumentado su temperatura y presión de trabajo. En este caso la masa a relevar es el consumo de vapor que se tenga a la presión de ajuste seleccionada, la cual corresponde a la presión máxima permisible de la línea de vapor de baja presión.

b) ~~a~~ Intercambiador de calor en el cual una de las corrientes es alimentada por una bomba. (Fig. 22)

Quando se bloquee a la válvula de control por cualquier motivo la disminu---

ción de flujo provoca que la bomba aumente su presión de descarga. Si esta presión es mayor que la presión de diseño - del cambiador en el lado correspondiente, el riesgo es inminente y el dispositivo de seguridad indispensable.

En la mayor parte de los casos la válvula de control se coloca antes del cambiador, con lo cual se elimina la válvula de seguridad, en este caso la válvula de seguridad y válvula de control deberán estar diseñadas para soportar la presión máxima de descarga de la bomba.

c).- En el caso de calentadores en cuyas corrientes de salida se tengan bloqueos. Para el caso de que un calentador tenga una válvula de bloqueo a la salida del mismo en el lado del fluido frío, mientras por cualquier razón esta válvula se cierra accidentalmente y el fluido caliente sigue pasando a través del otro lado. (La ilustración de este caso está en la figura 23).

Por lo anterior es necesaria una válvula de alivio en la línea de salida del fluido frío.

d).- Salida cerrada o bloqueada en la lí-

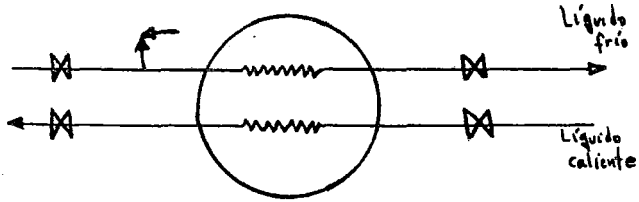


fig 23

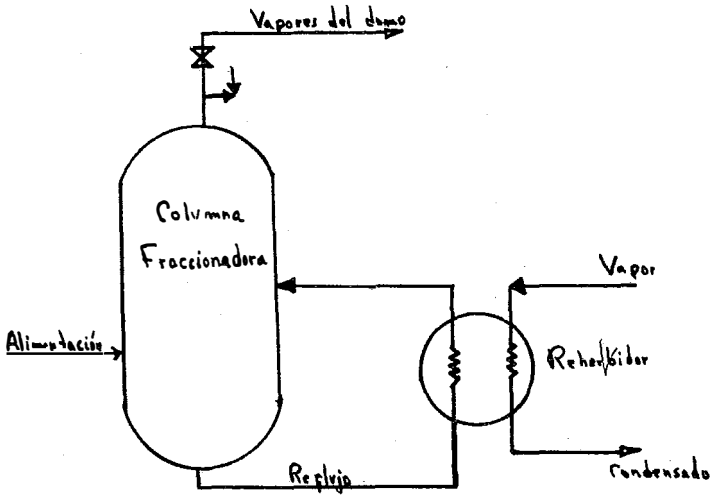


Fig 24

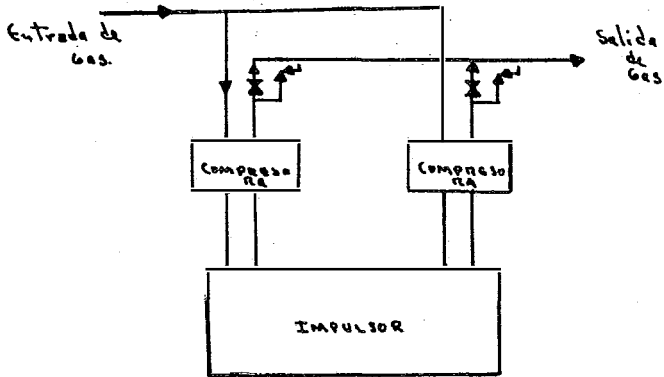


fig. 25

nea de vapores de Columnas Fraccionadoras (Fig. 24)

En una columna fraccionadora, la sobrepresión puede desarrollarse cuando la válvula de bloqueo en la línea de vapores del domo fuera accidentalmente cerrada y el calor suministrado por el reboiler o rehervidor continua. Para este caso se hace necesario también una válvula de alivio para la segura operación de esta unidad e).- Compresoras Reciprocantes por Salidas Bloqueadas. (Fig. 25) Las compresoras con válvulas de bloqueo en sus salidas, y que por alguna razón se cierran accidentalmente, pueden estar sujetas a sobrepresión, provocando con ello niveles de presión altos, que si sobrepasan la presión de trabajo máxima permitida ocasionarán fallas peligrosas para el equipo y personal.

Es indispensable por lo tanto una válvula de alivio para tal efecto.

Para protección de equipos o sistemas cuando todas las salidas están bloqueadas, la capacidad del dispositivo de relevo deberá ser por lo menos, tan grande como la capacidad de éstas últimas.

4.1.2.- ~~Exposición~~ Exposición Térmica.- El incremento de volumen causado por el aumento o disminución de temperatura en un sistema cerrado ocasiona la necesidad de un dispositivo de seguridad. Dicho incremento puede ser originado por las siguientes causas:

a).- Tuberías o recipientes bloqueados en la entrada, mientras que la fuente de energía continua suministrándose, como por ejemplo, calor llevado a un serpentín, ganancia de calor ambiental, fuego, etc.

b).- Cambiadores bloqueados en la entrada sobre el lado frío, con flujo en el lado caliente.

c).- Tuberías y recipientes bloqueados en la entrada mientras que están en contacto con un líquido cercano a la temperatura ambiente y es calentado por radiación solar directa.

Es necesario aclarar que en ciertas instalaciones tales como circuitos enfriadores, donde el diagrama de proceso, arreglo del equipo y los métodos de operación hacen factible la eliminación de un dispositivo de alivio contra posible expansión térmica es de tomarse en consideración; si en tales equipos se pueden hacer adaptacio--

nes propias para venteos y drenes, cuando se suciten bloqueos y además no hay riesgo en la seguridad de personal y equipo, es posible tal eliminación del dispositivo de seguridad.

Si la válvula es necesaria debe hacerse un estudio cuidadoso tomando en cuenta el volumen contenido y al coeficiente de expansión térmica para el fluido, así la capacidad de alivio necesaria puede ser determinada (para mayor información de ecuaciones y cálculos ver el apéndice A del API (15)).

En general cualquier recipiente cerrado, conteniendo un líquido a su máxima capacidad debe protegerse contra los efectos de la expansión térmica de los contenentes. Asimismo grandes longitudes de tuberías podrían también protegerse, particularmente si estas descansan sobre bases y expuestas al sol, tales como líneas en tanques exteriores.

Las válvulas de alivio para este propósito, necesitan sólo ser de capacidad nominal; generalmente los orificios disponibles comercialmente están en varios tamaños mayores que los requeridos.

La capacidad requerida puede ser determinada por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{\beta H}{7.2 S c} \quad \text{ec. 10}$$

donde:

Q= Capacidad requerida en GPM

H= Calor suministrado BTU/hr.

β = Coeficiente de expansión volumétrica por $^{\circ}\text{F}$.

β = 0.0001 para agua.

β = 0.0010 para hidrocarburos pesados.

β = 0.0008 para gasolina.

β = 0.0006 para destilados.

β = 0.0004 para aceite combustible residual.

S= Gravedad específica.

c= Calor específico BTU/ lb. $^{\circ}\text{F}$.

4.1.3.- Fallas de Servicios.- Las consecuencias

desarrolladas por la pérdida de cualquier servicio, ya sea locales o generales, deben ser cuidadosamente evaluadas, ya que pueden originar sobrepresión. A continuación se dará una tabla propuesta por el API sobre la falla y el equipo afectado.



Falla de Servicio

Equipo afectado

1. Corriente Eléctrica.

la) Bombas para: circulación de agua de enfriamiento, - alimentación de calderas y reflujo.

lb) Ventiladores para: Cambiadores de calor ~~enfriados por~~ aire, torres de enfriamiento o aire de combustión.

lc) Compresoras para: procesos de vapor, aire de instrumentos, vacío o refrigeración.

ld) Instrumentación.

le) Válvulas operadas por motor.

2. Agua de Enfriamiento.

2a) Condensadores para: procesos o - servicios similares.



2b) Enfriadores para: fluidos de proceso, aceite lubricador o aceite de sello.

2c.) Cubierta o camisa sobre equipo rotativo o reciprocante.

■

3. Aire de Instrumentos.

3a) Trasmisores y controladores.

3b) Válvulas reguladoras de proceso.

3c) Sistemas de alarma y paro.

4. Vapor

4a) Impulsores de turbina para bombas, compresoras, fuelles, ventiladores de aire para combustión o generadores eléctricos.

4b) Rehervidores.

4c) Bombas recipro-
cantes.

4d) Procesos que -
usan directamente
vapor de inyección.

5. Gas Inerte.

5a) Selladores.

5b) Reactores catalí-
ticos.

5c) Purga para ins-
trumentos y equipo.

6. Gas Combustible.
o Combustóleo.

6a) Calderas.

6b) Rehervidores.

6c) Máquinas de com-
bustión interna.

6d) Generadores de
corriente eléctrica.

4.1.4.- Fallas Parciales.- Las fallas parciales atribuidas a pérdidas de un servicio en particular, así como su evaluación del efecto de sobrepresión deben de ser de importan-
te consideración.

En algunas situaciones donde el equipo puede ser afectado, la colocación en paralelo

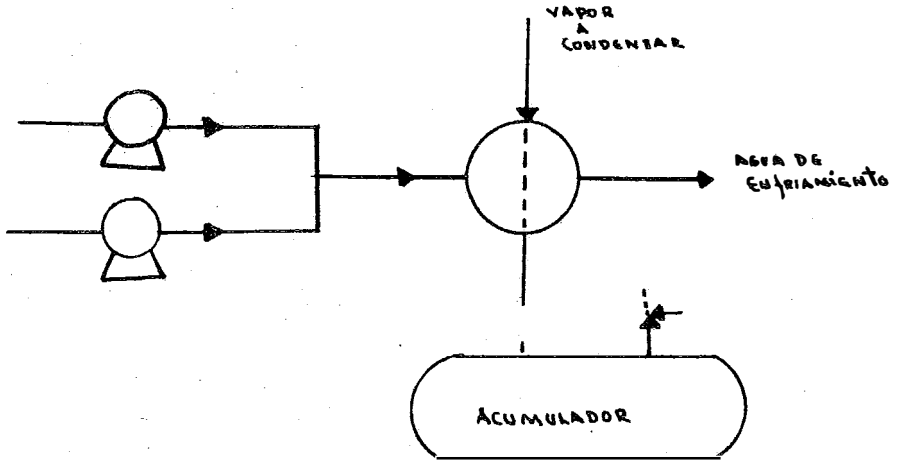


fig 26

de dispositivos que tengan una diferente fuente de energía puede ser la solución.

Por ejemplo consideremos un sistema circulante de agua de enfriamiento (Fig. 26) consistente de dos bombas en servicio paralelo y en continua operación, aunque conectadas a fuentes de energía diferentes. Así, si por alguna causa hay una falla parcial de energía, la otra bomba puede continuar la función.

La cantidad de exceso de vapor generada necesaria para esta segunda bomba se puede proporcionar por medio de una turbina.

Otro ejemplo de falla parcial y sus consecuencias lo es una falla parcial de aire sobre algún instrumento.

4.1.5.- Fallas eléctricas y mecánicas.-

La determinación de las necesidades de alivio resultantes de fallas de potencia requieren un cuidadoso planteamiento o análisis del sistema, en orden de evaluar -- que equipo es afectado por la falla, y como estos afectan la operación de la planta. Estas podrían ser analizadas en tres formas:

1) Fallas de potencia eléctrica locales.-

Una pieza del equipo es afectado (bombas, ventiladores, válvulas solenoides, etc.).

2) Fallas de potencia eléctrica intermedias.- Un centro de distribución, un centro de control de motor, o un colector -- afectado.

3) Fallas totales de potencia.- Todo el equipo operado eléctricamente es afectado simultáneamente.

■

Las fallas locales pueden ocasionar problemas cuya evaluación fácilmente es determinada y que con un poco de atención y cuidado se eliminan rápidamente, algunas de ellas como la falla de una bomba que proporciona agua de enfriamiento, ya fué tratada anteriormente.

Una falla intermedia ocasionará más serios efectos que cualquiera de las otras dos causas. En algunas ocasiones por ejemplo fallan los ventiladores de un enfriador de aire y al mismo tiempo un reflujo por parte de las bombas. Por ello la selección de la fuente de alimentación para los aparatos eléctricos en una unidad, debe incluir de ser posible varias fuentes evitando tomar así de una sólo la cantidad de -

energía necesaria en cada caso y eliminar la posibilidad de fallas simultáneas. Las fallas totales, en cuanto a ellas podemos decir que requieren un estudio y análisis con el fin de evaluar los efectos combinados de fallas múltiples sobre equipo. Especial consideración podría ser dada al efecto simultáneo de abertura de válvulas de alivio en servicios generales, particularmente si las válvulas de alivio descargan a un sistema de cabezal cerrado.

A continuación en la fig. 27 damos un ejemplo que puede presentar los tres mencionados.

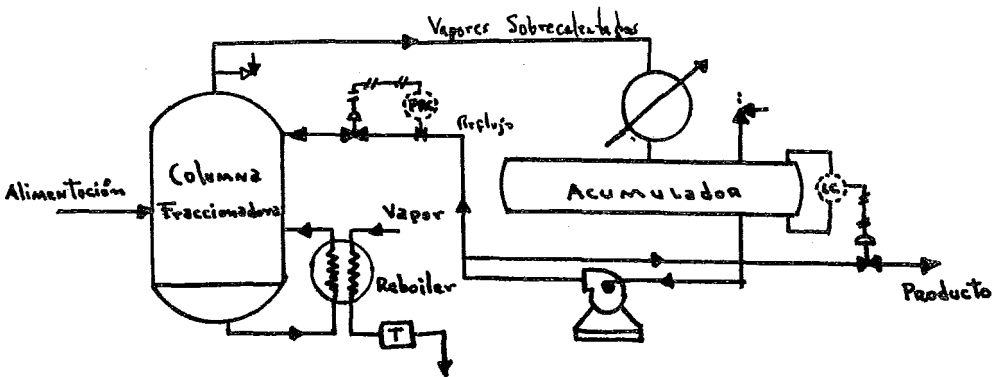


fig 27

Fallas posibles en la Unidad Tratadora de la Fig. 27 debidas a potencia:

- 1) Falla local.- Por ejemplo la bomba de reflujo, si ésta falla, la columna es sobrecalentada sin el reflujo, el cual actúa como un enfriador bajo condiciones normales de operación.
- 2) Falla Intermedia.- Por ejemplo la bomba de reflujo y compresora que alimenta el aire de instrumentos si ambas provienen de la misma fuente de potencia, en la cual falló un centro de distribución. Si esto ocurre la pérdida de reflujo causará sobrepresión, así como también la falla del controlador de nivel del acumulador.
- 3) Falla total.- Por ejemplo falla la potencia en todos los aparatos creando pérdidas de reflujo y fallas sobre instrumentos y equipo.

4.1.6.- Pérdidas de Ventilación.- Esta falla es menos frecuente, pero si importante; generalmente la falla de un ventilador en un cambiador de calor enfriado por aire,

o torre de enfriamiento los hace inoperante como resultado de la falla de servicio de potencia o mecánica de dicho ventila--

ador.

Es evidente que al no tener la fuente que proporciona el enfriamiento, la sobrepresión puede originarse en éstos equipos.

Las necesidades de alivio se obtienen considerando los efectos de enfriamiento que suministra el aire a éstos equipos por convección y radiación en condiciones ambientales, ésto es si las persianas o dispositivos para el paso del aire son independientes de la falla.

4.1.7.- Pérdidas de aire de instrumentos. La mayoría de los instrumentos de control usados en equipos de proceso deben tener una fuente de aire segura y confiable, ésto involucra potencia eléctrica con el objeto de garantizar una buena operación.

En algunos casos se requiere instalar un compresor extra de aire para prevenir la falla de suministro o en su defecto al circuito de aire de la Planta, mientras dura la emergencia del sistema de aire de instrumentos.

Si la falla es de potencia eléctrica se sugiere

como medida de seguridad, conmutadores electrónicos o instrumentos eléctricos que puedan comunicarse con las fuentes de emergencia (ya sean de corriente alterna o corriente directa).

Si la falla de este servicio fuera inevitable, debe efectuarse un análisis para cada válvula de control y anexar en el diseño de la Planta la referencia de la posible falla, su extensión y seguridad.

Esto último es importante ya que la falla puede ser en uno o todos los instrumentos relacionados con la unidad en proceso.

La posición a falta de aire en una válvula de control, se elige analizando el factor seguridad.

4.1.8.- Fallas de Reflujo.- Las pérdidas de reflujo ocasionadas por bombas o la falla de instrumentos son otro factor mas, que puede generar sobrepresión por ejemplo en una columna ya que éste actúa como medio enfriador o fluido condensante, en el proceso de fraccionamiento. En esta falla el vapor ascendente se evapora más al resto del líquido del pla

to superior, lo mismo sucede con todos los platos produciéndose una gran cantidad de vapor que ocasiona un incremento de presión necesaria de aliviar.

A falta de reflujo se requiere considerar las siguientes circunstancias:

- a) En este caso la falta de reflujo que causa condensación de una parte de vapor por ejemplo, una bomba parada o válvula cerrada, puede causar cambios en la composición del vapor, lo cual afecta la capacidad del equipo. Generalmente la válvula de alivio se escoge para la falla total del enfriador, sin embargo cada caso debe analizarse en relación a los componentes particulares.
- b) Circuitos de bombeo cerrados. En este caso la necesidad de alivio está en el rango de vaporización causado por una cantidad de calor igual a la que se remueve por el circuito de bombeo que se encuentra cerrado. El calor latente de vaporización podría corresponder al de las condiciones de alivio en el punto de relavo.

c) Fallas reflujo en el lado de la corriente.

Principios similares se aplican para este caso por ejemplo: si hay inundación en algún condensador o cambios en las propiedades del vapor, las necesidades de alivio deben considerar la vaporización formada por la canti--dad de calor que normalmente remueve el sistema.

De los casos citados anteriormente se pueden obtener conclusiones:

Si hay una adecuada capacidad para remover la -- condensación total del producto sobrecalentado, el efecto por falla de reflujo puede ser despreciable y no haber sobrepresión. Si no hay suficiente capacidad en el sistema ésta será la requerida para desalojar el vapor total del condensado sobrecalentado. Una válvula de alivio de presión deberá colocarse en la parte superior. En fallas de reflujo causados por paro de bombas requieren capacidades de alivio iguales a la cantidad de vapor que entra y sale de la -- sección en cuestión.

La falla en columnas fraccionadoras puede deberse a pérdidas por reflujo, debidas a fallas de una bomba lo cual provoca sobrepresión al no condensar los vapores provenientes del fon-

do de la columna.

4.1.9. Suministros anormales de calor a rehervidores.

Es evidente que un suministro de calor en exceso a un hervidor puede ocasionar sobrepresión, ya que éste generará mayor cantidad de vapor ocasionando que la presión de operación aumente a niveles peligrosos. Si esta causa continúa será necesario dar alivio al exceso de vapor generado.

4.1.10. Fallas en tubos de cambiadores de calor.

Cuando en los tubos o coraza de un cambiador de calor se tienen presiones de diseño menores que la presión normal de trabajo, el cambiador deberá ser protegido contra posible sobrepresión, excepto que la instalación sea tal que no exista la posibilidad de que en el lado de baja presión pueda ser sobrepresionado, como un resultado de la falla en un tubo.

Si el lado de alta presión está en los tubos y éstos se rompen, toda la coraza y el equipo pueden sobrepresionarse. Una consideración similar deberá hacerse si el lado de alta presión está en la coraza.

Existen ecuaciones que se han desarrollado para determinar la capacidad requerida. Se considera la ruptura de un tubo como si fueran dos boquillas, cada una con una sección transversal interna de tubo, descargando sobre una presión diferencial igual a la presión de operación normal del lado de alta presión menos la presión de diseño del lado de baja presión.

El volumen así obtenido se usa para calcular la válvula de alivio para el lado de baja presión. Las ecuaciones así desarrolladas son:

Para vapor $W = 1580 d^2 (P_p)^{1/2}$ Ec. 11

Para líquido $Q = 34.8 d^2 (\Delta P/S)^{1/2}$ Ec. 12

donde:

- W= Flujo de vapor en Lb/hr.
- ρ = Densidad del fluido.
- Q= Flujo del líquido G.P.M.
- ΔP = Caída de presión P.S.I.
- d= Diámetro interno del tubo en pulg.
- S= Gravedad específica del líquido.
- P= Presión de operación del lado de alta presión P.S.I.A.

4.1.11. Golpe de ariete. En muchas ocasiones al cerrar válvulas o bloquear bombas en forma brusca ocurren ondas de choque en el líquido contrarias a la trayectoria del mismo, esto se conoce como el golpe de ariete. La presión generada por este factor es en algunas ocasiones suficiente para romper la tubería.

En estos casos debido a que las ondas de choque se generan, en fracciones de segundo aumentando considerablemente la presión; es a veces imposible controlar por medio de una válvula de relevo tal aumento, ya que ésta es de respuesta lenta, por lo que se debe considerar el uso de amortiguadores de pulsación para este fenómeno.

4.1.12. Fuegos en Plantas. Otra causa de sobrepresión menos frecuente pero de mucha importancia es la de un fuego o incendio. En la mayoría de las plantas de proceso es muy común, el empleo de materiales combustibles que puedan, en cualquier momento estar sujetos a una ignición y desatar un incendio. Si por algún descuido esto sucede, los recipientes o equipos adyacentes conteniendo líquidos o gases pueden verse afectados.

Si el recipiente contiene un líquido, el calor suministrado por el fuego puede provocar la generación de vapor y por consecuencia sobrepresión. En otros casos el recipiente puede conte

ner mezcla de fluido-vapor o sólo vapor, y es evidente que también se presentará aumento de presión.

De ser posible un aislamiento es recomendado sobre estos recipientes, con la finalidad de poder reducir el calor suministrado por exposición a fuego. Como criterio general el ingeniero de diseño deberá estar consiente de los siguientes puntos:

Cualquier sistema de aislamiento puede deteriorarse a temperaturas de 1000^oF a 2000^oF durante un incendio. El período de exposición varia entre 20 minutos a una hora; dependiendo de las precauciones y equipo contra fuego disponibles, así como de la accesibilidad al mismo y del equipo en cuestión.

Esto se aplica a aislantes plásticos celulareso espumados, los cuales presentan excelentes propiedades y condiciones de operación, pero que son destruidos a temperaturas de 500^oF y en tiempos relativamente cortos. Por ello el sistema de aislamiento deberá retener su forma más que su integridad en cubrir el recipiente. Una instalación terminada deberá asegurar que el aislamiento no será desalojado cuando esté

sujeto a flujos de agua contra fuego usados para extinguirlo.

El valor de la conductividad térmica usado en los cálculos del factor ambiental para aislamiento, deberá ser el del aislante a la misma temperatura entre 1660^oF y la temperatura del proceso en condiciones de alivio.

En caso de que no sean recipientes a presión, sino equipos de proceso lo que ha de protegerse contra el fuego, las circunstancias individuales determinarán la elección.

Es necesario de esta manera, conocer y tener una adecuada capacidad de alivio para el manejo del vapor generado sin excedernos de la presión límite del recipiente (120% de la presión de diseño). Una ecuación para determinar el calor por fuego es:

$$Q = 21,000 F A_w^{0.82} \quad \text{Ec. 13}$$

En donde:

Q = Calor absorbido BTU/hr

A_w = Area expuesta al fuego

F = Factor ambiental

Para recipientes lisos = 1

Aislados ■ 1 in(4BTU/hr/ft²/°F)=0.3

2 in(2BTU/hr/ft²/°F)=0.15

4 in(1BTU/hr/ft²/°F)=0.075

Recipientes cubiertos = 0.0

Cubiertos por tierra = 0.03

Cálculo del área expuesta al fuego.

De la observación de varios incendios se determinó que la altura máxima que una flama puede alcanzar es de 7.62 metros a partir de cualquier superficie capaz de sostenerla, por lo tanto para el cálculo del área expuesta al fuego deben seguirse los siguientes criterios:

- 1°. Para cada recipiente horizontal y vertical se comparará la altura del líquido hasta el nivel normal, con 7.62 metros y se considerará el menor de los dos valores.
- 2°. Para torres fraccionadoras además de considerar el líquido contenido en el fondo se deberá evaluar el líquido entre platos, que tengan la posibilidad de ser alcanzados por el fuego, es decir que el área expuesta estará comprendida dentro de una altura de 7.62 metros por encima de la base del fuego.
- 3°. Para recipientes esféricos se comparará la elevación hasta el diámetro mayor, con el valor de referencia de 7.62 metros y se utilizará el menor. El área expuesta al fuego en recipientes verticales se calcula por la si-

guiente ecuación:

$$A = \text{Area del cilindro} + \text{área de la tapa}$$

$$A = \pi d h + 1.305 D^2 \quad \text{Ec. 14}$$

El área expuesta al fuego en recipientes horizontales se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A = [\pi D h + 2(1.305 D^2)] F_{wp} \quad \text{Ec. 15}$$

F_{wp} = Factor perímetro mojado, su valor depende del por ciento en volumen que el líquido ocupa dentro del recipiente. El volumen del líquido dentro del recipiente se determina en función del gasto volumétrico y el tiempo de residencia, mediante la siguiente ecuación:

$$V_L = G_v T \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

G_v = Gastos volumétrico

T = Tiempo de residencia

El volumen del recipiente se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 L \quad \text{Ec. 17}$$

Conocidos ambos volúmenes se determina el por ciento en volumen.

$$\% \text{ Volumen} = \frac{V_L}{V_T} \quad \text{Ec. 18}$$

$$\% \text{Volúmen} = \frac{V_L}{V_T} \quad \text{Ec. 18}$$

Una vez conocido el por ciento en volúmen, el factor perímetro mojado se calcula mediante el uso de la figura 12 apen.

El área expuesta al fuego para recipientes verticales debe ser al menos de 25 pies por encima del nivel de referencia (ó otro en el cual un fuego pueda ser de consecuencias); para recipientes horizontales el máximo diámetro es el que se toma.

* Las válvulas de alivio para dar protección contra fuegos externos, siempre deberán estar localizadas en el punto más alto del recipiente, o al menos por encima del nivel del líquido.

El API da así mismo una ecuación para medidas de válvulas de alivio para recipientes conteniendo sólo gas expuesto a fuego:

$$A = \frac{F^1 A_s}{(P_1)^{1/2}} \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

A = Área de descarga efectiva de la válvula en pulg.²

A_s = Superficie expuesta del recipiente en pies².

$P_1 = (\text{Presión de ajuste} \times 1.20) +$
 presión atmosférica en PSIA

F' = Factor dependiente del gas y
 temperatura (un valor conser-
 vativo es de 0.042)

Para recipientes aislados, el
 valor obtenido por la ecuación
 anterior puede ser modificado
 por un factor ambiental F.

Use los valores dados bajo la
 ecuación

Quizas existen dos casos que son de suma impor-
 tancia al considerar un fuego como causa de so-
 brepresión, los cambiadores de calor enfriados
 por aire y los servicios de condensación de los
 mismos.

En los cambiadores de calor enfriados por aire
 debemos considerar que la coraza y tubos estan
 expuestos al calor en forma directa; ya que el
 aire ambiental que entra produce el enfriamien-
 to, éste se puede calentar, perdiéndose el po-
 der de enfriamiento y condensación de dicho
 sistema.

Para poder calcular la carga de alivio en esta
 caso, se pueden considerar los cambiadores co-

mo recipientes a presión, ya sea usando el área lisa del tubo instalada en el equipo, como base para establecer el área en cuestión. Dicha área es mejor que el área aletada de tubos en los cálculos, ya que la mayoría de las aletas son consumidas por el fuego en los primeros minutos de exposición. Entonces el área lisa de los tubos se puede calcular como sigue:

- a) Condensación sin subenfriamiento. La superficie mojada se considera igual a 0.3 veces el área de tubo lisa (basadas sobre un 30% de la circunferencia mojada por la capa de condensado).
- b) Condensación con subenfriamiento. Trata la sección de condensación igual que en inciso a); para secciones subenfriadas la superficie mojada es igual a la superficie de tubo lisa.
- c) Gas enfriado. Área igual al área de tubo lisa.
- d) Líquido enfriado. Superficie mojada igual a la superficie lisa del tubo.

En los casos de superficies mojadas, el área puede tomarse como un exponente de 1.0 en lugar de 0.82, como se hace para recipientes; el factor ambiental F por aislamiento puede

tomarse como uno.

- **Servicios de Condensación.** Cuando una válvula está relevando por alguna causa y un fuego se presenta, la carga debida al fuego sobre el enfriador de aire se debe sumar al sistema de alivio.

En este caso la máxima presión a la cual el sistema puede estar expuesto es una función del rango de vaporización del material condensado debido al fuego.

Cada caso de acuerdo al tipo específico de equipo deberá estudiarse y tomarse en cuenta al calcular la carga de alivio.

- 4.1.13. Fallas mecánicas de dispositivos de seguridad, mal funcionamiento de equipo de control y fallas manuales de operación.

Es evidente que la falla de una válvula de seguridad o de control automático, o un error manual, afectarán de una u otra forma al equipo, ocasionando sobrepresión de los fluidos contenidos.

Si al seleccionar la válvula, ésta se escoge sin tomar en cuenta la temperatura del proceso en las condiciones de alivio, es probable que los materiales y partes de que está hecha, sufran alteraciones sino son los adecuados. Para aclarar



rar ésto, supongamos el uso de una válvula con resorte de acero al carbón y manejando un fluido a una temperatura superior a 450^oF, en este caso el resorte perderá sus características elasticas y consecuentemente la presión de relevo variará en mayor o menor grado volviendo inútil la válvula (aquí el problema se evitaría con un resorte de acero inoxidable).

Así como éste tipo de fallas en los dispositivos de seguridad, las fallas en equipo de control son factibles y muy importantes a efectos de considerar los problemas en cada caso.

Ya se mencionó que la falla de un equipo con control automático, tal como una válvula de control que abra o cierre no siendo necesario, puede ocasionar sobrepresión. Respecto de errores manuales la situación es similar, el personal operativo por distracción, tensión emocional, sueño etc. puede abrir o cerrar controles en forma errónea y provocar anomalías en el sistema.

- 4.1.14. Reacciones Químicas.- Existen en la industria plantas en las que se efectúan reacciones químicas entre diversos materiales, en ellas la generación de calor en forma exotérmica es común, por lo cual deben existir sistemas que logren -

mantener la temperatura de la reacción en niveles aceptables para el proceso y para la seguridad del mismo. Por ejemplo en los reactores es frecuente tener medios de enfriamiento para controlar la temperatura.

Los riesgos más importantes en una reacción exotérmica son:

1. Aceleración de la reacción con incremento de temperatura y por lo tanto liberación rápida de energía en alto grado.
2. Producción de grandes volúmenes de incondensables (en algunos casos) cuando la temperatura alcanza niveles excesivos.

Bajo estas circunstancias la capacidad de alivio puede no ser adecuada o demasiado pequeña. La Prevención de reacciones no deseables y elevado grado de presión deben ser previstos y tomados en consideración.

Cuando es posible existen métodos para prevenir ésta causa, mediante refrigeración interna, que consiste en añadir al sistema suficiente líquido volátil para absorber el exceso de calor de la reacción. Obviamente esta refrigeración requiere bastante líquido volátil, el cual puede calcularse para la capacidad de alivio. Con la

refrigeración interna se prevén serios problemas de sobrepresión por esta fuente.

→ 4.1.15. Acumulación de incondensables. Otra causa de sobrepresión lo son la generación de incondensados que pueden provenir de reacciones fugaces, fallas de flujo absorbedor, pérdidas de flujo refrigerante etc.

Estos incondensables, pueden incrementar la presión a niveles no recomendables. Esta falla puede ser generada a su vez por otras y por ello es importante considerarla.

4.1.16. Materiales volátiles en el sistema. Otra falla frecuente es la producción de grandes cantidades de materiales volátiles, ya sea por fallas de flujo refrigerante, temperaturas superiores de reacción que faciliten el paso del líquido a vapor. Como ejemplos se tienen agua en aceites calientes, o hidrocarburos calientes. Desafortunadamente casi nunca se conocen estos valores, además de que la expansión en volumen de líquido a vapor es de aproximadamente de 1 a 1400 atmósferas. Aquí los dispositivos de seguridad deben abrir rápidamente para eliminar la sobrepresión.

4.1.17. Explosiones internas (Excluyendo detonación) Estas fallas se ocasionan en mezclas de hidrocarburo

ros-aire.

Se concluye que no hay métodos para poder calcular dispositivos de seguridad contra explosión interna, ya que cada caso deberá ser analizado con mucho cuidado. Esto se debe a que no hay métodos que cubran ampliamente, todas las variables termodinámicas involucradas en esta falla, además de la incertidumbre en determinar los rangos de incrementos en temperatura y presión y la necesidad, de una base para establecer la mezcla de gases presentes.

En general la tendencia es aceptar más los discos de ruptura que las válvulas de alivio para dar protección contra explosión interna. Existen en códigos límites de presión para recipientes, pero éstos, no se pueden aplicar bajo estas circunstancias de extremada rapidez en cambio de presión.

A causa de explosiones internas se llegan a desarrollar altas presiones en recipientes, las cuales están en función de:

1. Presión inicial y composición en el recipiente al tiempo de iniciarse la explosión.
2. Presión de explosión del disco de ruptura a la temperatura de operación.

3. Area del disco de ruptura en relación al volumen del recipiente.

4. Tiempo y dirección de la onda de presión explosiva.

En explosiones de prueba controladas, la presión de explosión máxima potencial para una mezcla de aire-hidrocarburos a temperatura ambiente se ha encontrado como 8 veces la presión inicial en el recipiente antes de la explosión. En resumen la presión máxima puede ser considerablemente mayor, y no estar limitada por el rango de la del disco de ruptura.

Se concluye que la protección dada al equipo estará en función del: Volumen de vapor del recipiente, el área del disco de ruptura y el incremento de presión permitida.

Va que no existe métodos definidos, los cálculos pueden ser hechos, seleccionando los mejores valores para proteger el recipiente, dependiendo solamente del juicio del ingeniero de diseño.

Existen dos sugerencias aprovechables:

1. Diseñar el recipiente para resistir la presión interna por aplicación de un factor de se-

guridad apropiado sobre la presión de operación normal.

2. Un disco de ruptura basado sobre el contenido del volumen del tanque. Para estos casos - un factor de incremento de ocho puede considerarse, y modificar el área de alivio de un pie cuadrado a dos pies cuadrados por cada cien -- pies cúbicos de volumen de vapor.

En el caso de refinerías la regla general es considerar dos pies cuadrados por cada cien pies cúbicos, en mezclas del tipo aire-hidrocarburo. Mientras no se tengan mayores datos, ésta es la mejor recomendación.

4.1.10. Simultaneidad de Fallas. El hecho de considerar que varias fallas ocurren al mismo tiempo, es considerado por el API como una posibilidad remota, ya que se sugiere que en tal caso el control de la falla primaria evita o eliminará las demas. En el caso mencionado de que la corriente eléctrica falle, al alimentar una bomba, puede traer como consecuencia falla de reflujos o de agua de enfriamiento, pero si se cuenta con un reemplazo que trabaje a base de turbina, la eliminación de la falla primaria evitará que las demas ocurran. Esto se podrá lograr acoplando ambas bombas a un sistema automático el cual a falla de la fuente de energía de una, accionará la otra o sea: (Fig 28)

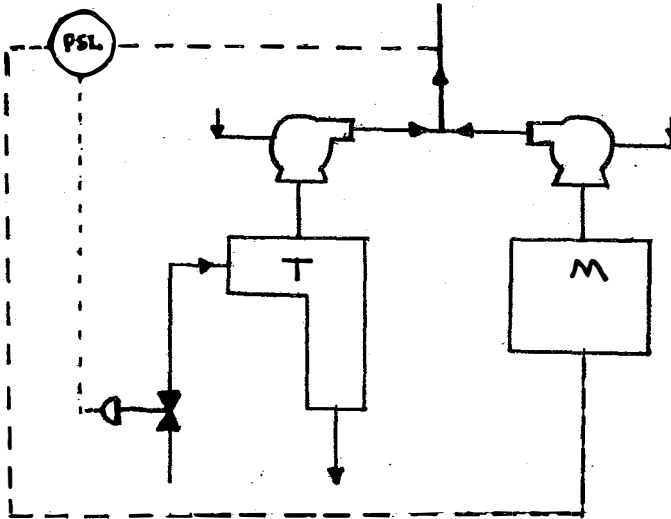


Fig 28

Cierto es que la posibilidad de que fallas simultaneas ocurran es remota, sin embargo es conveniente estar preparado desde el diseño y poder hacer un analisis de las consecuencias que ello traería. Por ejemplo, si tenemos un circuito por dos condensadores en serie, uno de ellos enfriado con aire y el otro con agua como se muestra en la figura (29)

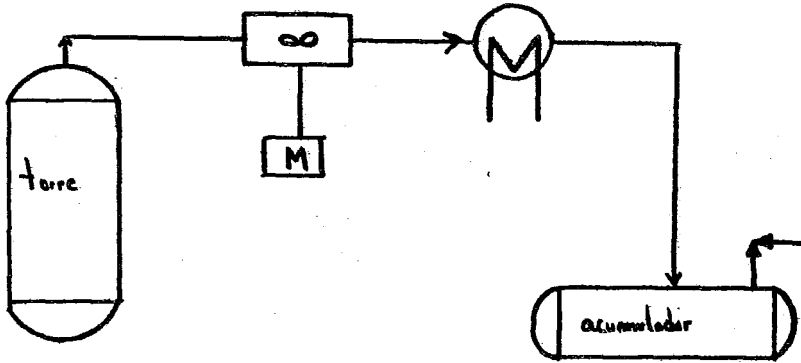


Fig 29

Si ocurre una falla de corriente eléctrica, la parte que es condensada por la primera unidad, pasará hasta el tanque acumulador de reflujo, creando más volumen de vapor del que normalmente recibiría. Esto puede ocasionar sobrepresión, y ser necesario una válvula de seguridad para tal efecto.

Un análisis similar se haría para el caso de la falla de la bomba que alimenta el segundo condensador que trabaja por medio de turbina.

En ambos casos la falla primaria de corriente eléctrica ó vapor crea a su vez, la pérdida de agua de enfriamiento que es necesaria para condensar el vapor en exceso que entra a la torre.

Generalmente la válvula de seguridad se selecciona para la unidad que presenta el mayor volumen de vapor sin condensar, ya que con esto se cubrirá la otra.

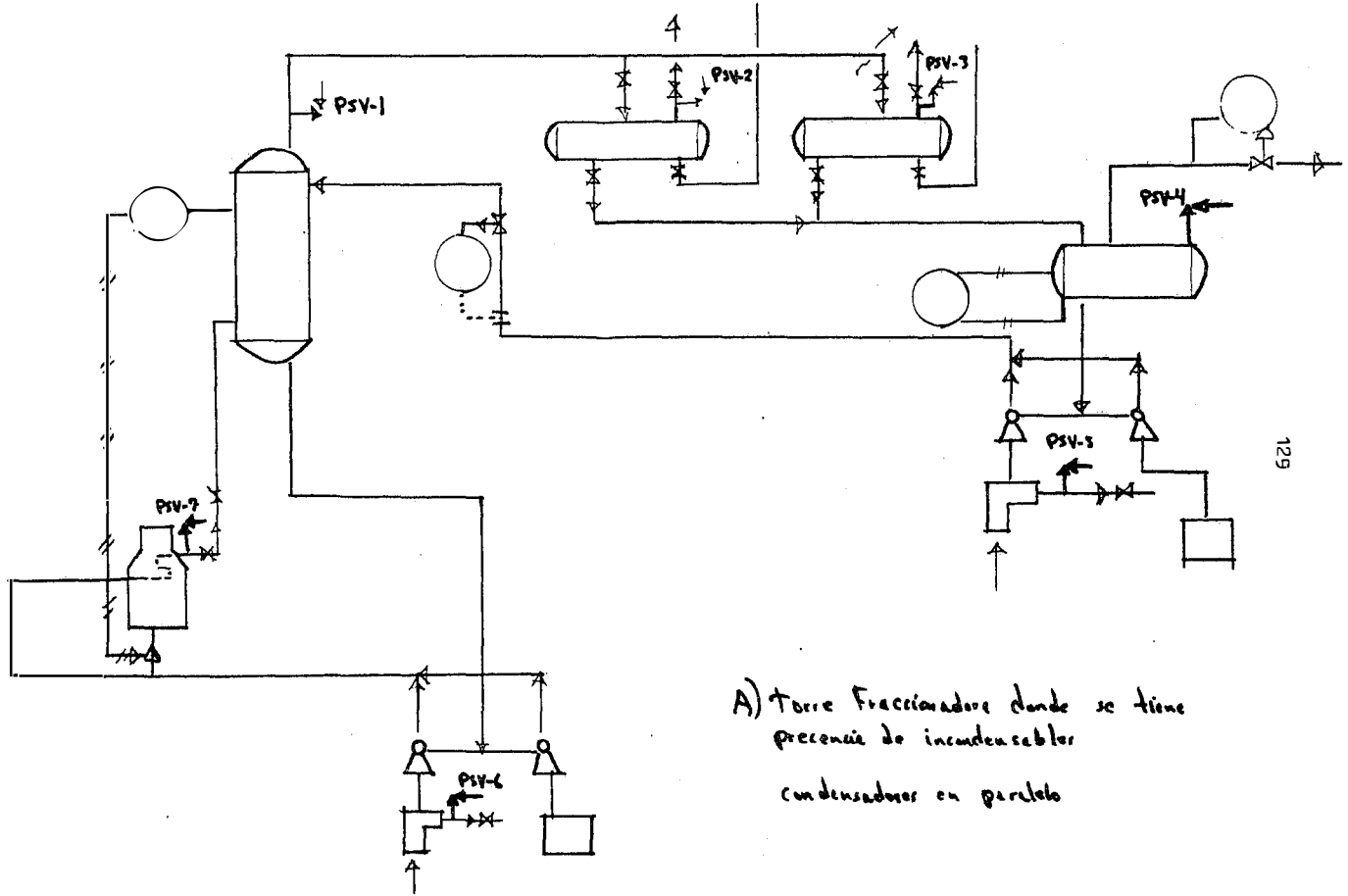
Esta es una excepción en la que sí existe la simultaneidad de fallas, y la cual debemos de analizar con mucho cuidado.

Causas más comunes de Sobre presión para los principales equipos de proceso.

Equipo o Recipiente	Fuego	Ruptura de tubos	Falla de Reflujo	Falla de Agua de Enfriamiento	Falla de Instrumento de Control	Falla de Corriente Eléctrica	Salida Bloqueada	Expansión de Líquido	Liberación Excesiva de Energía
Torre Fracc.	X		X	X		X	X		
Turbina					X		X		
Compresora							X		
Condensador	X	X		X			+++ X		
Rehervidor	X	X		X			+++ X	X	
Recipientes cerrados a presión	X						X		
Intercambiador	X	X					+++ X	X	
Reactores	X						X		X
Bombas Recíproc.							++ X		

++ Viene en paquete al adquirir el equipo

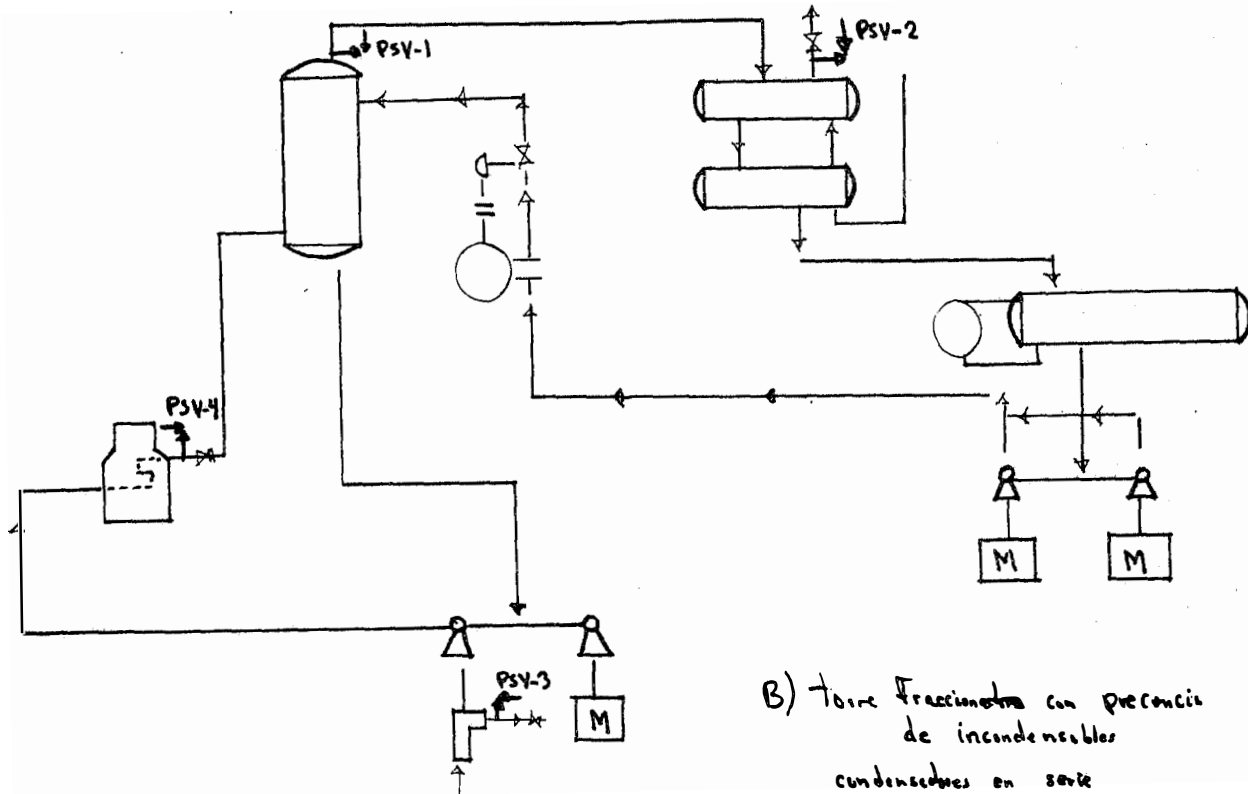
+++ Arreglar en paralelo



A) Torre Fraccionadora donde se tiene presencia de incandescer
condensadores en paralelo

A) Torre Fraccionadora donde se tiene presencia de incondensables

Válvula	Equipo Protejido	Fuego	Rup. de tubos	Fallas de Replajo	Falla de Agua de Exp.	Falla de Instrumento de Control	Falla de Corriente E.	Salida bloqueada	Expansión de Líquido	Liberación Excesiva de Energía
PSV-1	Torre F.	X		X		X		X		
PSV-2	Condensador								X	
PSV-3	Condensador								X	
PSV-4	Acumulador	X				X			X	
PSV-5	Turbina							X		
PSV-6	Turbina							X		
PSV-7	Hervidor							X		

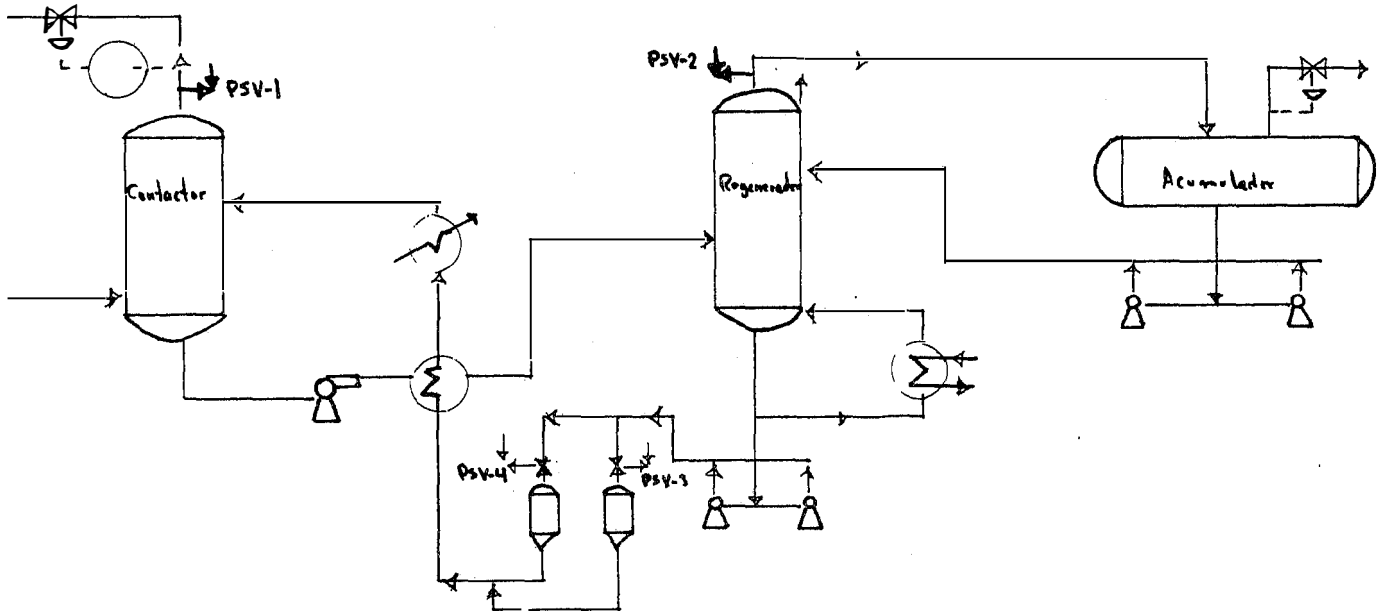


B) Torre Fraccionadora con presencia de incondensables condensables en serie

B) Torre Fraccionadora donde se tiene presencia de incondensibles

Válvula	Equip. Protegido	Fuego	Ruptura de tubos	Falla de Reflujo	Falla agua de Enfría	Falla Instrumento de Control	Fallo de Corriente Eléctrica	Salida Bloqueada	Expansión de Líquido	Libерación excesiva de Energía
PSV-1	Torre	X		X		X	X			
PSV-2	Condensador								X	
PSV-3	Turbina							X		
PSV-4	Hervidor							X		

c) Sistema de Absorción M.E.A - CO₂



c) Sistema de Absorción H.E.A - CO₂

Válvula	Equipo Protegido	Fuego	Ruptura de tubos	Falla de Reflejo	Falla de Agua de Enf.	Falla de Instrumento	Falla de Corriente E.	Salida Bloqueada	Expansión Líquida	Libерación de Energía
PSV-1	Contactador	X				X		X		
PSV-2	Regenerador	X		X	X	X	X	X		
PSV-3	Filtros	X ⁺						X		
PSV-4	Filtros	X ⁺						X		

Si la presión de descarga de la bomba es menor que la presión de diseño de los filtros no se requiere válvula.



4.2. Una vez establecida la causa de sobrepresión y su origen, es necesario describir los demás datos de proceso que se requieren para la elaboración de la hoja de datos. En orden de importancia se hace la siguiente clasificación:

4.2.1. Fluido manejado: Se deberá especificar el estado físico del fluido, dando la capacidad en forma adecuada (líquidos GPM, gases FCPM y vapores Lb-hr).

4.2.2. Peso molecular: El peso molecular del fluido es necesario, ya que en las ecuaciones de cálculo se harán modificaciones en función de este parámetro.

4.2.3. Densidad y Viscosidad: Estos factores son importantes para la selección de la válvula y al igual que el caso anterior existen correcciones por este factor en las ecuaciones de cálculo. (gráficas de apéndice)

4.2.4. Presión de relevo: Este dato es esencial para poder ajustar la válvula de alivio de presión y es igual:

$$\text{Presión de relevo} = \text{Presión de ajuste} + \text{sobrepresión} + \text{presión atmosférica.}$$

La presión de relevo como su nombre lo indica es la presión a la cual la válvula inicia su función de alivio (en PSIG).

4.2.5. Presión de ajuste: Es la presión a la cual debe calibrarse el resorte para empezar a relevar (en PSIG).

4.2.6. Sobrepresión: Es el incremento sobre la presión de ajuste en el dispositivo de alivio, como una consecuencia del aumento de presión en el equipo o recipiente, debido a alguna causa de las mencionadas.

4.2.7. Temperatura de relevo: Es el valor de la temperatura a la presión de relevo en el sistema o equipo. Este dato es importante ya que fijará el tipo de materiales de construcción de la válvula, que soporten estas condiciones sin sufrir deterioro, fatiga o pérdida de la consistencia de la misma.

4.2.8. Contrapresión constante: Es la contrapresión que no cambia apreciablemente bajo cualquier condición de operación, al tiempo que la válvula de alivio está cerrada o abierta. Puede decirse que esta contrapresión es la presión sobre el lado de la descarga de la válvula de alivio.

4.2.9. Contrapresión desarrollada: Se puede entender también como la presión sobre el lado de la descarga de la válvula de alivio, sólo que ésta se desarrolla como un resultado de las condiciones de las líneas exteriores de un cabezal (si es que lo hay) Built-Back pressure. Presión en el cabezal de descarga la cual se desarrolla como un resultado del flujo, después de que la válvula de alivio de presión abre.

Contrapresión superimpuesta. Es la presión en la descarga de un cabezal antes de que la válvula de alivio de presión abra.

4.2.10. Presión de diseño: Es la presión para la cual se diseñó el equipo.

4.2.11. Acumulación: Incremento de presión sobre la máxima presión de trabajo permitida del recipiente durante la descarga a través de la válvula de alivio de presión, expresada como un porcentaje de esa presión, en Lb-pulg₂.

4.2.12. Blowdown: Es la diferencia de presión entre la presión de ajuste y la presión de asiento de una válvula de alivio de presión, expresada como un porcentaje de la presión de ajuste en Lb-pulg₂.

Una vez conocidos todos los datos anteriores y determinada la capacidad de alivio, el paso final es determinar el área de alivio que tendrá el orificio por medio de ecuaciones.

Las capacidades de alivio se determinan en base a la causa de sobrepresión en cada caso, es decir la capacidad requerida por fuego, por pérdida de agua de enfriamiento etc. Conociendo la cantidad y tipo de fluido para relevar por unidad de tiempo, y la presión diferencial a través de la válvula, se determina la medida de la válvula. La selección del tipo (convencional, balanceada etc.) dependerá de la presión máxima super impuesta en el cabezal de alivio, en comparación con la contrapresión desarrollada.

La práctica general cuando se manejan gases o vapores, es calcular la capacidad de la válvula requerida a la máxima presión de trabajo permitida del recipiente y alcanzando su capacidad de llenado de tres a diez por ciento por encima de la presión de diseño (esto dependerá del código aplicado). De esta manera la sobrepresión está referida como una acumulación y está basada sobre un porcentaje de incremento de presión, al tiempo que la válvula empieza a abrir completamente.

Recordemos que la sobrepresión de la que se habla es lo mismo que acumulación, cuando la válvula de alivio es ajustada a la máxima presión de trabajo permitida del recipiente o equipo.

En válvulas para líquidos el rango de capacidad, se alcanza a un valor cercano al 25% de sobrepresión.

En los calculos del tamaño de la válvula para flujo de gases a altas y bajas presiones, debemos recordar que no son aplicables las leyes de los gases perfectos, en determinados rangos y hacer las correcciones al area de flujo para estos casos(factores de compresibilidad dados en el apendice).

Enfatizamos también que la descarga en válvulas de alivio de presión y de seguridad, tomando el flujo en la entrada ó cuello de la boquilla alcanza un valor constante, correspondiente a la presión crítica del fluido para una cierta presión dada. Por ello en estas válvulas el flujo bajo condiciones adiabaticas es directamente proporcional a la presión absoluta.

La capacidad de alivio para el calculo del orificio de la válvula, será aquella que de todas las causas posibles de sobrepresión sea mayor, entendiéndose que la válvula así seleccionada sólo nos protegerá de una falla por sobrepresión, excepto que las demas ocurran en forma inevitable a la primera.

Por ejemplo si el agua de enfriamiento es proporcionada por bomba de motor electrica, es obvio que una falla de potencia puede así mismo causar falla de agua de enfriamiento.

4.3. Calculo del area del orificio de la válvula.

Como se menciona existen ecuaciones desarrolladas para el calculo del area del orificio de la válvula de alivio.

A continuación se da una lista de ecuaciones practicas para tal efecto, dependiendo del estado físico del fluido por relevar:

Líquidos:

La ecuación básica para determinar el area de loa orificios raque-
rida para evacuar la masa que ocasiona la sobrepresión, se obtiene
a partir de la ecuación de Bernoulli y es:

$$A = \frac{Q \sqrt{S}}{27.2 \sqrt{\Delta P}} \quad \text{ec. 20}$$

donde:

A = orificio de la válvula requerida en pulg.²

Q = flujo volumetrico en GPM a la temperatura del fluido

S = gravedad específica a la temperatura del fluido.
(para agua igual a 1)

ΔP = presión de calibración diferencial en PSI
presión de calibración menos contrapresión.
= $P_s - P_b$

Nota.- En caso de que la válvula descargue a la atmosfera $P = P_s$
Esta ecuación se usa para válvulas de alivio para líquidos cuyas
viscosidades de 2000 SSU (Saybolt Second Universal) mínimo, a-
briendo completamente éstas, cuando la presión alcanza $1.25 P_s$
o sea 25 % de sobrepresión. Esta ecuación es apropiada para cal-
cular sobrepresiones en tuberías. (El ASME permite hasta 33 %
de sobrepresión).

Cuando la viscosidad del fluido es menor de 2000 SSU es nace-
sario adicionar un factor de corrección (K_u) a la ecuación ante-
rior, quedando:

$$A = \frac{Q \sqrt{S}}{27.2 \sqrt{\Delta P} K_u} \quad \text{ec. 21}$$

donde:

K_u = factor de corrección por viscosidad que se ob-
tiene de la gráfica (10) del apendice, con

sobrepresiones de 25 %.

Nota.- $K_U = 1$ para viscosidades normales.

Para obtener el factor de corrección por viscosidad, se debe obtener un tamaño de área tentativo antes de K_U . Ejemplo si la viscosidad fuera de 1250 SSU a 100°F , con una capacidad de alivio de 800 GPM, presión de ajuste de 100 PSIG, contrapresión constante de 10 PSIG, 25 % de sobrepresión permitida, presión diferencial P de 90 PSIG, gravedad específica de 0.98 a 100°F y temperatura de alivio de 100°F .

Con estos datos se calcula el área de prueba:

$$A = \frac{V_1 \sqrt{S}}{27.2 \sqrt{\Delta P}} = \frac{800 \sqrt{0.98}}{27.2 \sqrt{90}} = 3.07 \text{ pulg}^2 \quad \text{ec. 22}$$

Con este dato se obtiene de la gráfica (10) el factor de corrección $K_U = 0.955$, con este valor se recalcula el área, empleando la ecuación (21).

Para recipientes a presión con sobrepresiones menores del 25 % de sobrepresión, se usa un factor de corrección (K_p). Si la viscosidad es mayor de 2000 SSU y el número de Reynolds mayor de 2000. La ecuación es:

$$A = \frac{Q \sqrt{S}}{27.2 \sqrt{\Delta P} K_p} \quad \text{ec. 23}$$

donde:

K_p = factor de corrección por capacidad y se obtiene de la gráfica (16) del apéndice.

Nota.- Para sobrepresiones menores al 10 % no se requiere K_p .

$K_p = 1$ a 25 % de sobrepresión.

En los casos de alivio de líquidos viscosos la ecuación (23) se multiplica por $1/K_u$ quedando:

$$A = \frac{Q \sqrt{S}}{27.2 \sqrt{\Delta P} K_p K_u} \quad \text{ec. 24}$$

donde: los parametros de la ecuación (24) están definidos igual que en las ecuaciones precedentes.

Vapores & Gases:

Es importante aclarar que en válvulas para alivio de gases o vapores no se permiten acumulaciones de más del 3 %. Por ello no hay factores de corrección por sobrepresión, y solamente se contemplan por relación de calores específicos (k), coeficientes de descarga del gas (K_b) y por contrapresiones (K_b), la ecuación es la siguiente:

$$A = \frac{W \sqrt{T} z}{C K K_b P \sqrt{M}} \quad \text{ec. 25}$$

donde:

A = area requerida de orificio en pulg.²

W = capacidad requerida de alivio en Lb/hr.

T = temperatura absoluta del fluido a la entrada en grados absolutos.

$$= {}^{\circ}T = {}^{\circ}F + 460$$

M = peso molecular promedio del fluido.

K = coeficiente de descarga dado por cada fabricante, ejemplo 0.975 para IISA.

z = factor de compresibilidad, de la gráfica (6) del apendice.



K_b = factor de corrección de flujo a presiones constantes por encima de las presiones críticas. Se obtiene a partir de la gráfica (15) del apéndice.

C = constante de flujo del gas ó vapor que es función, de la relación de calores específicos $C_p/C_v = k$, se obtiene de la tabla (13) del apéndice, y de no encontrarse se calcula por la ecuación para C y que es:

$$C = 520 \left[k \frac{2}{k+1} \right]^{(k+1)(k-1)/2} \quad \text{ec. 26}$$

Donde:

$$k = C_p/C_v$$

C_p = calor específico a presión constante.

C_v = calor específico a volumen constante.

Para fluidos que contengan dos fases líquido-vapor se han desarrollado las siguientes ecuaciones, que toman en cuenta el tipo de válvula:

Líquidos Saturados (válvulas convencionales)

$$A = A_L + A_S \quad \begin{array}{l} L = \text{líquido} \\ S = \text{vapor} \end{array} \quad \text{ec. 27}$$

o sea

$$A = \frac{Q \sqrt{S}}{27.2 \sqrt{P} K_p K_u} + \frac{W \sqrt{T} \sqrt{Z}}{C K K_b P \sqrt{M}} \quad \text{ec. 28}$$

Líquidos Saturados (válvulas de fuelle balanceado)

$$A = A_1 + A_S \quad \text{ec. 29}$$

$$A = \frac{Q \sqrt{S}}{27.2 \sqrt{\Delta P} K_p K_w} + \frac{W \sqrt{T} \sqrt{Z}}{C K K_v P \sqrt{M}} \quad \text{ec. 30}$$

donde:

K_w se obtiene de la gráfica (15) del apéndice, y es el factor de corrección por tamaño de contrapresión

K_v se obtiene de la gráfica (14) del apéndice, y es el factor de corrección por tamaño de contrapresión

Vapor Saturado y Sobrecalentado;

Para este caso la ecuación correspondiente es:

$$A = \frac{W_s}{51.5 K P K_b K_{sh}} \quad \text{ec. 31}$$

donde:

A = área requerida de orificio en pulg.²

W_s = capacidad requerida de vapor en Lb/hr.

K = coeficiente de descarga dado por cada fabricante, en el caso de IISA es 0.975

P = Presión absoluta de calibración en PSI, igual a presión de calibración mas sobrepresión mas 14.7
 $= P_s + P_o + 14.7$

K_b = como se definió antes.

K_{sh} = factor de corrección por sobrecalentamiento se obtiene de tabla (22).

Nota.- $K_b = 1$ cuando la contrapresión es menor del 55 % de la presión absoluta de relevo.

$K_{sh} = 1$ para vapor saturado.

Vapores ó Gases en S.C.F.M.

Si la capacidad requerida de alivio esta en función del gasto volumétrico, la ecuación es:

$$A = \frac{V \sqrt{S} \sqrt{T} \sqrt{z}}{1.175 C K P K_b} \quad \text{ec. 32}$$

donde:

A = área requerida de orificio en pulg.²

V = capacidad requerida de alivio en S.C.F.M.

S = gravedad específica (aire= 1)

T = temperatura absoluta de entrada.

$$= {}^{\circ}\text{F} + 460$$

z = factor de compresibilidad, se obtiene de la gráfica (6) del apéndice.

C = Constante de flujo de gas ó vapor, como se definió anteriormente.

K = coeficiente de descarga dado por cada fabricante, ejemplo 0.975 para IISA.

P = presión absoluta de calibración, como se definió anteriormente.

K_b = factor de corrección, como se definió anteriormente.

Para aire en S.C.F.M.

$$A = \frac{V_a \sqrt{T}}{4.18 K P K_b} \quad \text{ec. 33}$$

donde:

V_a = capacidad de desalajo de aire requerida en S.C.F.M.

T, K, P y K_b como se definieron anteriormente.

4.4. Determinación de las contrapresiones en las líneas de venteo.

Como se menciona en párrafos precedentes la contrapresión es factor que determina el tipo de válvula y el tamaño del orificio, por lo que es necesario estudiar sus posibles variaciones a fin de establecer, el valor máximo de la misma. Cuando las variaciones del rango de 0 al 10 % se utilizan válvulas convencionales, mientras que entre el 30 al 40 % se emplean válvulas de fuelle balanceado.

Para calcular las contrapresiones se requiere determinar el diámetro del cabezal, y una vez encontrado este, se procederá a calcular el perfil de contrapresiones en función de las válvulas que releven en forma simultánea, aplicando las ecuaciones indicadas en párrafos posteriores.

Dimensionamiento del cabezal de desfoque. En el dimensionamiento del cabezal se busca utilizar un diámetro tal que no produzca mas caída de presión que la disponible y que no sea mayor de lo necesario para reducir su costo.

Las consideraciones básicas para determinar los tamaños de los ramales y el cabezal principal son:

- a) La capacidad máxima requerida de vapor a relevar.
- b) Máxima contrapresión permitida.
- c) Tipo de válvulas empleadas.
- d) Paso molecular promedio.
- e) Longitud del tubo.
- f) Temperatura
- g) Viscosidad.

a) La capacidad máxima de descarga esta basada en el grupo de válvulas que han de relevar en forma simultanea. Esto puede suceder por las siguientes causas: fuego total ó localizado, falla de agua de enfriamiento y falla de energía eléctrica.

b) La máxima contrapresión permisible en el cabezal se establece de acuerdo a la presión de relevo mas baja. Cuando a un cabezal se integran válvulas que releven a baja presión y válvulas que releven a alta presión, el valor de la contrapresión esta determinado por la válvula de mas baja presión de relevo.

En ocasiones es conveniente separar las válvulas de alta presión de las válvulas de baja presión, enviando las descargas de cada una de ellas a un cabezal diferente. El límite de presión tomado para efectuar esta separación depende de las presiones de relevo y el número de válvulas involucradas y el costo.

Es necesario probar con varios límites a fin de encontrar aquel que conduzca a un mínimo costo.

c) Tipo de válvulas empleado. La selección del tipo de válvula estará en función de la contrapresión, es decir, si es constante la válvula será convencional y para valores diferentes de fuelle balanceado.

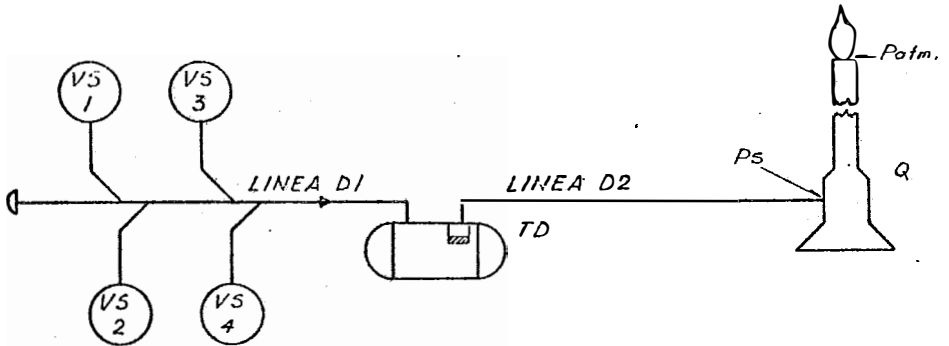
d) El peso del fluido deberá obtenerse como un promedio de los tipos de materiales presentes, y considerar el porcentaje de cada uno. Así se tendrá un peso molecular pro-

medio.

- e) La longitud del tubo se obtiene determinado el diámetro de cabezal empezando por el final del mismo en el quemador y corriente arriba.
- f) y g) son datos que se obtienen del proceso y dependen del flujo por relevar.

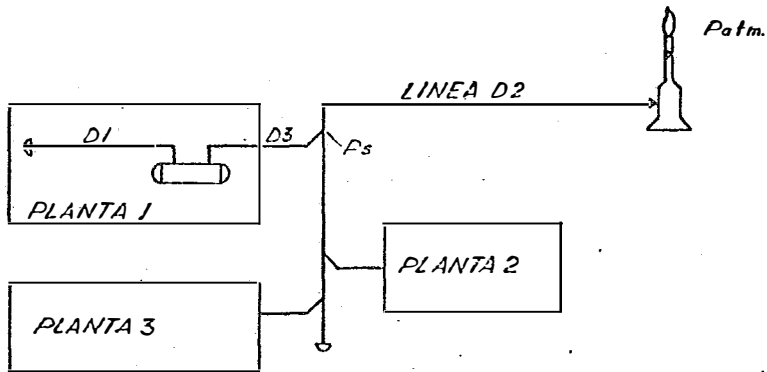
4.5. Determinación de la presión de descarga del sistema. El sistema de válvulas que protege a varios equipos o recipientes puede descargar hacia el quemador de relevo en el cual la presión es atmosférica, o puede integrarse a un cabezal común a una determinada presión.

Descarga hacia el quemador (diagrama auxiliar)



En la punta del quemador existe presión atmosférica, dentro del mismo la caída de presión es aproximadamente 3 Lb/pulg^2 , cuando está bien diseñado. Entónces es recomendable tomar la base del quemador como presión de salida final.

Descarga hacia un cabezal general (diagrama auxiliar)



En este caso para la planta 1 es recomendable tomar el punto P_s como base para el cálculo de cabezales dentro de la planta, el cálculo de la línea D_2 se lleva a cabo con un valor de P_s igual a 3 Lb/pulg.^2 como en el caso anterior.

4.6. Métodos de cálculo. Consta de una aproximación al diámetro por medio del método API, y la comprobación por Conison.

Método API:

1.0 Suposición de un diámetro inicial.

1.1 Se supone un diámetro y se determina de tablas:

D = diámetro interior en pulgadas.

A = área interior en pies^2

2.0 Determinar la caída de presión disponible.

$$P_1 = P_B - P_{s_1}$$

$$\text{con } P_B = (P_{\text{ajuste mínima}}) (0.5) - 15 \text{ Lb/pulg}_2$$

3.0 Cálculo de la caída de presión en el cabezal o tramo de tubería.

3.1 Reynolds

$$Re = \frac{d w t}{\mu A}$$

3.2 Factor de fricción de Darcy

$$f_D = 0.0035 + \frac{0.264}{0.42}$$

3.3 Velocidad de flujo

$$V_1 = \frac{W t}{3600 \rho A} \quad \text{pie/seg.}$$

3.4 Longitud total

$$L_t = L_{tr} + \frac{No \text{ acc } \left(\frac{L}{D^5} \right) D}{12} \quad \text{pies}$$

3.5 Caída de presión estandar.

$$\Delta P_E = \frac{f_D f_o L_t V_1^2}{2 g d 144} \quad \text{Lb/pul}^2$$

4.0 Cálculo del factor de corrección por energía cinética

4.1 Relación de presiones

$$\frac{\Delta PE}{P_1}$$

Si este valor es mayor de 0.5 de antemano se sabe que el diámetro es incorrecto y deben repetirse todos los pasos anteriores con un diámetro mayor. Si este valor es menor de 0.5 se sigue adelante.

4.2 Constante o parámetro de Frier

$$K = \frac{5.594 \times 10^{-7} w_t^2}{D^4 p_1 \beta_1}$$

4.3 Factor de corrección

A partir de la gráfica del apéndice () y con los valores de K_f y $\Delta P_E/p_1$ se obtiene el valor de C_k .

5.0 Corrección de la caída de presión.

$$\Delta P_c = \Delta P_E C_k \quad \text{Lb/pulg}^2$$

Si la caída de presión corregida es mayor que la caída de presión disponible, el diámetro supuesto es incorrecto y deberá aumentarse el diámetro y repetir los pasos. Cuando la caída de presión corregida es menor o igual a la caída de presión, el diámetro está correcto.

Método de Conison:

1.0 Suposición de un diámetro.

Si el cálculo se inició mediante el método API, aquí se anotan los datos correspondientes al diámetro que haya resultado. De lo contrario se supone un diámetro.

Con el diámetro en tablas leen:

D = diámetro interior en pulgadas

A = área interior en pies²

2.0 Cheques de flujo crítico

Calcular

$$P_t = \frac{W_t}{D^2 \cdot 11400} \left[\frac{RT}{K(K+1)} \right]^{0.5}$$

Si el valor P_t resulta menor que la presión de salida de acuerdo al sistema, no existe flujo crítico, y se toma la presión de salida encontrada como base para encontrar la caída de presión disponible.

Si el valor P_t resulta mayor que la presión de salida supuesta, se tiene flujo crítico y se toma el valor P_t como base para encontrar la caída de presión disponible.

2.1. Presión de salida

$$P_2 = (P_s + atm) \cdot 144 = \text{Lb/pie}^2 \text{ abs.}$$

3.0 Cálculo de densidad y volumen específico a las condiciones de salida.

$$3.1 \text{ Densidad } \rho_2 = \frac{PMm P_2}{RT_2} \quad \text{Lb/pie}^3$$

$$T_2 = T_1 \quad (\text{se supuso isotérmico})$$

3.2 Volumen específico

$$V_2 = \frac{1}{\rho_2} \quad \text{pie}^3/\text{lb}$$

3.3 Velocidad de flujo a la salida

$$V_2 = \frac{W_t}{3600 \rho_2 A} \quad \text{pie/seg.}$$

4.0 Cálculo de la caída de presión

4.1 Reynolds

$$Re = \frac{d W_t}{\mu A}$$

4.2 Factor de presión

$$F_d = 0.0035 + \frac{0.264}{Re^{0.42}}$$

4.3 La presión en el punto inicial es:

$$P_1 = \left[P_2^2 + \frac{V_2^2 P_2}{g V_2} \left(\frac{F_d L_t}{d} + \frac{2 \ln V_2}{V_1} \right) \right]^{0.5}$$

4.4 Conversión de la presión inicial

$$P_1 = \frac{P_1}{144} \quad \text{Lb/pul}^2 \quad \text{abs}$$

4.5 Caída de presión calculada

$$\Delta P_c = P_1 - P_2 \quad \text{lb/pul}^2$$

Nuevamente, si $\Delta P_c > \Delta P$ disponible, el diámetro debe ser mayor y recalcularse.

Si $\Delta P_c \leq \Delta P$ disponible, el diámetro es correcto.

Método rápido por medio de Nomogramas

Normalmente los métodos tradicionales del A.P.I. y de

Conison (16) son iterativas, y demasiado tediosos, en ellos se suponen diámetros y por procedimiento de prueba y error se logra determinar el diámetro correcto del cabezal.

Aprovechando las ecuaciones ya desarrolladas en estos métodos se logró un modelo que no deja de ser iterativo pero que reduce considerablemente el tiempo de cálculo para el diámetro del cabezal.

Nota.- Este método gráfico que se describirá tiene como única finalidad analizar las posibles variaciones de contrapresiones y no para cálculos exactos.

Para cálculos exactos se recurre a métodos numéricos mediante computadoras.

El modelo consiste en graficar las ecuaciones isotermicas de Conison y de presiones críticas de Crocker.

La mecánica es la siguiente:

1. Obtengase las propiedades del fluido y dimensiones del sistema, que son gravedad específica (con respecto al aire); longitud del tubo en pies, temperatura en $^{\circ}\text{F}$ y $^{\circ}\text{R}$ (a las condiciones de alivio a la salida de la válvula) y por último supongase un diámetro ϕ en pulgadas.
2. Obtengase la presión crítica P_t de la figura 1 y corrigirse para las condiciones de flujo reales.

$$P_t (\text{corr}) = \sqrt{\frac{0.6}{\text{grav. especific.}} \cdot \frac{T}{520} \cdot \frac{2.92}{K+K^2}} \times P_t (\text{graf})$$

$$= P_t (\text{graf}) \times A \times B \times C$$

$$\text{donde } A = \sqrt{0.6/\text{grav. especific.}} \quad , \quad B = \sqrt{T/520}$$

$$\text{y } C = \sqrt{2.92 / (K + K^2)}$$

Si el flujo del gas está dado en términos de gasto volumétrico, por medio de su gravedad específica y la fig. 2 obtengase su gasto en masa y luego use la fig. 1.

3. Defina la presión P_2 corriente arriba por una de las siguientes condiciones:

P_2 = Presión atmosférica, si P_t (correg) < presión atmosférica.

P_2 = P_t (correg), si P_t (correg) > Presión atmosférica.

P_2 = Presión en la descarga del recipiente receptor si > P_t (corre) o presión atmosférica.

4. Obtenga K como una función del flujo del gas de la figura 3 y corrija para las condiciones reales del gas:

$$K(\text{correg}) = K(\text{graf}) \left(\frac{0.6}{\text{grav. especific.}} \right) \left(\frac{T}{520} \right) \left(\frac{14.7}{P_2} \right)^2 \left(\frac{10.25}{\phi} \right)^4$$

5. Calcular $1/k(\text{correg})$.
6. Obtengase valores para $12 f l / 2 \phi^5$ de la figura 5 adicione el valor de $1/k(\text{correg})$ a este factor.
7. Obtenga la relación de presiones P_1/P_2 de la figura 4 por medio del valor obtenido del paso 6. para

$$\left[\frac{1}{K(\text{correg})} + \frac{12 FL}{2 \rho_i} \right]$$

y el valor del parametro $1/K(\text{correg})$

8. Determine el valor de P_1 de la relación P_1/P_2 obtenida en 7. y del valor P_2 del paso 3.
9. Si P_1 no es satisfactoria, suponga un nuevo valor de ρ_i y recalculé.
10. La gráfica para $12 FL/2\rho_i$ fué hecha considerando flujos desarrollados completamente, el número de Reynolds para el valor final de ρ_i deberá verificarse para flujo turbulento $N_{RE} = 6.31 u/\rho_i \mu$. El número de Reynolds deberá estar entre 2,100 y 10,000 preferentemente.

Glosario de Términos

VALVULA DE SEGURIDAD: Es un dispositivo de alivio de presión automática, que actúa por la presión estática arriba de la válvula, y caracterizada por una rápida y completa abertura o acción explosiva. Es usada para vapor o gas.

VALVULA DE ALIVIO: Es un dispositivo de alivio de presión automática que actúa la presión estática arriba de la válvula, la cual abre en proporción al incremento en la presión sobre la presión de abertura. Es usada principalmente para servicios de líquido.

VALVULA DE ALIVIO DE SEGURIDAD: Dispositivo de alivio que actúa por una presión automática proporcionando el uso de válvula de alivio o de presión, dependiendo de la aplicación.

VALVULA DE ALIVIO DE PRESION: Término genérico aplicado a válvulas de alivio, válvulas de seguridad y válvulas de alivio de seguridad.

PRESION DE AJUSTE O CALIBRACION:

1. Servicios de líquidos: En una válvula de alivio de seguridad o de alivio sobre servicios de líquido, la presión de ajuste en Lb/pulg.² es considerada la presión de entrada a la cual la válvula empieza a descargar bajo condiciones de servicio.
2. Servicio de Gas o Vapor: En una válvula de alivio de seguridad o de alivio sobre un gas o vapor, la presión de ajuste en Lb/pulg.², es considerada la presión de entrada a la cual la válvula abre bajo condiciones de servicio.

PRESION DIFERENCIAL DE AJUSTE:

La presión diferencial en Lb/pulg^2 entre la presión de ajuste y la contra-presión constante superimpuesto. Es aplicable sólo cuando se usa una válvula de tipo convencional en servicios de contra-presión superimpuesta constante.

PRESION DIFERENCIAL DE PRUEBA FRIA: La presión, en Lb/pulg^2 a la cual la válvula es ajustada a abrir sobre una prueba standar. Esta presión de prueba diferencial fría, incluye las correcciones para condiciones de servicio de contra-presión y/o temperatura.

PRESION DE OPERACION: La presión de operación de un recipiente es la presión, en Lb/pulg^2 a la cual el recipiente está generalmente sujeta en servicio. Un recipiente es generalmente diseñado para una máxima presión de trabajo permitida en Lb/pulg^2 a la cual se proporciona un margen por encima de la presión de operación en orden de preveer cualquier operación indeseable del dispositivo de alivio. (Es supuesto que este margen será tan grande como sea posible y consistente con la economía del recipiente y otros diseños del equipo.

MAXIMA PRESION DE TRABAJO PERMITIDA: Depende del tipo de material, su espesor, y condiciones de servicio para el diseño.

El recipiente puede no estar operando por encima de esta presión o su equivalente a cualquier temperatura u otra que se use en el diseño. Es la presión superior a la cual la válvula de alivio de

presión primèramente es ajustada para abrir.

SOBRE-PRESION: Incremento de presión sobre la presión de ajuste del dispositivo de alivio primario que se sobre-presiona. Es lo mismo que acumulación sólo cuando el dispositivo de alivio está ajustado a la máxima presión de trabajo permitida del recipiente o equipo.

ACUMULACION: Incremento de la presión sobre la máxima presión de trabajo permitido del recipiente durante descarga a través de la válvula de alivio de presión, expresada como un porcentaje de esta presión en Lb/pulg².

BLOWDOWN: Es la diferencia entre la presión de ajuste y la presión de asiento de la válvula de alivio de presión, expresada como un porcentaje de la presión de ajuste en Lb/pulg².

LIFT (alza o liberación de presión): La elevación del disco de la válvula en una válvula de alivio de presión.

CONTRA-PRESION: Presión sobre el lado de la descarga de una válvula de alivio de presión.

1. Contra-presión constante: Contra-presión a la cual no hay cambio apreciable bajo cualquier condición de operación mientras la válvula de alivio de presión está cerrada o abierta.
2. Contra-presión variable: Contra-presión a la cual se desarrolla como un resultado de las condiciones abajo de la línea de salida.

- a) Contra-presión: Es la presión en el cabezal de descarga la cual se desarrolla como un resultado del flujo después de abrir la válvula de alivio de presión.
- b) Contra-presión Superimpuesta: Es la presión en el cabezal de descarga antes de que la válvula de alivio de presión abra.

DISCO DE RUPTURA: Dispositivo de seguridad formado por dos soportes metálicos, que contienen entre ambos un disco de material flexible, que se romperá a determinada presión al estar colocado en un equipo a presión.

ALIVIO, DESFOGUE, DESALOJO O RELEVO: Término para denotar la liberación de material a presión dentro de un recipiente o equipo.

PRESION DE RUPTURA: Aplicable sólo a los discos de ruptura, como su nombre lo indica es la presión máxima que puede soportar el disco al romperse.

PRESION DE EXPLOSION: Aplicable a discos y válvulas de seguridad es la presión a la cual un disco o válvulas de seguridad empieza a relevar.

RELAY (relevo): Equivalente a alivio.

Hoja de Datos
 Cálculos para el área del orificio de la válvula

PSY-
 No. de válvula

Equipo protegido (o recipiente): _____
 Presión de diseño _____ PSIG; Presión de alivio _____ PSIG; Acumulación _____ %
 Contra presión constante _____ PSIG; Contra presión variable _____ PSIG (Máxima)
 Presión de ajuste del resorte _____ PSIG; tipo de válvula Convencional () Fuelle ()
 Fluido _____ vapor (); líquido P.M. _____ Grav. Especif. _____ Z _____
 Temperatura de operación _____ °F; Temperatura alivio _____ °F
 Requerimientos especiales: _____

Datos de cálculo - Capacidades de alivio requeridas

- | | | | |
|---|----------------------------|---|----------------------------|
| Condición | | Condición | |
| <input type="checkbox"/> Fuego | _____ Lb/hr () G.P.M. () | <input type="checkbox"/> Pérdida E. Eléctrica | _____ Lb/hr () G.P.M. () |
| <input type="checkbox"/> Salida bloqueada | _____ Lb/hr () G.P.M. () | <input type="checkbox"/> Pérdida agua Enf. | _____ Lb/hr () G.P.M. () |
| <input type="checkbox"/> Falla en tubería | _____ Lb/hr () G.P.M. () | <input type="checkbox"/> Pérdida de reflujo | _____ Lb/hr () G.P.M. () |
| <input type="checkbox"/> Falla de control | _____ Lb/hr () G.P.M. () | <input type="checkbox"/> Expansión de líquido | _____ Lb/hr () G.P.M. () |

Indicar la máxima capacidad requerida utilizada en el cálculo.

Área requerida

Ecuaciones usadas:

líquido

Gas

Área requerida

tipo de orificio seleccionado

Materiales de la válvula: (Según condiciones de alivio)

cubierta: _____

cuerpo: _____

tapa: _____

A P E N D I C E

Contenido

- Tabla de materiales de construcción más empleados para el cuerpo de la válvula. Tabla 1.
- Gráfica para obtener P_t presión crítica, para determinar el diámetro del cabezal por el método de nomograma. Fig. 1.
- Gráfica para obtener el gasto masa, para determinar el diámetro del cabezal por el método de nomograma. Fig. 2.
- Gráficas para obtener las relaciones de presiones P_1/P_2 para determinar el diámetro del cabezal por el método de nomograma. Fig. 3 y Fig. 4
- Gráfica para obtener el valor $12f1/2 \text{ } \emptyset \text{ } 1$ para determinar el diámetro del cabezal por el método del nomograma. Fig. 5
- Gráfica para obtener Z (factor de compresibilidad para gases en función de presión reducida y temperatura reducida). Fig. 6 y Fig. 7
- Gráficas para obtener la capacidad de bridas para diversos materiales. Fig. 8 y Fig. 9
- Gráfica para obtener el factor de corrección K_v por viscosidad. Fig. 10
- Gráfica para determinar la corriente generada en líneas de tubos donde fluyen hidrocarburos. Fig. 11.
- Gráfica para determinar el factor de perímetro mojado. Fig. 12.
- Gráficas para determinar los factores de corrección de temperaturas K_t , calor específico K_c , peso molecular K_m , gravedad específica, relación de calores específicos C. Fig. 13.

- Gráficas para obtener el factor de corrección de contrapresión K_v al 10 y 20% de sobrepresión en válvulas de fuelle balanceado. Fig. 14
- Gráficas para obtener el factor de corrección de contrapresión K_b y K_w en válvulas convencionales y de fuelle balanceado. Fig. 15
- Gráfica para determinar el factor de corrección K_p en válvulas convencionales y de fuelle balanceado. Fig. 16
- Gráfica y tablas para obtener la constante C , y pesos moleculares de gases y vapores. Fig. 17, 18 y 19
- Tabla para determinar los componentes de las aleaciones más comunes. Fig. 20
- Tabla para conversiones de unidades de presión. Fig. 21
- Gráfica para determinar el factor de corrección K_{sh} por sobrecalentamiento. Fig. 22
- Gráfica para determinar el valor C_k . Fig. 23

T A B L A 1

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.

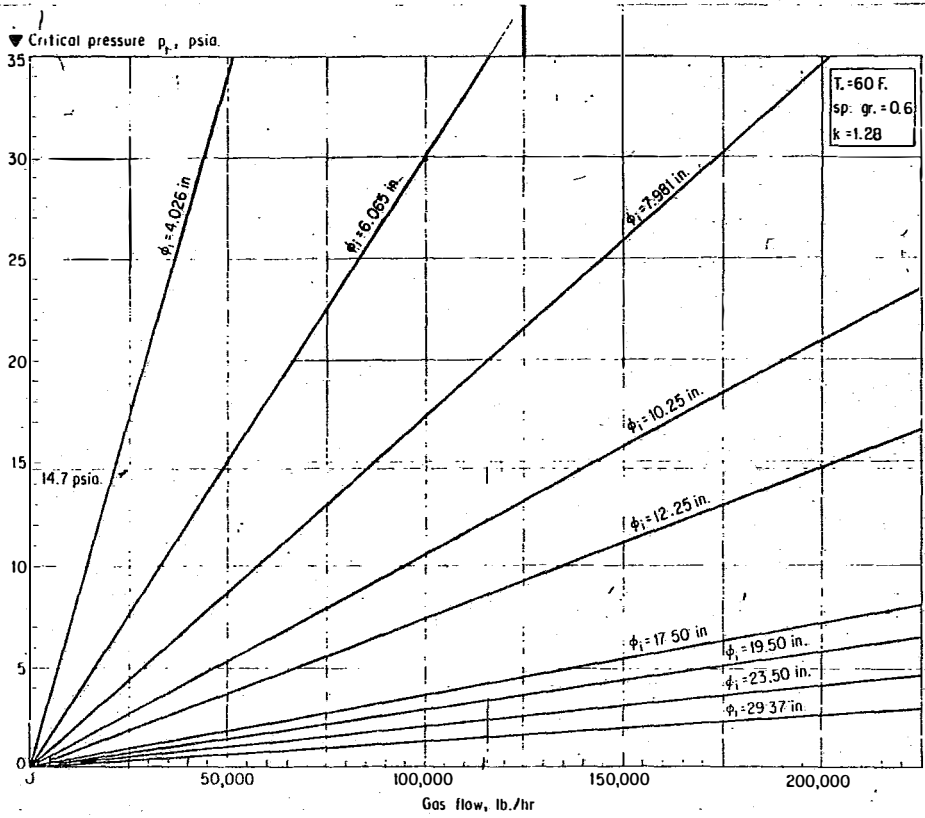


FIG. 1

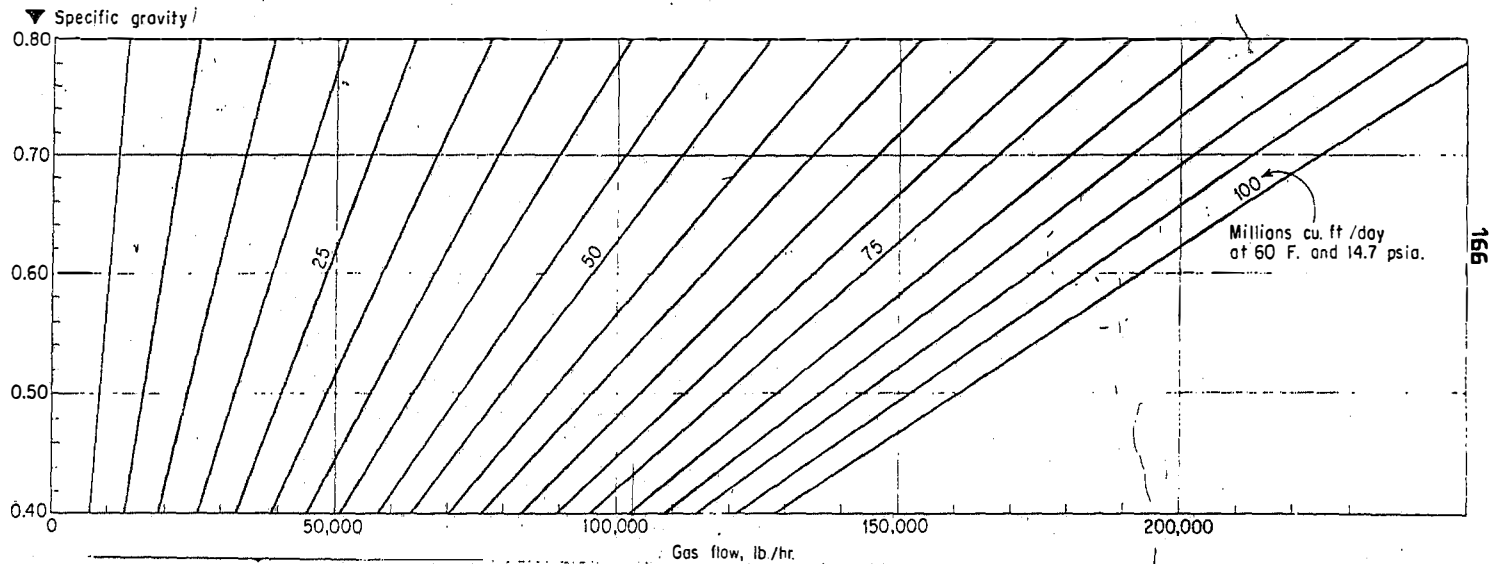


FIG. 2

Conditions for Figs. 3 & 4:

$$K = 2 v_2^2 / g v_2 p_2$$

sp. gr. = 0.60

$p_2 = 14.7$ psi.

T = 60 F.

$\phi_1 = 10$ 25 in.

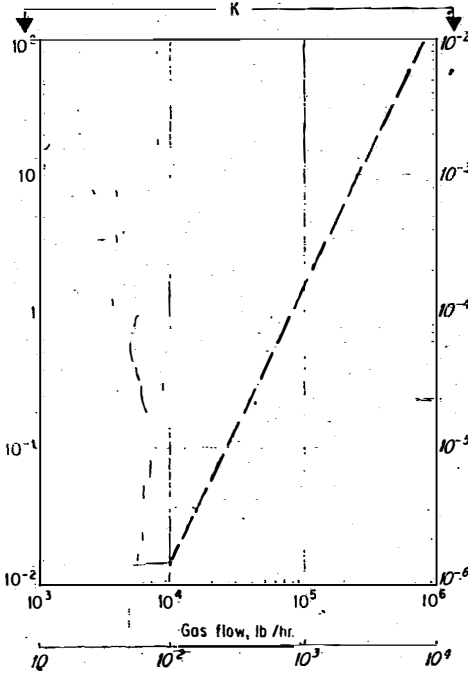


FIG 3 y

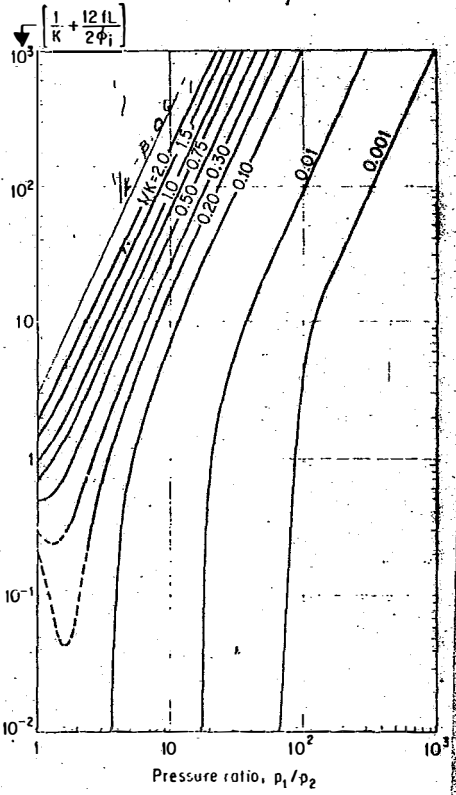


FIG 4

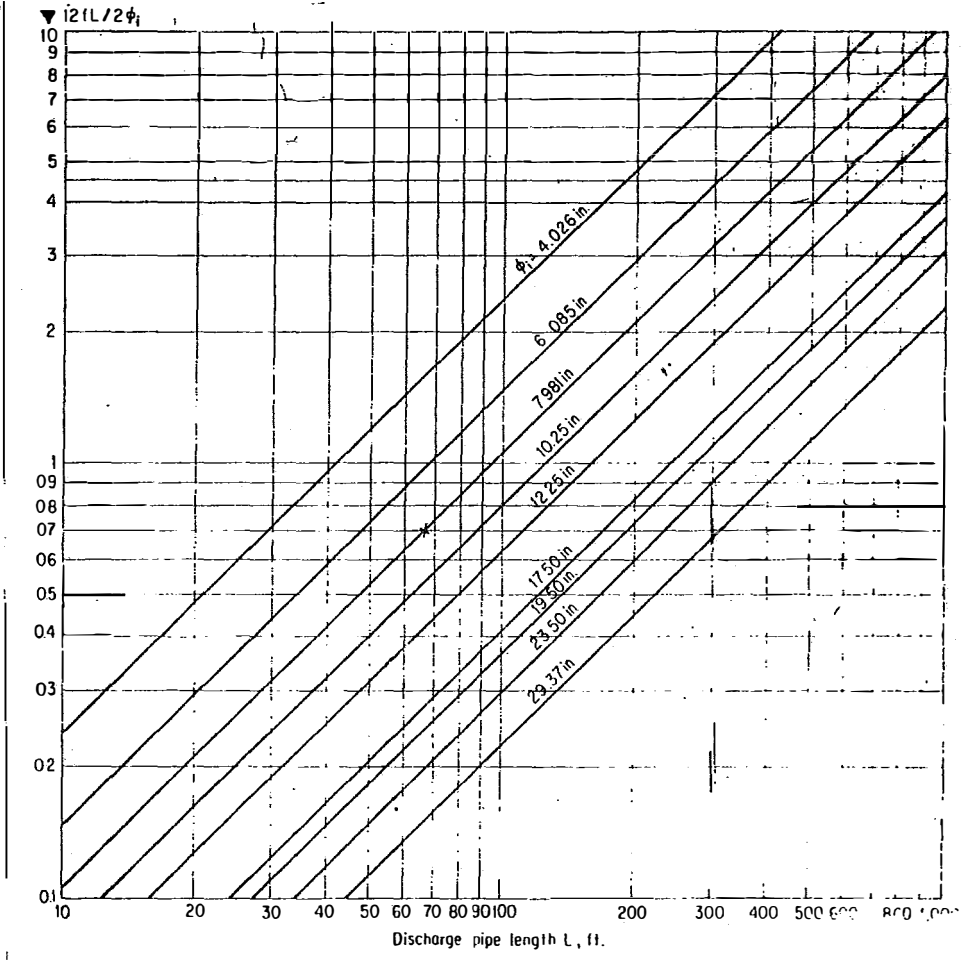


FIG. 5

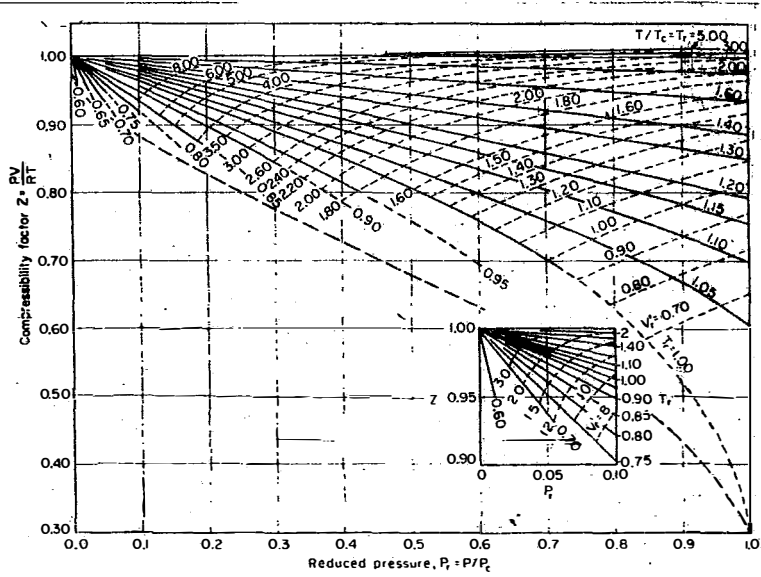


FIG. 3-32a- Generalized compressibility charts.

$$\frac{V}{RT_c P_c} = \frac{Z T_c}{P_c P_r} = \frac{Z T_c}{P}$$

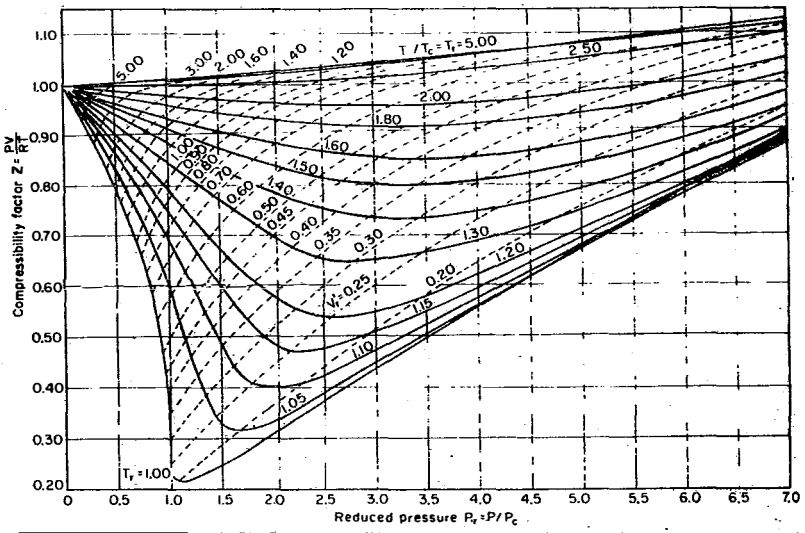


FIG. 6

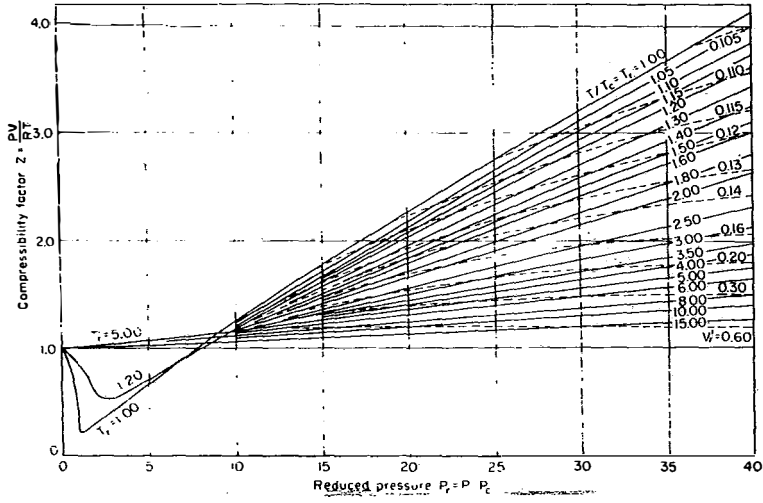


FIG. 7

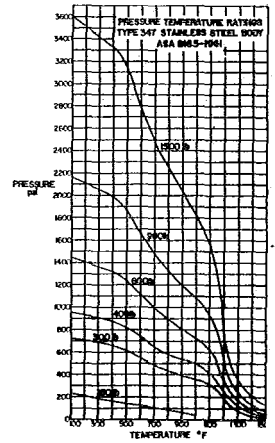
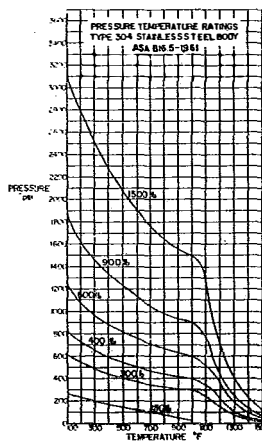
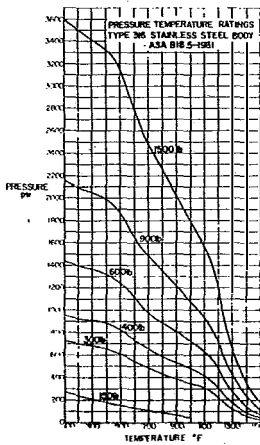
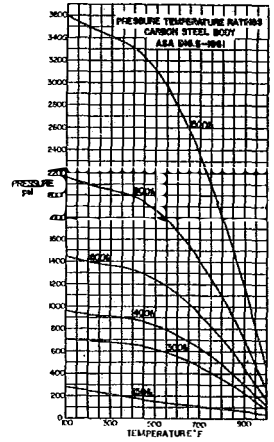
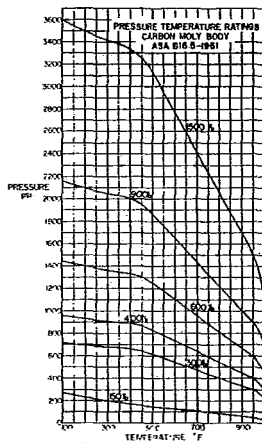
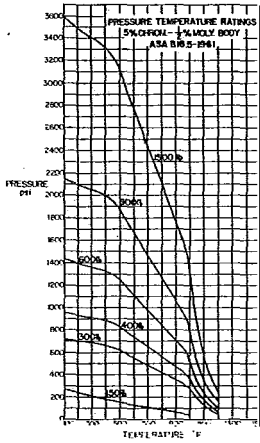


FIG. 8

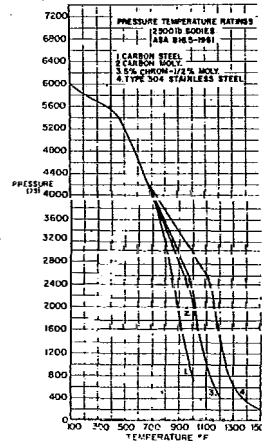
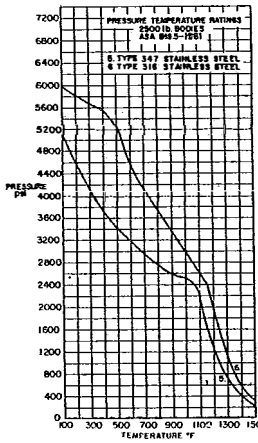
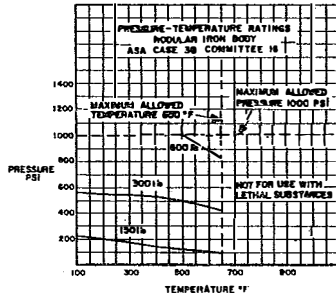


FIG. 9

Viscosity Correction Chart

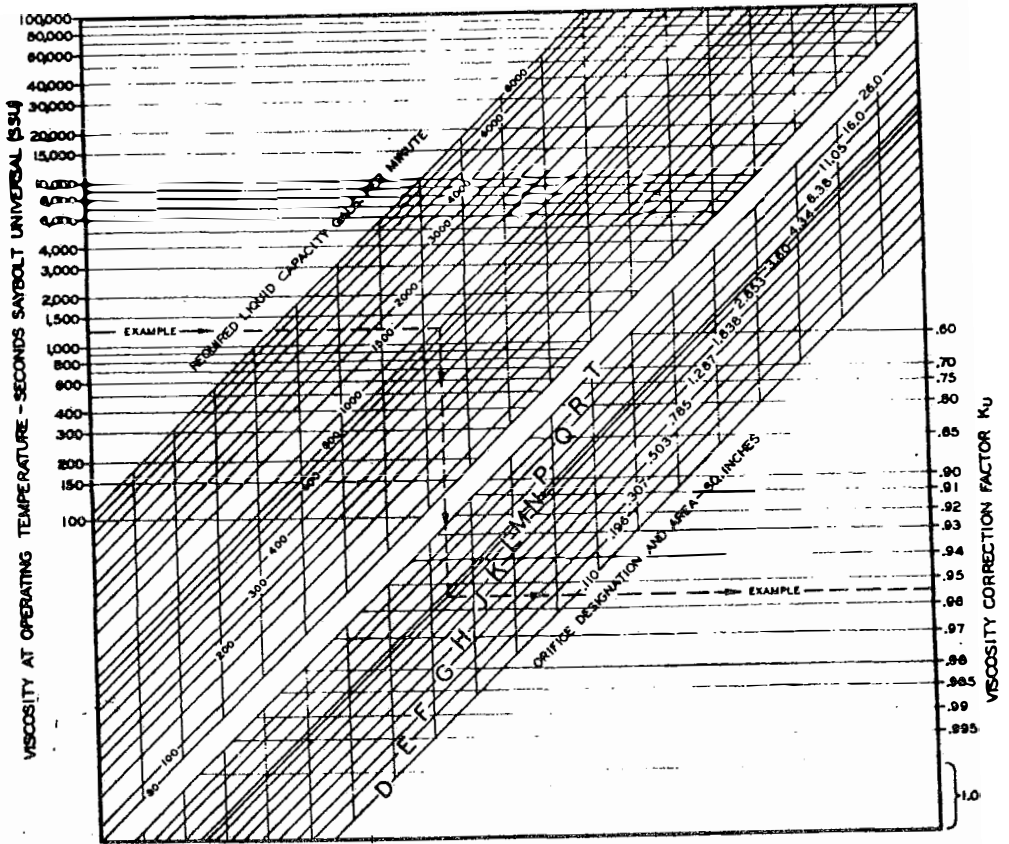


FIG. 12

NOMOGRAPH HELPS DETERMINE STATIC ELECTRICAL CHARGE

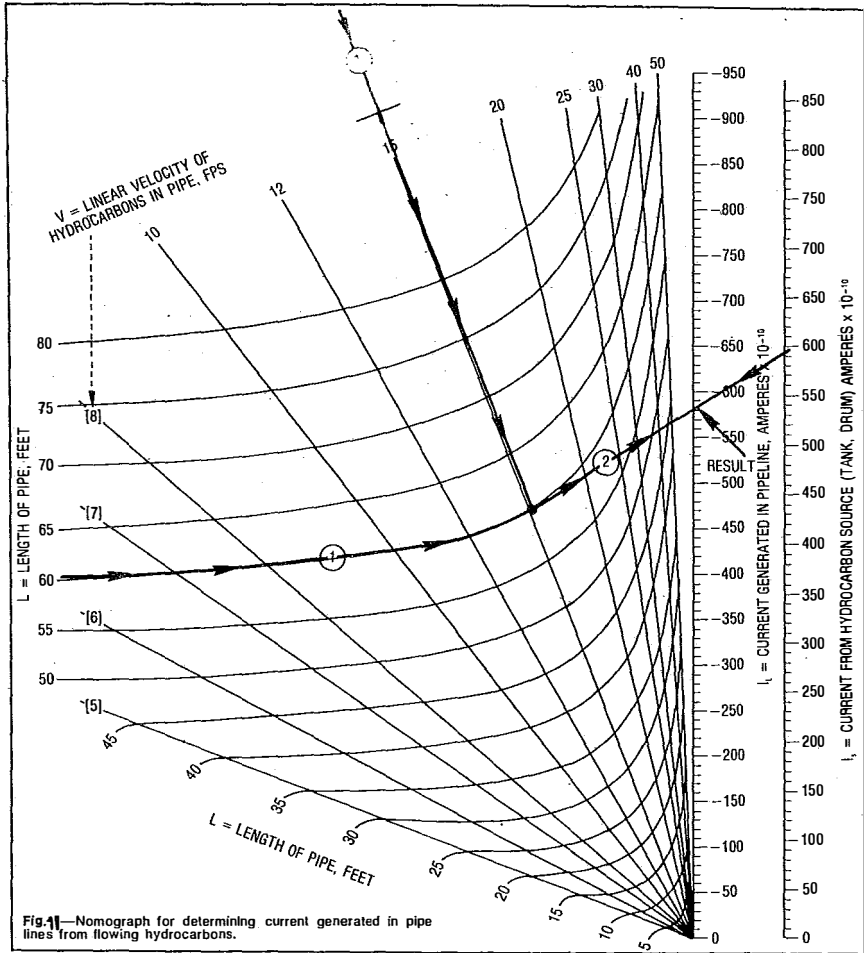


Fig. 1—Nomograph for determining current generated in pipe lines from flowing hydrocarbons.

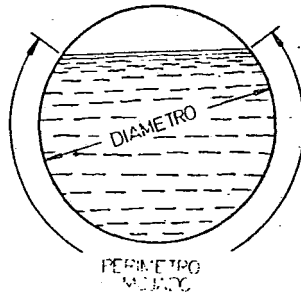
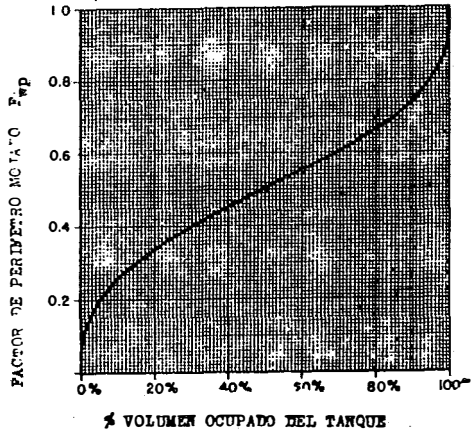


FIG. 11. GRAFICA DEL FACTOR DE PERIMETRO MOJADO

Sizing Factors

(ALTERNATE SIZING METHOD)

Temperature Sizing Factor
 K_t
 Vapors and Gases ($\Delta 0^\circ F. = 1$)

F.	K_t	F.	K_t	F.	K_t
450	7.359	40	1.113	240	0.619
440	5.150	30	1.110	260	0.898
420	3.623	20	1.087	280	0.833
400	2.953	10	1.075	300	0.822
380	2.555	0	1.063	320	0.815
360	2.280	10	1.052	340	0.802
340	2.080	20	1.041	360	0.795
320	1.927	30	1.030	380	0.786
300	1.803	40	1.020	400	0.776
280	1.700	50	1.010	420	0.767
260	1.612	60	1.000	440	0.759
240	1.537	70	0.9905	460	0.7518
220	1.472	80	0.9813	480	0.7438
200	1.414	90	0.9723	500	0.7360
180	1.363	100	0.9636	550	0.7175
160	1.317	110	0.9552	600	0.7005
140	1.275	120	0.9469	650	0.6844
120	1.237	130	0.9388	700	0.6695
100	1.202	140	0.9310	750	0.6556
90	1.186	150	0.9233	800	0.6425
80	1.170	160	0.9158	850	0.6300
70	1.155	180	0.9014	900	0.6183
60	1.140	200	0.8876	950	0.6073
50	1.126	220	0.8746	1000	0.5968

Specific Heat Sizing Factor
 K_c
 Vapors and Gases ($k \text{ of } 1.001 = 1$)

k	K_c	k	K_c
0.001	1.000	1.8	1.124
1.02	1.010	1.9	1.130
1.04	1.016	1.2	1.136
1.05	1.022	1.4	1.141
1.08	1.029	1.5	1.146
1.10	1.034	1.3	1.152
1.12	1.044	1.50	1.157
1.14	1.051	1.2	1.162
1.16	1.057	1.54	1.168
1.18	1.063	1.56	1.172
1.20	1.070	1.58	1.177
1.22	1.076	1.60	1.182
1.24	1.083	1.62	1.187
1.26	1.089	1.64	1.193
1.28	1.095	1.66	1.197
1.30	1.102	1.68	1.202
1.32	1.108	1.70	1.207
1.34	1.113	2.00	1.270
1.35	1.118	2.20	1.308

Molecular Weight Sizing Factor
 K_m
 $(K_m = \sqrt{M})$

Mol. Wt. M	K_m	Mol. Wt. M	K_m
2	1.414	100	10.000
3	1.732	110	10.488
4	2.000	120	10.954
5	2.236	130	11.401
6	2.449	140	11.832
7	2.645	150	12.247
8	2.828	160	12.649
9	3.000	170	13.038
10	3.162	180	13.416
20	4.472	190	13.784
30	5.477	200	14.142
40	6.324	220	14.832
50	7.071	240	15.491
60	7.745	260	16.124
70	8.366	280	16.733
80	8.944	300	17.320
90	9.486		

Specific Gravity Sizing Factor
 K_g
 Vapors or Gases (Air = 1)
 Liquids (Water = 1) at discharge Temperature*

Sp. Gr.	K_g	Sp. Gr.	K_g	Sp. Gr.	K_g
0.692	3.401 (H ₂)	1.02	0.990	2.70	0.609
0.70	3.779	1.04	0.981	2.80	0.598
0.80	3.333	1.06	0.971	2.90	0.587
0.90	3.323	1.08	0.962	3.00	0.577
1.00	3.125	1.10	0.953	3.10	0.568
1.18	2.691 (Helium)	1.12	0.945	3.20	0.559
1.50	2.581	1.14	0.937	3.30	0.550
2.00	2.240	1.18	0.926	3.40	0.542
2.50	2.000	1.18	0.921	3.50	0.535
3.00	1.825	1.20	0.913	3.60	0.527
3.50	1.688	1.25	0.895	3.70	0.520
4.00	1.580	1.30	0.877	3.80	0.513
4.5	1.489	1.35	0.861	3.90	0.506
5.0	1.414	1.40	0.845	4.00	0.500
5.5	1.350	1.45	0.830	4.10	0.494
6.0	1.290	1.50	0.817	4.20	0.488
6.5	1.240	1.55	0.803	4.30	0.482
7.0	1.195	1.60	0.791	4.40	0.477
7.5	1.155	1.65	0.779	4.50	0.472
8.0	1.117	1.70	0.768	4.60	0.466
8.2	1.104	1.75	0.756	4.70	0.461
8.4	1.091	1.80	0.745	4.80	0.456
8.6	1.078	1.90	0.728	4.90	0.452
8.8	1.068	2.00	0.707	5.00	0.447
9.0	1.055	2.10	0.690		
9.2	1.043	2.20	0.674		
9.4	1.031	2.30	0.659		
9.6	1.021	2.40	0.645		
9.8	1.010	2.50	0.633		
1.00	1.000	2.60	0.620		

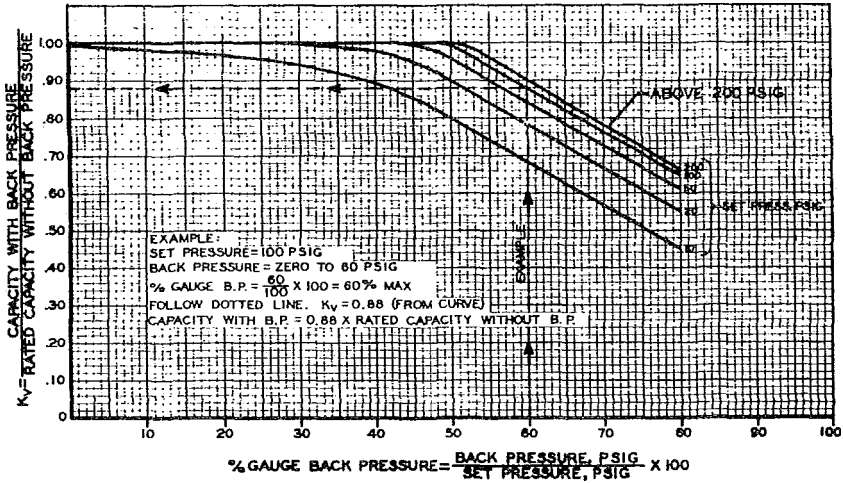
*The use of a Sp. Gr. of any temperature lower than that of the actual discharge will result in a safe valve size.

Gas or Vapor	Molecular Weight	K_m (\sqrt{M}) Factor	$\frac{K}{\rho}$ (lb/ft ³) at 60°F	C (Celsius)	K_c (C/318) Factor
Air	28.970	5.382	1.410	355.	1.130
Acetylene	26.040	5.103	1.410	355.	1.130
Ammonia	17.030	4.126	1.310	348.	1.105
Argon	39.944	6.320	1.668	377.8	1.200
Benzene	78.110	8.838	1.118	328.8	1.044
n-Butane	58.120	7.630	1.094	326.4	1.036
iso-Butane	58.120	7.630	1.097	326.7	1.037
Carbon Disulphide	76.130	8.726	1.210	336.	1.073
Carbon Dioxide	44.010	6.634	1.300	347.	1.102
Carbon Monoxide	28.010	5.292	1.404	356.4	1.131
Chlorine	70.910	8.421	1.355	351.6	1.117
Cyclohexane	84.156	9.174	1.089	324.9	1.031
Dowtherm "A"	165.000	12.845	---	---	---
Dowtherm "E"	147.000	12.124	---	---	---
n-Ethane	30.068	5.484	1.193	336.3	1.067
Ethylene	28.052	5.296	1.263	341.3	1.083
Freon 11	137.371	11.720	1.136	330.6	1.050
Freon 12	120.920	10.995	1.137	330.7	1.051
Freon 22	86.480	9.299	1.184	336.4	1.067
Freon 114	170.930	13.073	1.088	326.2	1.036
Helium	4.003	2.000	1.660	377.	1.197
n-Heptane	100.198	10.010	1.052	321.2	1.021
Hexane	86.172	9.283	1.062	322.2	1.022
Hydrochloric Acid	36.460	6.042	1.410	357.	1.132
Hydrogen	2.016	1.420	1.410	357.	1.133
Hydrogen Sulphide	34.075	5.829	1.320	345.	1.108
Methane	16.042	4.005	1.308	347.8	1.105
Ethyl Alcohol	46.069	6.787	1.130	330.	1.048
Methyl Alcohol	32.000	5.657	1.203	337.3	1.071
Methyl Chloride	50.480	7.105	1.200	337.	1.070
Natural Gas (Typical)	19.500	4.460	1.27	341.	1.090
Nitrogen	28.016	5.293	1.404	356.4	1.131
Nitrous Oxide	44.020	6.635	1.303	347.3	1.103
n-Octane	114.224	10.688	1.046	320.6	1.018
Oxygen	32.000	5.656	1.401	356.1	1.130
Paracymene	134.21	11.6	---	---	---
n-Pentane	72.146	8.494	1.074	323.4	1.027
iso-Pentane	72.146	8.494	1.076	323.6	1.028
Propane	44.094	6.632	1.133	330.3	1.049
Sulphur Dioxide	64.070	8.004	1.240	341.	1.083
Toluene	92.130	9.610	1.090	326.	1.035

Fig. 13

Safety-Relief Valves Sizing Factors

Variable or Constant Back Pressure Sizing Factor
K_v
 10% Overpressure
 BalanSeal Valves Only — Vapors and Gases



Variable or Constant Back Pressure Sizing Factor
K_v
 20% Overpressure
 BalanSeal Valves Only — Vapors and Gases

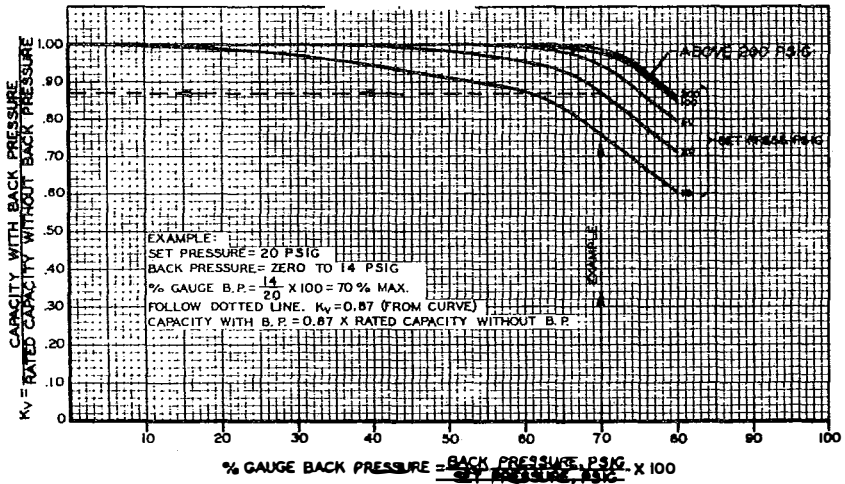
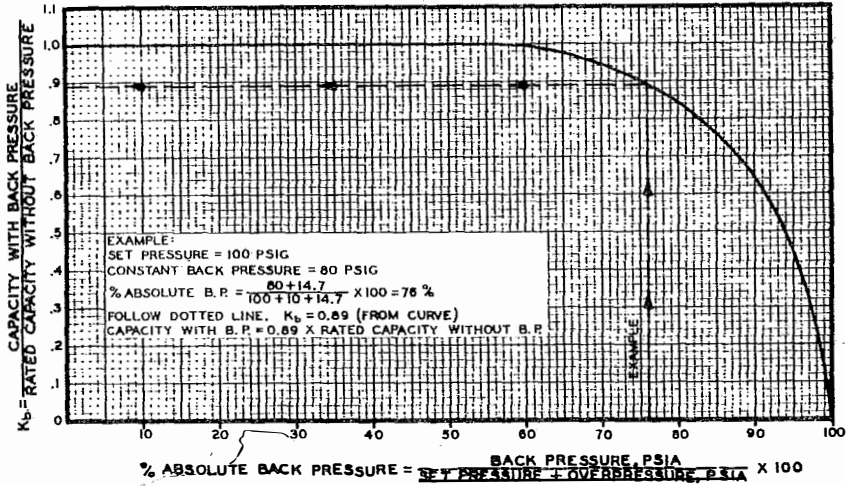


Fig. 14

Constant Back Pressure Sizing Factor
 K_b
 Conventional Valves — Vapors and Gases



Variable or Constant Back Pressure Sizing Factor
 K_w
 25% Overpressure
 BalonSeal Valves — Liquids Only

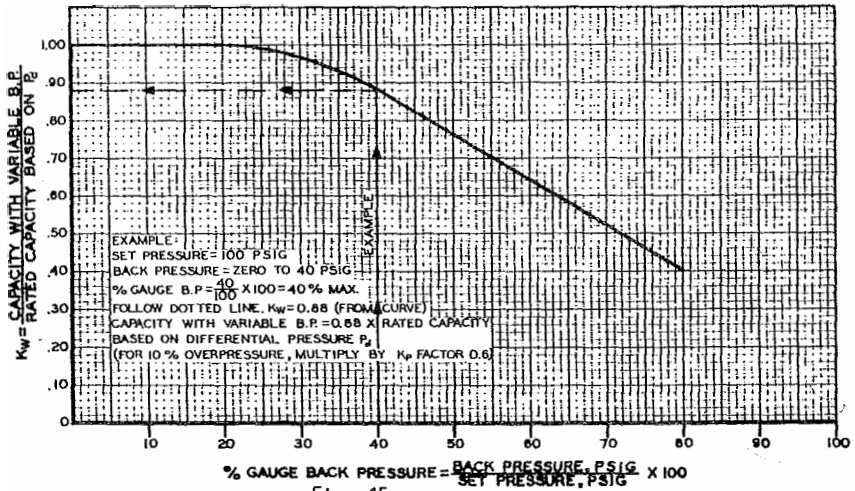
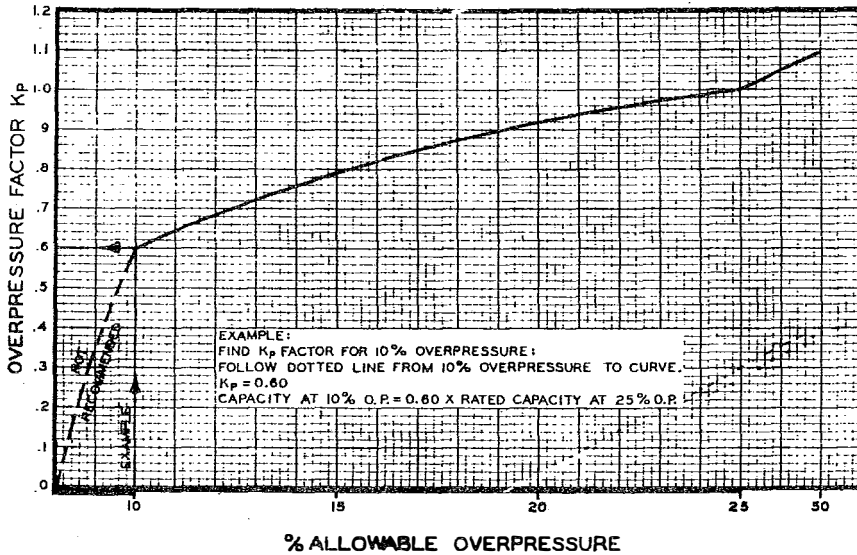


Fig. 15

Overpressure Sizing Factor
 K_p
 Other than 25% Overpressure
 Conventional and Balance Seal Valves — Liquids Only



NOTE: Safety Relief Valve liquid capacities cannot be predicted by a general curve as the overpressures approach zero. If overpressures below 10% must be used, please consult the manufacturer for specific recommendations.

Fig. 16

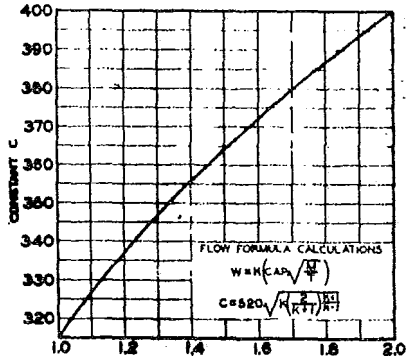


FIG. 17

k	Con- stant C	k	Con- stant C	k	Con- stant C
1.00	315	1.26	343	1.52	366
1.02	318	1.28	345	1.54	368
1.04	320	1.30	347	1.561	369
1.06	322	1.32	349	1.58	371
1.08	324	1.34	351	1.60	372
1.10	327	1.36	352	1.62	374
1.12	329	1.38	354	1.64	376
1.14	331	1.40	356	1.66	377
1.16	333	1.42	358	1.68	379
1.18	335	1.44	359	1.70	380
1.20	337	1.46	361	2.00	400
1.22	339	1.48	363	2.20	412
1.24	341	1.50	364		

FIG. 18

TABLE UA-230 MOLECULAR WEIGHTS OF GASES AND VAPORS			
Air	28.97	Freon 22	86.48
Acetylene	26.04	Freon 114	170.90
Ammonia	17.03	Hydrogen	2.02
Butane	58.12	Hydrogen Sulfide	34.08
Carbon Dioxide	44.01	Methane	16.04
Chlorine	70.91	Methyl Chloride	50.48
Ethane	30.07	Nitrogen	28.02
Ethylene	28.05	Oxygen	32.00
Freon 11	137.371	Propane	44.09
Freon 12	120.9	Sulfur Dioxide	64.06

FIG. 19

Nombre	Componente, %											
	C	Fe	Cr	Ni	Co	Mo	W	Mn	Si	Nb	Ti	Otros
<i>Aleaciones americanas:</i>	<i>Usadas después de tratamiento térmico</i>											
S-588	0.40	48.2	18.0	20.0	—	4.00	4.00	0.75	0.65	4.00	—	—
Discaloy	0.05	55.5	13.0	25.0	—	3.00	—	0.70	0.70	—	1.80	0.2 Al
N-153	0.10-0.20	49.9	16.0	15.0	13.0	3.00	2.00	—	—	1.00	—	—
N-155	0.10-0.20	33.7	20.0	20.0	20.0	3.00	2.00	—	—	1.00	—	0.12 N
S-590	0.40	24.6	20.0	20.0	20.0	4.00	4.00	0.75	0.65	4.00	—	—
Hastelloy C	0.10	5.0	15.0	59.0	—	17.00	4.00	—	—	—	—	—
Hastelloy B	0.10	5.0	—	66.9	—	28.00	—	—	—	—	—	—
K-42-B	0.05	14.0	18.0	42.2	22.0	—	—	0.70	0.70	—	2.2	0.2 Al
Refractaloy 26	0.05	18.0	18.0	37.0	20.0	3.00	—	0.70	0.70	—	2.8	0.2 Al
Inconel X	0.04	7.0	15.0	73.0	—	—	—	0.50	0.10	1.00	2.50	0.7 Al
Asociación Talbot	0.50	27.4	20.0	50.0	—	—	—	0.40	0.60	0.60	0.25	0.25 Ca
Refractaloy 70	0.05	15.0	20.0	20.0	30.8	8.00	4.00	2.00	0.20	—	—	—
S-816	0.40	4.0	20.0	20.0	43.0	4.00	4.00	0.50	0.50	4.00	—	—
	<i>Usadas en piezas coladas</i>											
Vitalium (HS 21)	0.20-0.35	1.0	27.5	2.0	62.8	5.5	—	—	—	—	—	—
61 (HS 23)	0.35-0.50	1.0	26.0	2.0	62.6	—	5.5	—	—	—	—	—
6059 (HS 27)	0.35-0.50	0.6	26.0	32.5	32.5	6.00	—	—	—	—	—	—
422-19 (HS 30)	0.35-0.50	—	26.0	16.0	49.6	6.00	—	—	—	—	—	—
X-40	0.45-0.60	—	25.5	12.0	52.1	—	7.50	—	—	—	—	—
<i>Aleaciones británicas:</i>												
R20	0.14	64.1	19.0	11.0	—	—	—	0.80	0.30	1.70	—	—
Rex 78	0.07	58.4	14.0	18.0	—	3.75	—	0.80	0.70	—	0.65	3.6 Cu
G18B	0.40	54.3	13.0	13.0	10.0	2.00	2.50	0.80	1.00	3.00	—	—
R22	0.30	54.8	25.0	14.5	—	—	3.20	0.90	1.30	—	—	—
Nimonic 80	0.04	—	21.2	74.2	—	—	—	0.56	0.47	—	2.44	0.63 Al
<i>Aleaciones alemanas:</i>												
V2A-ED	0.10	70.5	18.0	9.0	—	—	1.00	0.50	0.50	—	0.10	—
Cromadur	0.10	68.3	12.0	—	—	—	—	18.00	0.70	—	—	0.7 V, 0.2 N
Vamidur	0.10	69.5	17.5	10.5	—	—	—	0.30	0.40	—	0.60	1.0 V
Tinidur	0.10	62.0	14.0	30.0	—	—	—	0.80	0.80	—	2.30	—
DVL 42	0.07	11.2	14.5	36.9	24.5	5.30	4.80	0.90	0.55	—	1.30	—

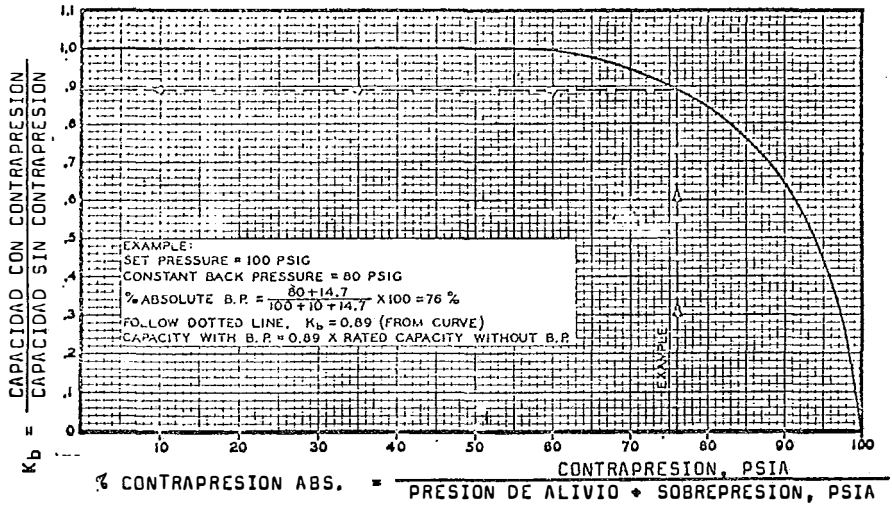
181

FIG. 20

Unidades de presión y factores de conversión

	Lb./ pulg. ²	Oz./ pulg. ²	Lb./ pie ²	Ton./ pulg. ²	Ton./ pie ²	Pulg. H ₂ O	Pie H ₂ O	Pulg. Hg	Atm.	Dinas/ cm ²	g/cm ²	Kg/cm ²	cm H ₂ O	m H ₂ O	mm Hg	μ Hg
<i>Inglésas</i>																
1 lb./pulg. ²	1.0000	16.000	144.00	5.0000 × 10 ⁻³	7.2000 × 10 ⁻³	27.680	2.3067	2.0360	6.8045 × 10 ⁻³	68947	70.306	7.0306 × 10 ⁻³	70.308	0.7031	51.715	51715.
1 oz./pulg. ²	0.0625	1.0000	9.0000	3.1250 × 10 ⁻³	4.5000 × 10 ⁻³	1.7300	0.1442	0.1272	4.2528 × 10 ⁻³	4309.2	4.3941	4.3941 × 10 ⁻³	3.4942	4.3942 × 10 ⁻³	3.2322	3232.2
1 lb./pie ²	6.9445 × 10 ⁻³	0.11111	1.0000	3.4723 × 10 ⁻³	5.0000 × 10 ⁻³	0.19223	1.6019 × 10 ⁻³	1.4139 × 10 ⁻³	4.7254 × 10 ⁻³	478.80	0.4882	4.8824 × 10 ⁻³	0.4882 × 10 ⁻³	4.8825 × 10 ⁻³	0.3591	359.13
1 ton./pulg. ²	2000.0	32000.	2.8800 × 10 ⁶	1.0000	144.00	55361.	4613.4	4072.0	136.09	1.3789 × 10 ⁸	1.4061 × 10 ⁸	140.61	1.4062 × 10 ⁸	1406.2	1.0343 × 10 ⁸	1.0343 × 10 ⁸
1 ton./pie ²	13.889	222.22	2000.0	0.9445 × 10 ⁻³	1.0000	384.45	32.038	28.278	0.9451	9.5760 × 10 ⁵	976.48	0.9765 × 10 ⁵	976.51	9.7651	718.26	7.1826 × 10 ⁵
1 pulg. H ₂ O (39° F.)	3.6127 × 10 ⁻³	0.5780	5.2022	1.8063 × 10 ⁻⁴	2.6011 × 10 ⁻³	1.0000	0.3333 × 10 ⁻³	7.3554 × 10 ⁻³	2.4582 × 10 ⁻³	2490.8	2.5399	2.5399 × 10 ⁻³	2.5400	2.5400 × 10 ⁻³	1.8683	1868.3
1 pie H ₂ O (39° F.)	0.43352	6.9363	62.427	2.1676 × 10 ⁻⁴	3.1213 × 10 ⁻³	12.000	1.0000	0.8826	2.9499 × 10 ⁻³	2989.0	30.479	3.0479 × 10 ⁻³	30.480	0.3048	22.419	2241.9
1 pulg. Hg (32° F.)	0.49116	7.8586	70.727	2.4558 × 10 ⁻⁴	3.5363 × 10 ⁻³	13.596	1.1330	1.0000	3.3421 × 10 ⁻³	3386.4	34.532	3.4532 × 10 ⁻³	34.532	0.3453	25.400	2540.0
<i>Internacionales</i>																
1 atm. normal	14.696	235.14	2116.2	7.3480 × 10 ⁻³	1.0581	406.79	33.900	29.921	1.0000	1.0132 × 10 ⁸	1033.2	1.0332	1033.3	10.333	760.00	7.6000 × 10 ⁵
1 dina/cm ² (microbar)	1.4504 × 10 ⁻⁵	2.3206 × 10 ⁻⁴	2.0886 × 10 ⁻³	7.2519 × 10 ⁻³	1.0443 × 10 ⁻⁴	4.0147 × 10 ⁻⁴	3.3456 × 10 ⁻⁴	2.9530 × 10 ⁻³	9.8692 × 10 ⁻³	1.0000	1.0197 × 10 ⁻³	1.0197 × 10 ⁻³	1.0197 × 10 ⁻³	1.0197 × 10 ⁻³	7.5006 × 10 ⁻⁴	0.7501
1 gramo/cm ²	1.4224 × 10 ⁻²	0.2276	2.0482	7.1117 × 10 ⁻⁴	1.0241 × 10 ⁻³	0.3937	3.2809 × 10 ⁻³	2.8959 × 10 ⁻³	9.6784 × 10 ⁻³	980.66	1.0000	0.0010	1.00003	1.00003 × 10 ⁻³	0.7356	735.56
1 Kg/cm ²	14.224	227.58	2048.2	7.1117 × 10 ⁻³	1.0241	393.71	32.809	28.959	0.9678	9.8066 × 10 ⁵	1000.0	1.0000	100.03	1000.03	735.56	7.3556 × 10 ⁵
1 cm H ₂ O (4° C.)	1.4223 × 10 ⁻²	0.2276	2.0481	7.1115 × 10 ⁻⁴	1.0240 × 10 ⁻³	0.3937	3.2808 × 10 ⁻³	2.8958 × 10 ⁻³	9.6781 × 10 ⁻³	980.64	0.99997	9.9997 × 10 ⁻⁴	1.0000	0.0100	0.7355	735.54
1 m H ₂ O (4° C.)	1.4223	22.757	204.81	7.1116 × 10 ⁻³	1.0241	39.370	32.808	2.8958	9.6781 × 10 ⁻³	980.64	99.997	9.9997 × 10 ⁻²	100.00	1.0000	73.554	7355.4
1 mm Hg (°C.)	1.9337 × 10 ⁻³	0.3094	2.7845	9.6684 × 10 ⁻⁴	1.3922 × 10 ⁻³	0.53525	4.4605 × 10 ⁻³	3.9370 × 10 ⁻³	1.3158 × 10 ⁻³	1333.2	1.3595	1.3595 × 10 ⁻³	1.3595	1.3595 × 10 ⁻³	1.0000	1000.0
1 micraHg (°C.)	1.9337 × 10 ⁻⁴	3.0939 × 10 ⁻⁴	2.7845 × 10 ⁻³	9.6684 × 10 ⁻⁵	1.3922 × 10 ⁻⁴	5.3525 × 10 ⁻⁴	4.4605 × 10 ⁻⁴	3.9370 × 10 ⁻⁴	1.3158 × 10 ⁻⁴	1.3332	1.3595 × 10 ⁻⁴	1.3595 × 10 ⁻⁴	1.3595 × 10 ⁻⁴	1.3595 × 10 ⁻⁴	0.0010	1.0000

FIG. 21



FACTOR K_{SH} PARA VAPOR RECALENTADO									
PRESION DE ALIVIO PSI		TEMPERATURA TOTAL °F							
		320	420	520	620	720	820	920	1020
10	250	1.0	.98	.97	.96	.95	.94	.93	.92
20	259	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
40	287	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
60	323	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
80	374	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
100	438	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
120	500	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
140	561	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
160	620	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
180	679	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
200	738	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
220	795	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
240	853	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
260	909	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
280	966	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
300	1022	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
350	1133	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
400	1243	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
500	1470	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
600	1689	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
800	2200	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93
1000	2646	1.0	.99	.98	.97	.96	.95	.94	.93

FIG. 22

R E F E R E N C I A S B I B L I O G R A F I C A S

- 1.- Loudon. " Requirements for Safe Discharge of Hydrocarbons to Atmosphere." API 43 III 418-33 (1963)
- 2.- Burgoyne. " Mist and Sprays Explosions." Chemical Eng. 1957.
- 3.- Saletan " The Theory Behind Static Electricity Hazards in Process Plants " Chem. Eng. 66 (1) 99-122 (1959).
- 4.- API " Manual on Disposal of Refinery Wastes"vol II (1957).
- 5.- NASA " Toroidal Ring Prevents Gas Ignition at Vent Stack", Cleringhouse Federal (1967).
- 6.- Adam Zanker. " Nomograph Helps Determine Static Electrical Charge from Fluid Flow " Hidroc. Process. March 1976.
- 7 y 9.- W.M. Bustin, Culbertson T.L. "General Consideration of Static Electricity in Petroleum Products Proceedings of API Sec. III vol 37 p-24-63 1957.
- 10.- Buether Stoll and Greene." The Production of Burns by Thermal Radiation Medium Intensity Paper No. 58-A. Am. Soc. Mech. Engrs., New York, Dec.(1958).
- 11.-Hajek Ludwig. Part 1 and 2 (1960).
- 12.- F.A. Giffor Jr. " Atmospheric Dispercion Calculations Using the Generalized Garrison Plume Model. 1960.
- 13 y 14.- Esso Research and Eng. Co." Venting Atmospheric and Low Pressure Storage Tanks. API std. 2000 1st Edition 1968.
- 15.- Apendice A del API RP 521 Primera Edición 1969.
- 16.- Conison J.E. Oil Gas J. 53 (32) (26-3) Dec. 13 (1954).

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

- 1.-Guide for pressure relief and Depressuring Systems. API RP 521 First Edition, September 1969.
- 2.-Marx Isaacs. Pressure Relief Systems. Chem. Eng./ February 22, 1971
- 3.-John S. Rearick. How to Design Pressure Relief Systems:
Part 1: Devices, codes and causes of overpressure.
Part 2: Sizing relief systems and disposal of vented material.
Hydrocarbon Processing/ August 1969.
- 4.- Miller, P.D. Jr Hibshman H.J. and J.R. Connell.
No smoke, no light, no noise
The Oil and Gas Journal / May 19, 1958.
- 5.- Manual IISA.
Safety and Relief Valves., 1975.
- 6.- S.H. Judd.
Noise Abatement in Process Plants.
Chemical Engineering / January 11, 1971.
- 7.- Dan H. Barber.
Safety in Refinery Operation.
Hydrocarbon Processing/ May 1975.
- 8.- Eric Jenett.
How to Calculate Back Pressures in Vent Lines.
- 9.- Roy J. Zook.
Rupture Disc for Low Burst Pressures.
Chemical Engineering / March 1, 1976.
- 10.- Robert Kern, Hoffmann.
Pressure Relief Valves for Process Plants.
Chemical Engineering, February 28, 1977.