

9.
205



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

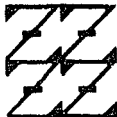
DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO MECANICO DE
LOS TANQUES DE DESFOGUE DE UNA
PLATAFORMA MARINA DE PRODUCCION

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

STA. MARGARITA GONZALEZ HERNANDEZ

U N A M
F E S
Z A R A G O Z A



LO HOMOLOGA EN
DE SU TITULO RELACION

MEXICO, D. F.,

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

INDICE

CONTENIDO	PAGINA
RESUMEN	1
INTRODUCCION.	2
1. GENERALIDADES.	
1.1 CLASIFICACION GENERAL DE TANQUES.	4
1.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE RELEVO.	7
1.3 FUNCION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE RELEVO.	11
1.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE RELEVO.	16
2. METODOLOGIA DE CALCULO.	
2.1 CRITERIOS DE DISEÑO (L/D Y T _r).	23
2.2 OTROS CRITERIOS EN EL DISEÑO DE TANQUES.	25
2.3 CRITERIOS PARA FIJAR LAS BASES DE DISEÑO MECANICO.	29
2.4 DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES.	35
2.5 DISEÑO MECANICO.	40
2.6 PROGRAMA DE CALCULO.	48
3. SELECCION Y DESCRIPCION DE LA PLATAFORMA.	
3.1 TIPOS DE PLATAFORMAS.	50
3.2 CARACTERISTICAS DE LA PLATAFORMA SELECCIONADA.	57

CONTENIDO	PAGINA
4. CALCULO DEL TANQUE DE DESFOGUE.	
4.1 ANTECEDENTES.	60
4.2 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE.	61
4.3 DISEÑO MECANICO DEL TANQUE.	63
5. CONCLUSIONES.	66
6. BIBLIOGRAFIA.	67

RESUMEN.

El contenido de este trabajo se relaciona con el dimensionamiento y diseño mecánico de tanques de desfogue en plataformas marinas.

El método de dimensionamiento utilizado para estos tanques es el que se presenta en el API 521, para obtener el diámetro y la longitud. Para el diseño mecánico del mismo se hace referencia al código ASME sec. VIII div.1.

Este trabajo se divide en cuatro capítulos. El primero denominado Generalidades presenta una descripción de los tanques separadores y de su función dentro de un sistema de relevo.

En el segundo capítulo, Metodologías de Cálculo, se incluyen, además de algunos criterios de diseño tanto para el dimensionamiento como para el diseño mecánico, los procedimientos de cálculo incluyendo las ecuaciones a utilizar.

Como la aplicación del trabajo es en plataformas marinas, en el capítulo tres, Selección y Descripción de la Plataforma, se presenta una descripción de los diferentes tipos de plataformas existentes, así como de la seleccionada para el desarrollo del trabajo.

Finalmente en el capítulo cuatro, Cálculo del Tanque de Desfogue, se hace referencia a los antecedentes de los que se dispone para la realización del trabajo. Se plantean los criterios de diseño seleccionados y se procede al dimensionamiento y diseño mecánico del tanque.

INTRODUCCION.

La operación eficiente de una plataforma marina involucra muchos aspectos relacionados con el proceso que se lleva a cabo en ella; además se debe considerar la seguridad de la operación, ésta abarca tanto al personal como a todo el equipo involucrado.

Uno de los sistemas de seguridad con que cuenta generalmente una plataforma marina es el sistema de desfogue, a éste llegan las descargas de equipos o líneas ocasionadas por una sobrepresión, y las conduce a un quemador elevado.

En el trayecto del equipo al quemador se encuentran involucrados los dispositivos de relevo y los tanques separadores de desfogue. La importancia de este último radica en que separa el líquido que puede encontrarse en la corriente de gas que se dirige al quemador, y de esta manera evitar que se quemen gotas que además de representar un peligro si caen encendidas al piso, disminuyen la eficiencia de quemado con el subsecuente aumento en la formación de humo.

El contenido de este trabajo se relaciona con el dimensionamiento, obtención de diámetro y longitud, de dichos tanques. Otro aspecto que también se toca, de forma más general, es lo referente al diseño mecánico, determinación de espesores de sus partes (cuerpo y cabezas).

Primero se presenta una descripción de la función que tiene el tanque de desfogue en un sistema de relevo. Posteriormente se incluyen algunos criterios de dimensionamiento, así como las bases para el diseño mecánico. El procedimiento de cálculo que se usa para el

dimensionamiento es el que se encuentra en el API 521. Para la realización de este dimensionamiento se usa un pequeño programa de computadora para acelerar el cálculo.

Como la aplicación es en una plataforma marina, se incluye una descripción de los diferentes tipos de plataformas existentes, así como de la seleccionada para la aplicación.

Finalmente se presenta la sección referente a los calculos de dimensionamiento y diseño mecánico del tanque, así como las conclusiones generales.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 CLASIFICACION GENERAL DE TANQUES.

Dentro de la Industria de Refinación y Petroquímica se pueden definir tres tipos de recipientes de proceso comúnmente usados. Dichos tipos son:

1. Recipientes de Balance para líquido.
2. Separadores líquido-líquido.
3. Separadores vapor-líquido.

En los siguientes párrafos se presenta una breve descripción del servicio y algunas aplicaciones típicas que proporcionan estos recipientes en plantas de proceso.

1. RECIPIENTES DE BALANCE PARA LIQUIDO.

Los recipientes de balance para líquido se emplean para proporcionar cierta capacidad de almacenamiento para corrientes líquidas saturadas o subenfriadas. Cuando se emplean para almacenar la alimentación a otras unidades de proceso, proporcionan un medio conveniente de asegurar un flujo relativamente sin fluctuaciones. La posición de un recipiente de este tipo generalmente se elige horizontal ya que se recomiendan relaciones L/D grandes y como sus tiempos de residencia son amplios, son tanques bastante largos, los cuales requerirían mayor gasto en cimentación si se colocaran verticalmente.

2. SEPARADORES LIQUIDO-LIQUIDO.

Estos tanques se emplean para separar por gravedad dos líquidos inmiscibles de densidades diferentes y esencialmente libres de vapor.

En la separación por asentamiento de dos fases líquidas de densidades diferentes, las gotas de la fase pesada tienden a separarse de la fase ligera debido a la influencia de la gravedad.

Con objeto de lograr una efectiva separación, se debe proporcionar un tiempo de residencia para los líquidos mayor al tiempo requerido para la separación de las fases. Los recipientes horizontales proporcionan una relación tiempo de residencia / tiempo de asentamiento mayor que los recipientes verticales. Por lo tanto, los tanques separadores líquido-líquido normalmente son horizontales como se muestra en la fig. 1.1a

Este tipo de recipiente debe ser diseñado para lograr una separación líquido-líquido eficiente y no para dar volumen de residencia. Cuando se ha logrado esto pueden instalarse dispositivos como mamparas para proporcionar volumen de residencia dentro del mismo recipiente.

Algunas aplicaciones típicas que requieren el uso de separadores líquido-líquido son:

- Sistemas de lavado acuoso de hidrocarburos.
- Sistemas de extracción de solventes.
- Sistemas de endulzamiento de líquidos.

3. SEPARADORES VAPOR-LÍQUIDO.

La principal función de este tipo de recipientes es separar mezclas vapor-líquido y entregar vapores sustancialmente libres de líquido a otras unidades de proceso. Estos recipientes pueden ser horizontales o verticales dependiendo

de los flujos másicos manejados, como se muestra en la fig. 1.1b.

Algunas de las aplicaciones típicas de los separadores vapor-líquido son servir como:

- Acumuladores de reflujo.
- Tanques de vaporización instantánea (flash).
- Tanques separadores de arrastre para sistemas de manejo de gas combustible.
- Tanques de succión de compresores.
- Tanques separadores de gas a quemado.

Los separadores verticales vapor-líquido se prefieren para el manejo de mezclas con una elevada relación de flujo en masa vapor/líquido, y usualmente sólo una fase líquida.

Los separadores vapor-líquido horizontales se prefieren para manejar mezclas con una relación pequeña de flujo en masa vapor/líquido y una sola fase líquida.

En algunas ocasiones la separación vapor-líquido puede llevarse a cabo simultáneamente con la separación por asentamiento de dos fases líquidas. En estos casos el diseño se vuelve más complejo puesto que hay que tomar en cuenta las características de asentamiento. No es práctico el uso de un recipiente vertical para este caso, ya que generalmente se requiere de dispositivos internos para efectuar una buena separación de las fases líquidas. Estos internos hacen que el costo del recipiente vertical sea mayor que el de un recipiente horizontal, es común también que el recipiente vertical sea de mayor diámetro que un horizontal para el mismo servicio.

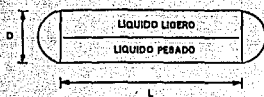


FIG. 1.1a Tanque separador líquido-líquido.

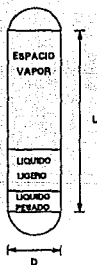
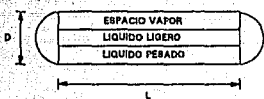


FIG. 1.1b Tanques separadores líquido-vapor.

FIG. 1.1 TANQUES SEPARADORES.

En ciertos casos cuando se usa un separador horizontal puede emplearse un pequeño recipiente unido por una boquilla o soldado en todo su diámetro a la parte inferior del separador para extraer la fase pesada, permitiendo un mejor control de la operación y posiblemente reduciendo el tamaño del recipiente; a este pequeño recipiente se le conoce comúnmente como pierna del recipiente mayor.

Cuando el recipiente no cuenta con esta pierna de separación, pueden usarse varios métodos para separar las fases:

- Por medio de una boquilla lateral.
- Por medio de un tubo proyectado dentro del recipiente.
- Por medio de una mampara para separar las fases.

1.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE RELEVO.

Uno de los mayores riesgos que puede presentarse en un proceso es el aumento excesivo de presión, que puede provocar la fractura del equipo en el que se presenta. La presión se puede elevar por distintas causas, y puede disminuirse por varios medios, por ejemplo, un control de presión o un venteo manual, pero el medio más efectivo es el sistema de relevo.

El objetivo de un sistema de relevo es la protección del equipo y consecuentemente la protección del personal. Los equipos en una planta industrial son diseñados para trabajar a una presión máxima, cuando existe la posibilidad de que esta presión sea excedida por alguna falla, el exceso se corrige desalojando los fluidos a través de un sistema de relevo.

Los sistemas de relevo incluyen en general entre sus componentes dispositivos de relevo (válvulas de seguridad o discos de ruptura), tuberías, tanques de separación y quemadores de campo (fig. 1.2), los que deben ser dimensionados adecuadamente basándose en las características de operación y seguridad de cada planta en particular.

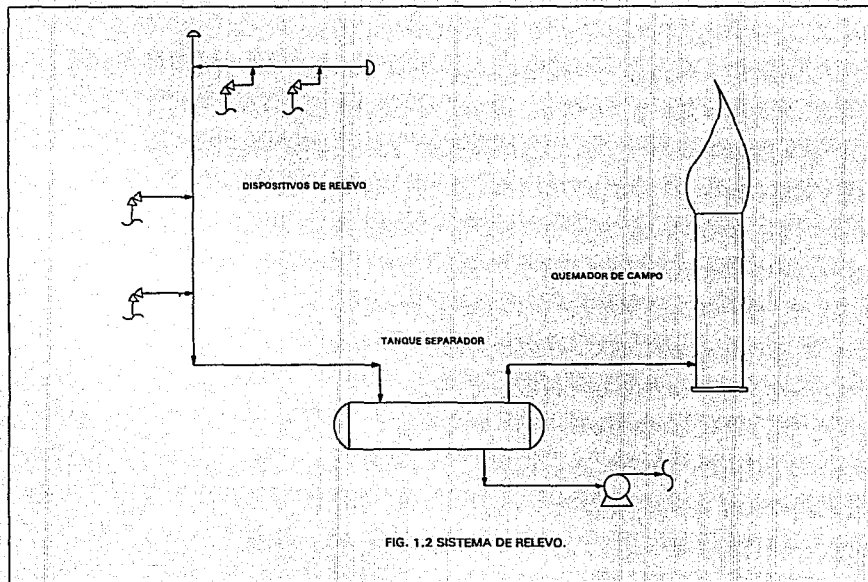
Este sistema de relevo permite el desfogar un exceso de presión de un equipo, por medio del desplazamiento de una determinada masa de fluido desde el equipo presionado hacia un lugar en el que se pueda descargar con toda seguridad.

Las condiciones que debe satisfacer un sistema de relevo esencialmente son:

1. Asegurar una operación continua.
2. Estar de acuerdo con los reglamentos locales.
3. Proteger al personal contra los daños que pudiera causar la sobrepresión en un equipo.
4. Disminuir las pérdidas de material durante y después de una falla operacional que haya causado un exceso de presión en un equipo.
5. Disminuir las pérdidas de tiempo ocasionadas por la sobrepresión en los equipos.
6. Prevenir el daño al equipo.
7. Prevenir el daño a las propiedades adjuntas.

Básicamente existen tres tipos de sistemas de relevo dependiendo de la forma en que se dispone de la masa relevada, estos tipos son:

1. Sistema Abierto.
2. Sistema Cerrado.
3. Sistema a Recuperación.



1. SISTEMA ABIERTO.

Se llama así al sistema en el que la masa relevada entra en contacto directo con la atmósfera al ocurrir el desfogue. Cuando esto es posible, este arreglo ofrece ventajas significativas sobre otras alternativas debido a su simplicidad y economía. La decisión de descargar vapores a la atmósfera requiere cuidadosa atención para asegurar que la descarga se puede realizar sin crear problemas tales como:

- Que la sustancia relevada reaccione químicamente con el aire, o forme mezclas explosivas o inflamables con él.
- Niveles excesivos de ruido.
- Exposición de personal a vapores tóxicos o corrosivos.

A simple vista, se observa que al sistema abierto entran fluidos como el agua, aire comprimido, vapor de agua, que únicamente deben satisfacer lo referente al ruido excesivo durante la descarga. Algunos hidrocarburos pueden ser relevados hacia la atmósfera pero la decisión de hacerlo o no, depende de la difusión que el hidrocarburo en cuestión tenga en el aire.

2. SISTEMA CERRADO.

Quando un fluido relevado no puede entrar en contacto con la atmósfera, debe ser conducido hacia un sistema cerrado. Este sistema consiste de un cabezal y ramales, a los cuales se integra la descarga de los distintos dispositivos de relevo, y es conducida hacia un lugar adecuado, generalmente un quemador.

El sistema cerrado a quemador tiene la ventaja de ser el más seguro, pero debido a la tubería necesaria y al costo del quemador no resulta en general el más económico.

Cuando se ha decidido usar este tipo de sistema debe pensarse en la forma en que se manejará toda la masa relevada. Esta irá hacia un cabezal colector, que la conducirá hacia el lugar donde se descargará, si el fluido contiene condensables puede conducirse primero hacia un burbujeo con agua y condensar así la mayor fracción posible. Los incondensables pueden entonces descargarse al quemador. Es importante proveer un tanque separador antes del quemador para impedir que pase líquido que pudiera haber sido arrastrado.

El quemador a usarse puede ser elevado o de tipo fosa, esto depende del espacio disponible, de las condiciones locales y de los aspectos económicos.

3. SISTEMA A RECUPERACION.

Cuando el producto que se releva es de alto valor o su combustión puede causar riesgos mayores, puede ser conducido hacia un sistema de recuperación. Este sistema está formado por cabezales, ramales y equipo que en conjunto ofrecen la posibilidad de recuperar el producto, neutralizarlo o convertirlo a productos menos riesgosos. Estos últimos ya podrían quemarse o descargarse a la atmósfera.

Comúnmente, los desfuegos en fase vapor van al sistema cerrado, y los desfuegos líquidos van a sistemas de recuperación.

La elección del sistema a usar está sujeta a muchos factores que son particulares para cada caso individual; algunos de estos factores son el peso molecular del fluido, la difusión en el aire del mismo, su grado de toxicidad e inflamabilidad; depende también de la política de la empresa, del criterio del diseñador y en algunas ocasiones, de reglamentos locales, estatales o federales, relacionados con la contaminación y el ruido.

1.3 FUNCION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE RELEVO.

Como se mencionó en el punto anterior, un sistema de relevo generalmente incluye entre sus componentes dispositivos de relevo, tuberías, tanques separadores y quemadores de campo; en los párrafos siguientes se presenta una descripción general del funcionamiento de dichos componentes.

DISPOSITIVOS DE RELEVO.

Actualmente se cuenta con dos tipos generales de dispositivos de relevo de presión:

- a) Dispositivos que cierran por sí solos después que la necesidad de relevo ha desaparecido.
- b) Los que permanecen abiertos hasta cerrarse manualmente, repararse o substituirse.

Los primeros están representados por la válvula de seguridad que es un dispositivo automático de relevo de presión, el cual se puede ajustar a un valor determinado para que entre en acción, y una vez realizada su función regresa a su posición originalmente cerrada.

En algunos lugares se hace una distinción entre la válvula que maneja líquidos y la que releva gases o vapores.

La válvula que maneja líquidos se llama válvula de relevo, y se caracteriza porque abre en proporción al incremento de presión por arriba de la presión de ajuste. Esto significa que la válvula empieza a abrir al llegar la presión al valor ajustado, y está totalmente abierta en el instante en que la presión alcanza el incremento citado. La válvula que maneja vapores o gases es llamada válvula de seguridad, y se caracteriza por abrir completamente en forma rápida (acción pop).

El funcionamiento de ambas válvulas es el mismo y la forma de calcularlas y seleccionarlas es similar. Ambas son actuadas por la presión corriente arriba de la válvula, que vence la fuerza que ejerce el resorte y abre la válvula, permitiendo que cierta masa de fluido que ejerce presión en el equipo salga de él.

El segundo tipo de dispositivo de relevo lo representa el disco de ruptura que es un dispositivo que cede ante el empuje que ocasiona la presión excesiva, este debe ser reemplazado una vez que ha realizado su función.

Los discos de ruptura son físicamente como una placa, comunmente metálica, sujeta entre bridas que está diseñada para romperse a una presión determinada.

Su principal uso está en la prevención de daños por explosiones internas en los equipos, ya que su respuesta al aumento de presión es inmediata. Además puede funcionar en presiones de relevo muy altas y en gastos que sobrepasan la posibilidad de una válvula de seguridad.

Los discos de ruptura pueden usarse en combinación con una válvula de seguridad sobre recipientes que contengan sustancias que pueden provocar que la válvula no opere correctamente, de utilizarse en esta forma deben escogerse materiales que al romperse no se desintegren en pedazos sino que solamente se rasguen.

Aunque existen varios tipos de discos de ruptura, puede resumirse su clasificación en dos tipos básicos (Fig 1.3).

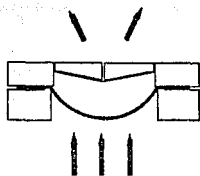
Cuando la elevación de presión en el sistema es gradual y su naturaleza no es explosiva, el dispositivo de relevo adecuado es la válvula de seguridad, pero cuando es imperativo depresionar completamente el sistema o la velocidad con que se espera la elevación de presión es grande, como en el caso de una explosión, entonces el disco de ruptura es el dispositivo de protección más adecuado.

Además de los dispositivos antes mencionados, utilizados para casos de emergencia, poco frecuentes, se tienen otros dispositivos que no son precisamente de relevo, sino más bien de control. Dichos dispositivos son las válvulas de control que regulan el sistema a una presión determinada y el exceso lo desalojan al sistema de relevo.

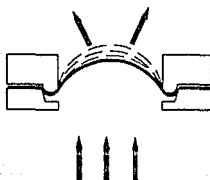
TUBERIAS.

A través de estas tuberías circulará el fluido producto del relevo de uno o más dispositivos de relevo de presión y será conducido al sitio donde se descargará sin ningún peligro.

El dimensionamiento de un cabezal de relevo se sale un poco de lo común. Se busca utilizar un diámetro tal, que no



a) Disco de ruptura de pandeo inverso (reverse buckling).



b) Disco de ruptura convencional (prebujed).

FIG. 1.3 DISCOS DE RUPTURA.

produzca más caída de presión que la disponible, y que no sea mayor de lo necesario para reducir su costo.

Cuando a un cabezal se integran válvulas que relevan a baja presión y a alta presión, el tamaño estará determinado por las válvulas de más baja presión. Si estas últimas no se integran a ese cabezal, el tamaño del mismo se reduciría enormemente.

Por lo anterior puede resultar conveniente hacer una separación entre las válvulas de alta y baja presión y enviarlas a diferentes cabezales. El valor para definir si una válvula es de baja o de alta presión es totalmente arbitrario.

TANQUES SEPARADORES.

Estos recipientes tienen la finalidad de separar las fracciones líquidas que pudieran existir en las descargas, ya que al quemar gotas de líquido existe el peligro de que estas caigan al piso encendidas.

El principio de diseño de estos tanques se basa en la disminución de la velocidad de la mezcla, para efectuar una separación máxima entre las dos fases, sin dejar de tomar en cuenta la acumulación o tiempo de residencia requerido para una operación adecuada.

El criterio físico de la relación L/D está basado en la reducción máxima del costo, puesto que el espesor de placa es función directa del diámetro y la longitud es función inversa del mismo, encontrándose el valor más adecuado entre las relaciones L/D de 3 a 5².

Estos tanques pueden disponerse internamente en varios diseños, dependiendo de la trayectoria que sigue el gas o vapor dentro del tanque, algunos de estos diseños son (Fig. 1.4):

- A. Un tanque horizontal con el vapor entrando por un extremo y saliendo por la parte alta del otro extremo.
- B. Un tanque vertical con la entrada de vapor en el cuerpo del tanque y la salida en la parte alta de la cabeza superior.
- C. Un tanque horizontal con dos entradas, una en cada extremo del cuerpo y una salida en el centro del cuerpo.
- D. Un tanque horizontal con una entrada en el centro del cuerpo y dos salidas, una en cada extremo del cuerpo.

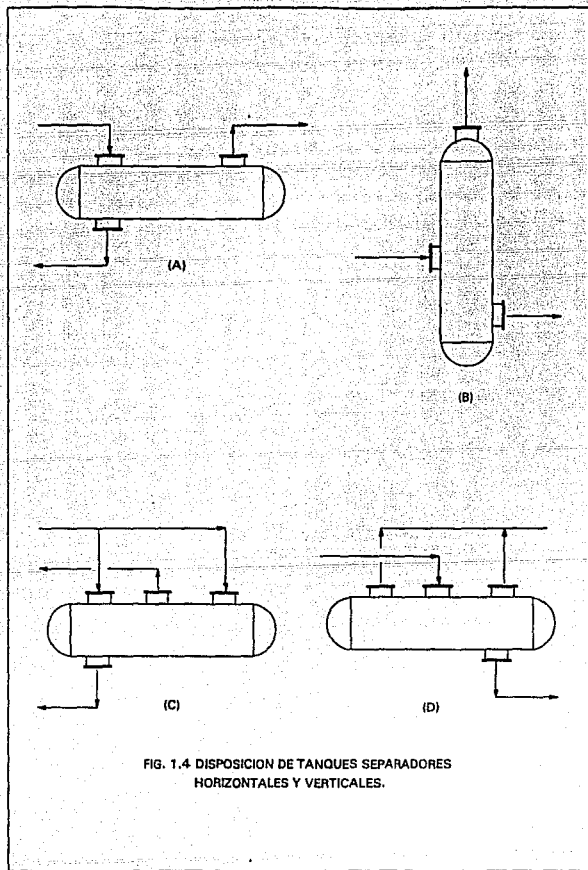
QUEMADOR DE CAMPO.

La función principal de un quemador es convertir vapores inflamables, tóxicos o corrosivos a componentes menos peligrosos.

El diseño del quemador debe reunir ciertas características. Las condiciones climatológicas y las restricciones locales sobre contaminación podrían determinar el requerimiento de dispositivos especiales de eliminación de humo. Otros factores como la disponibilidad de espacio, características del gas a quemar, economía como son gastos de inversión inicial y costos de operación influyen en el diseño del quemador.

Existen dos tipos de quemadores básicos:

- 1.- Quemador tipo fosa.
- 2.- Quemador elevado o de chimenea.



El quemador tipo fosa se utiliza cuando se dispone de terreno en cuyos alrededores definitivamente no hay o no habrá zonas habitacionales y donde el humo que se pueda producir no provoque molestias.

Cuando se manejan fluidos fríos o más pesados que el aire, existe el peligro de acumulación de gases en un quemador de fosa, lo que podría producir una combustión incompleta debido a la falta de aire.

En un quemador elevado no existe este peligro ya que la mezcla gas-aire se forma adecuadamente, con la ventaja adicional de una dispersión efectiva debido a la altura y velocidad de descarga para el caso de una combustión incompleta.

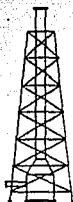
Desde el punto de vista de seguridad el uso de un quemador elevado es el más adecuado.

En quemadores elevados que son los más comunes, se tienen tres tipos de acuerdo a su estructura (Fig. 1.5):

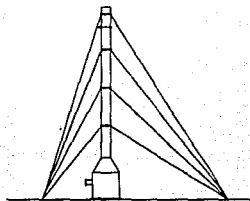
- Quemador tipo torre.
- Quemador cableado.
- Quemador autosoportable.

1.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE RELEVO.

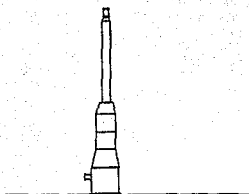
El diseño del sistema de relevo se puede dividir en tres partes principales que son el análisis de carga que llega al sistema, el arreglo del sistema y el diseño de los componentes del sistema incluyendo dispositivos de relevo, tubería, tanques y quemador.



QUEMADOR TIPO TORRE



QUEMADOR CABLEADO



QUEMADOR AUTOSOPORTABLE

FIG.1.5 QUEMADORES ELEVADOS.

1. ANALISIS DE CARGA AL SISTEMA.

El primer paso en el diseño de un sistema de relevo es un análisis detallado de todas las posibles situaciones que involucren la descarga de fluidos mediante dispositivos de relevo de presión, para determinar la máxima carga en alguna condición de emergencia.

El primer paso en el análisis del sistema puede ser ubicar sobre un Plot Plan todos los dispositivos de relevo de presión así como algunas de sus características de operación, sobre todo los flujos a manejar. De esta manera se pueden checar combinaciones de diferentes flujos que pudieran ocurrir en ciertas emergencias, y obtener la mayor carga que pudiera presentarse en el sistema.

Toda emergencia que provoca sobrepresión es causa de una contingencia específica. La ocurrencia simultánea de dos o más contingencias no relacionadas es poco probable, y raramente se usa como base para determinar la máxima carga del sistema.

Cada unidad de proceso debe ser estudiada individualmente. Si ciertas contingencias involucran más de una unidad, entonces todas las unidades involucradas deberán considerarse como una entidad.

2. ARREGLO DEL SISTEMA.

Una vez que se han identificado las diferentes combinaciones de cargas para todas las posibles contingencias, lo siguiente es seleccionar la forma de descarga y la ruta de líneas a seguir. La forma de descarga puede ser una sola

válvula que descargue a la atmósfera o un sistema cerrado con múltiples válvulas.

Colocando sobre un Plot Plan los diferentes dispositivos de relevo de presión se puede por inspección conocer la posible ruta de los cabezales principales. En algunos casos puede ser más económico subdividir el área total en áreas más pequeñas y protegerlas con subcabezales en lugar de usar uno mayor para el área total. Esto requiere una justificación basada en los costos de tubería, soportes y otros componentes relacionados.

Solo un estudio detallado del arreglo del equipo junto con un análisis de los datos de cada dispositivo de relevo puede determinar el sistema más adecuado para una planta o plataforma particular.

3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LOS COMPONENTES.

A. DISPOSITIVOS DE RELEVO.

El exceso de presión en un equipo puede ser originado por diferentes causas, y la masa necesaria de relevar es diferente en cada caso. De las diferentes causas de aumento de presión sólo una de ellas ocurrirá a la vez. No pueden existir causas simultáneas, en todo caso, una causa puede dar origen a otra. Cuando hay varias causas posibles, el dispositivo de relevo se diseñará para la mayor masa posible de generarse, así también funcionará adecuadamente para las demás causas.

Las causas de sobrepresión más comunes son las que se listan a continuación:

- Fuego externo.
- Descarga bloqueada.

- Ruptura de tubos.
- Falla de agua de enfriamiento.
- Falla de reflujo.
- Expansión térmica de líquidos.
- Falla de corriente eléctrica.
- Falla de controles o de aire de instrumentos.

Además de las anteriores, pueden existir fallas en las cuales no es factible usar este tipo de dispositivos. Tal es el caso que se presenta cuando existe una explosión interna y se desea proteger el o los recipientes, para lo cual es de uso común el disco de ruptura.

El dispositivo de relevo debe estar diseñado en tal forma que maneje la masa necesaria de relevar, y además que no sea mayor de lo realmente requerido pues se elevaría su costo en forma innecesaria.

Para llevar a cabo el dimensionamiento de una válvula de seguridad, se requiere ante todo del conocimiento de la masa a relevar y de sus características.

Algunas de las características del sistema necesarias para el cálculo de válvulas de seguridad son la presión de ajuste, la temperatura de relevo y la sobrepresión.

La presión de ajuste es la presión a la cual se ha ajustado el resorte de la válvula. Cuando la presión del sistema se eleva hasta ese valor la válvula empieza a abrirse. La temperatura de relevo puede variar para un mismo fluido dependiendo de la causa de relevo. La sobrepresión es la fuerza extra, dentro del recipiente, por arriba del punto de ajuste que permite la abertura máxima de la válvula.

Una vez que se conocen las características del sistema y las masas a relevar se procede a calcular el área de flujo requerida ^{1,3}.

Cuando el área del orificio calculada no se puede obtener comercialmente en una sola válvula, puede ser necesario utilizar un arreglo de varias válvulas para manejar la cantidad de flujo a relevar requerida.

B. TUBERIA.

El criterio para diseñar tuberías de descarga es que la contrapresión, que existe en el sistema de descarga, no reducirá la capacidad de relevo de alguno de los dispositivos de seguridad por abajo de la cantidad requerida para proteger de sobrepresión el recipiente correspondiente. Los factores principales que afectan al diseño de los cabezales de un sistema de relevo cerrado son:

- La distribución física de la planta.
- El proceso que se lleva a cabo.
- La máxima descarga simultánea a los cabezales.
- Tipo y características de las válvulas de relevo ya seleccionadas.
- La máxima caída de presión disponible o permisible.
- El método matemático para el cálculo de esta caída de presión, para establecer los diámetros del sistema.

La causa que maneje la mayor masa total será la que gobierne el dimensionamiento del diámetro, aunque en los casos en que dos o más causas tengan masas totales similares, es posible que la de mayor temperatura de relevo sea la que gobierne el dimensionamiento al conducir los mayores volúmenes.

El dimensionamiento se hace por tramos, generalmente el punto de partida es la punta del quemador, ya que ahí se

conoce la presión, que es la atmosférica, y los cálculos se van hacia atrás o corriente arriba.

Cuando se han establecido los requerimientos máximos de relevo y la máxima contrapresión, puede realizarse el dimensionamiento¹.

C. TANQUES.

El diseño de un tanque separador generalmente es un procedimiento de ensayo y error. Primero se determina el tamaño del tanque requerido para separar el líquido que entra. Y después se debe considerar el efecto del líquido almacenado.

El procedimiento completo para el dimensionamiento de estos tanques se presenta en el siguiente capítulo.

D. QUEMADORES.

Para el diseño del quemador de campo se tienen que considerar las siguientes características:

- Que sea capaz de quemar los vapores relevados durante la peor emergencia.
- Los vapores que lleguen al quemador deberán estar completamente libres de líquido.
- Reducir al mínimo la formación de humo.
- Localización a la distancia necesaria para dar seguridad al personal y equipo en la planta.
- Prevención del retorno de la flama.

El diseño del quemador requiere la determinación del diámetro y la altura de la chimenea. La chimenea debe tener un diámetro que sea adecuado para mantener una flama estable, con la previsión de que en una emergencia mayor esta flama no

se apague. En general se puede afirmar que el diámetro del quemador deberá ser mayor que el diámetro del cabezal que llega a él.

Para determinar la localización y altura del quemador de campo es necesario considerar los efectos de la radiación de calor sobre el personal y equipo ¹.

CAPITULO 2

METODOLOGIA DE CALCULO

2.1 CRITERIOS DE DISEÑO (DIMENSIONAMIENTO)

TIEMPOS DE RESIDENCIA DE LIQUIDOS.

El tiempo de residencia es el tiempo mínimo requerido para proporcionar una flexibilidad de operación razonable y suficiente para detectar y corregir una falla menor, sin tener que parar el proceso de producción. El tiempo necesario entre la detección y la corrección del problema depende tanto de la experiencia del personal como del grado de sofisticación de la instrumentación de la planta.

En la tabla 2.1 se presentan algunas recomendaciones para tiempos de residencia de líquidos en operaciones típicas. Estas recomendaciones se basan en un personal de operación experimentado y en una unidad bien instrumentada. Dependiendo de estos dos factores el diseñador incrementará los tiempos de residencia empleando la siguiente ecuación:

$$\theta_{RC} = \theta_R + \frac{(f_1 + f_2)}{2}$$

Donde:

θ_{RC} : Tiempo de residencia corregido, min.

θ_R : Tiempo de residencia recomendado de tabla, min.

<u>Personal</u>	<u>f₁</u>	<u>Instrumentación</u>	<u>f₂</u>
Experimentado	1.0	Bien instrumentado	1.0
Bien entrenado	1.2	Instrumentación normal	1.2
Sin experiencia	1.5	Pobremente instrumentado	1.5

RELACION DE DISEÑO L/D.

La selección de un valor adecuado para la relación L/D de un tanque, para un determinado servicio, debe considerar los siguientes factores:

1. Las consideraciones de proceso son predominantes sobre las consideraciones de costos, es decir, la forma de un tanque suele fijarse por los requerimientos de tiempos de residencia de líquido, áreas mínimas de vapor, velocidades de asentamiento, etc. Muy a menudo la relación L/D se fija por limitaciones del plano de distribución de equipo y por especificaciones del cliente.

2. Puede ser difícil construir y operar (problemas de mantenimiento) tanques con diámetros inferiores a 2 ft, especialmente si se van a colocar internos tales como mamparas, eliminadores de niebla, controladores especiales de nivel, etc.

3. Las consideraciones de costos dictan una relación óptima L/D para cualquier volumen de tanque. Los criterios que se dan en seguida llevarán en la mayor parte de los casos prácticos a costos de diseño casi mínimos.

La relación L/D de todos los recipientes de proceso debe estar dentro del siguiente rango, $3 < L/D < 5^2$. También es posible, conociendo la presión de operación del tanque, elegir la relación L/D de la siguiente tabla²:

<u>Presión de operación (psig)</u>	<u>L/D</u>
100 o menos	3
101-300	4
301-600	5

**TABLA 2.1 TIEMPOS DE RESIDENCIA DE LIQUIDO
ENTRE NIVEL MAXIMO Y MINIMO.**

SERVICIO	T _r (min)
UN TANQUE DE BALANCE ALIMENTA UNA UNIDAD DE PROCESO, PERO RECIBE EL LIQUIDO DE OTRA UNIDAD QUE ESTA UGADA A UN CUARTO DE CONTROL SEPARADO.	20
IGUAL QUE EL ANTERIOR, PERO EL TANQUE DE BALANCE RECIBE EL LIQUIDO DE UNA UNIDAD DE PROCESO LIGADA AL MISMO CUARTO DE CONTROL.	16
UN TANQUE DE BALANCE ALIMENTA UNA UNIDAD DE PROCESO PERO RECIBE EL LIQUIDO DE TANQUES FUERA DE LA PLANTA.	16
UN LIQUIDO DE UN TANQUE DE BALANCE QUE ALIMENTA A UNA TORRE LIGADA A UN CUARTO DE CONTROL SEPARADO.	12
UN LIQUIDO DE UN TANQUE DE BALANCE QUE ALIMENTA A UNA TORRE LIGADA AL MISMO CUARTO DE CONTROL.	8
EL LIQUIDO DE UN TANQUE DE BALANCE A TANQUES FUERA DE LA PLANTA O DIRECTAMENTE A UN TANQUE DE ALIMENTACION PARA OTRA UNIDAD (FLUJO POR GRAVEDAD).	9
IGUAL QUE EL ANTERIOR, PERO EL LIQUIDO SE BOMBEA DESDE EL TANQUE DE BALANCE.	5
UN LIQUIDO DE UN TANQUE DE BALANCE QUE ES LA UNICA CARGA A UN CALENTADOR A FUEGO DIRECTO.	10
UN SEPARADOR VAPOR-LIQUIDO ENTRE UNA UNIDAD DE SEPARACION DE ALTA PRESION Y OTRA DE BAJA PRESION.	4
UN TANQUE DE DESTILADO QUE ACTUA UNICAMENTE COMO ACUMULADOR DE REFLUJO.	6
TANQUES DE ALIMENTACION A UN REACTOR.	26
TANQUES SEPARADORES DE ARRASTRE A LA SUCCION DE UN COMPRESOR, EN BASE A LA VELOCIDAD DEL LIQUIDO DE LA MAYOR UNIDAD PRODUCTORA DE LIQUIDO ANTES DEL COMPRESOR.	10
TIEMPO DE RESIDENCIA ADICIONAL O DE EMERGENCIA PARA TANQUES SEPARADORES DE ARRASTRE ENTRE ETAPAS (EN BASE A UNA VELOCIDAD MAXIMA DE PRODUCCION DE CONDENSADO).	10
TANQUES DE DESFOQUE CON BOMBAS ARRANCADAS AUTOMATICAMENTE.	10
TANQUES DE DESFOQUE CON BOMBAS ARRANCADAS MANUALMENTE.	30

2.2 OTROS CRITERIOS EN EL DISEÑO DE TANQUES.

1. CRITERIOS PARA FIJAR LAS DIMENSIONES FINALES DEL RECIPIENTE.

Una vez que se obtienen las dimensiones por cálculo del equipo, por economía se debe uno referir a las medidas ya establecidas como comerciales.

Los fabricantes de recipientes emiten catálogos con las medidas comerciales de las distintas partes de un recipiente. Por ejemplo, para fijar el diámetro del recipiente, se debe considerar que los fabricantes hacen cabezas que varían sus dimensiones de 15.24 cm en 15.24 cm (1/2 pie en 1/2 pie), o sea que el diámetro se redondeará, según el caso, del valor calculado al diámetro inmediato superior, o bien al diámetro inmediato inferior comercial. De igual manera para fijar la longitud del recipiente es conveniente conocer cuáles son los anchos de las placas comerciales, la siguiente es una lista de dichas

longitudes²:

- 1219 mm (4 pies)
- 1829 mm (6 pies)
- 2438 mm (8 pies)
- 3048 mm (10 pies)
- 3658 mm (12 pies)

Los anchos de las placas más comunes en el mercado son las de 1829 mm (6 pies) y 2438 mm (8 pies).

O sea que para fijar la longitud de un recipiente, es conveniente redondear la longitud calculada al ancho comercial de alguna de las placas, o bien al ancho de una combinación de ellas.

2. NIVELES DE LIQUIDO.

En forma general se pueden establecer los siguientes criterios (fig. 2.1):

- El nivel máximo se localizará al 90% de la capacidad total del recipiente, lo que en recipientes horizontales corresponde aproximadamente a $0.85D$ y en recipientes verticales a $0.9L$; si $D-0.85D$ ó $L-0.9L$ son menores de 230 mm, se tomará este último valor.
- Se recomienda usar 152 mm como nivel mínimo.
- El nivel normal se considerará al 60% entre el nivel mínimo y el máximo.
- Cuando se instale alarma por alto nivel, esta se colocará al 80% entre el nivel mínimo y el nivel máximo.
- Cuando se instale alarma por bajo nivel, esta se colocará al 25% entre el nivel mínimo y el nivel máximo.

Los niveles máximo y mínimo indican el rango de control efectivo del instrumento de nivel.

3. ESPECIFICACION DE BOQUILLAS.

Además de las boquillas de alimentación y de salida de un tanque, este puede contar con otras que le son útiles para la correcta operación y mantenimiento del mismo (fig. 2.2):

A. REGISTRO DE HOMBRE.

Normalmente se consideran de un diámetro de 18", exceptuando el caso de recipientes con mallas, en los que se recomienda utilizar registros de 20". Por lo general solo es necesario un registro excepto en recipientes especiales (torres,

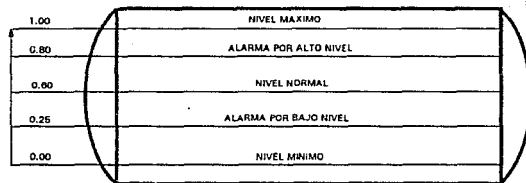
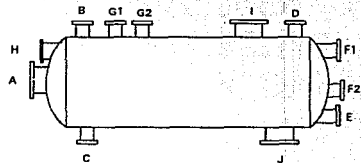
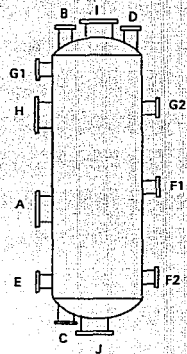


FIG. 2.1 NIVELES DE LIQUIDO.



TANQUE HORIZONTAL

- BOQUILLAS:
 A: REGISTRO DE HOMBRE
 B: VENTEO
 C: DRENO
 D: VALVULA DE SEGURIDAD
 E: CONEXION DE SERVICIO
 F1 Y F2: INDICADOR DE NIVEL
 G1: INDICADOR DE TEMPERATURA
 G2: INDICADOR DE PRESION
 H: ALIMENTACION
 I: SALIDA DE VAPOR
 J: SALIDA DE LIQUIDO



TANQUE VERTICAL

FIG. 2.2 BOQUILLAS TÍPICAS DE UN TANQUE.

reactores, etc.) que pudieran requerir de un número mayor para facilidad de acceso en instalación y mantenimiento de internos.

B. BOQUILLAS DE VENTEO.

Normalmente se instalarán las boquillas de venteo sobre las tuberías conectadas al recipiente, siempre y cuando dichas tuberías salgan por la parte superior del mismo, y no existan válvulas o bridas ciegas entre el recipiente y el venteo.

El diámetro de la boquilla de venteo deberá ser cuando menos dos diámetros nominales inferior al de la tubería en el cual se colocará. Por otra parte, el diámetro mínimo de una boquilla de venteo que se tenga que conectar sobre un recipiente será de 1¹/₂" tomando en cuenta que es la mínima conexión que se puede hacer en forma bridada.

En términos generales las dimensiones de las boquillas de venteo dependerán de la capacidad volumétrica del recipiente.

C. BOQUILLAS DE DRENAJE.

Normalmente se instalarán boquillas de drenaje en el punto inferior de los recipientes, excepto en el caso de los recipientes cuya boquilla de descarga de líquido no tenga una proyección interna en el mismo.

Las boquillas de drenaje conectadas sobre las líneas de fondos asociadas al recipiente, deberán ser cuando menos dos diámetros nominales inferiores al de la tubería en la cual se coloque. Las dimensiones de las boquillas dependen en términos generales de la capacidad volumétrica del recipiente.

D. CONEXIONES PARA VALVULAS DE SEGURIDAD Y DISCOS DE RUPTURA.

Normalmente estos dispositivos deberán instalarse sobre las líneas asociadas a los recipientes correspondientes, exceptuando los casos en que debido al diámetro de dichas válvulas sea necesario instalarlas sobre el propio recipiente.

E. CONEXIONES DE SERVICIO.

Normalmente se instalarán boquillas de servicio, donde se requiera, de 2" de diámetro en la parte inferior lateral de cada recipiente.

F. BOQUILLAS DE CONTROL DE NIVEL.

Normalmente se instalarán dos boquillas para el control de nivel, utilizándose conexiones bridadas de 1¹/₂". La boquilla de nivel mínimo se instalará a la misma altura de dicho nivel (normalmente 6"); la boquilla de nivel máximo se instalará normalmente a una distancia de 6" sobre la altura de dicho nivel.

G. BOQUILLAS PARA INDICACION DE PRESION Y TEMPERATURA.

Normalmente estas boquillas se colocan en el recipiente. Se utilizan conexiones de 1¹/₂" de diámetro.

4. MALLAS SEPARADORAS.

Las mallas separadoras son elementos separadores estacionarios fabricados con alambre o material plástico tejido, de perforaciones generalmente pequeñas cuya función es servir como superficie de choque para la separación de partículas de líquido.

La definición del tipo de malla generalmente está dada por el número de hilos que se encuentran en un área de una pulgada cuadrada. De tal forma que el tipo de malla a usarse depende del grado de filtración que se desee en el sistema. En otras palabras, el grado de filtración está dado por la longitud del espacio libre dejado por los alambres de la malla y por la forma de la partícula que va a ser retenida.

Las mallas se fabrican en una gran variedad de materiales: aceros inoxidable, aceros al carbón, níquel, aluminio, monel, hasteloy, cobre, polietileno, etc.

En el caso de la instalación de la malla el recipiente podrá ser horizontal o vertical, pero la malla siempre debe estar en el plano horizontal con el objeto de evitar la acumulación de líquido. Puesto que el material no es autosoportable, es necesario instalar barras soporte en su punto de localización en el recipiente, en la mayoría de los casos también es conveniente instalar barras de retención en la parte superior de la malla, de acuerdo a las instrucciones del fabricante, ya que el material tenderá a subirse con una pulsación repentina del vapor en el sistema.

2.3 CRITERIOS PARA ESTABLECER LAS BASES DE DISEÑO MECANICO.

1. PRESION DE DISEÑO.

La presión de operación de un recipiente es la presión a la que operará normalmente, o bien la presión máxima que puede alcanzar en operación normal; la presión de diseño es la presión de operación afectada por un factor de seguridad adicional, como un factor por alteraciones probables a las condiciones normales.

A. Presiones de operación superiores a la atmosférica.
La presión de diseño será equivalente a la máxima presión de operación en el recipiente, más un 10% o 2 Kg/cm² empleándose el valor que resulte mayor. En caso de que la presión de vapor del líquido, correspondiente a la temperatura máxima que pudiera alcanzar dicho líquido, sea superior a los anteriores valores, se considerará una presión de diseño equivalente a la presión de vapor a dicha temperatura, más 10% o 2 Kg/cm², empleándose el valor que resulte mayor.

B. Presiones de operación inferiores a la presión atmosférica.

Se considerará como condición de diseño el vacío total.

C. Presiones de operación positivas y subatmosféricas.

Para el caso de recipientes que operen a presiones superiores a la atmosférica, pero que en determinadas circunstancias, aunque sólo fuera momentáneamente, también operen a presiones inferiores a la atmosférica, se tomarán en cuenta las dos condiciones de diseño respectivas, es decir, 2 Kg/cm² o 10% adicionales sobre la presión máxima y el vacío total.

D. Presiones de operación atmosféricas.

No se considerará un sobrediseño sobre dicha presión para equipos que operen a estas condiciones.

2. TEMPERATURA DE DISEÑO.

A. Temperaturas máximas de operación de -29 °C a 340 °C.

La temperatura de diseño será equivalente a la máxima temperatura que puede presentarse en el recipiente, incrementada por un sobrediseño de 15 °C.

B. Temperaturas de operación inferiores a -29°C .

Se considerará como condición de diseño la temperatura mínima de operación esperada.

C. Temperaturas máximas de operación superiores a 340°C .

Los recipientes que vayan a operar a estas condiciones serán diseñados para una temperatura igual a la temperatura máxima de operación, sin considerar ningún sobrediseño adicional.

3. CORROSION.

El espesor por corrosión es un espesor adicional que se da a la placa que forma el recipiente, adicional al espesor requerido por el esfuerzo mecánico, para que pueda desgastarse durante su vida útil, sin disminuir su resistencia mecánica. Es decir, que al término de la vida útil del equipo, el recipiente quedará con el espesor necesario para resistir la presión de diseño.

Se han realizado diversas pruebas con distintos compuestos y condiciones de operación sobre el desgaste por corrosión en diferentes materiales. Dichos desgastes pueden encontrarse en la literatura⁶, y con ellos puede obtenerse el espesor por corrosión recomendado para diferentes materiales. Cuando el material tenga una corrosión mínima o despreciable se usará como valor mínimo $1/16''$ ⁸.

4. AISLAMIENTO.

Cuando por condiciones de proceso se requiere que una corriente no pierda calor, todos los recipientes, equipo y tubería, cuya temperatura de operación sea de 35°C o mayor, deberá aislarse a menos que se especifique otra cosa.

En caso que se quiera evitar que la corriente absorba calor del medio ambiente, todos aquellos recipientes que operen a una temperatura de 35°C o menor deberán usarse con aislamiento.

Se instalará aislamiento para protección a personal en todos aquellos recipientes, equipo y tubería, cuya temperatura de operación sea de 65 °C o mayor.

No se aislarán exteriormente los recipientes con revestimiento refractario interior, a menos que se especifique otra cosa.

E. MATERIALES DE CONSTRUCCION.

En la selección de un material existen ciertos factores que deben considerarse:

- Seguridad personal.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia mecánica.
- Resistencia térmica.
- Características del fluido y condiciones de operación.
- Disponibilidad en el mercado y tiempo de entrega.

Para efectuar una buena selección del material es recomendable seguir los siguientes pasos:

1. Definición del servicio.

Es importante que esté bien identificado el fluido a manejar, las características corrosivas de éste y el servicio que va a prestar.

2. Definición de las condiciones de servicio.

Es necesario conocer en la forma más extensa posible todas las condiciones de operación posibles. Las condiciones de servicio (presión y temperatura) que se tomarán como base en la selección y especificación de materiales deberán ser las condiciones extremas de operación.

3. Una vez que se ha definido el servicio y las condiciones extremas de operación, se procede a seleccionar las posibles alternativas de materiales basándose en las tablas de datos de corrosión que se encuentran en la literatura, donde se indica que tan recomendable es cierto material para diferentes fluidos a distintas concentraciones y temperaturas.

Posteriormente se procede a evaluar las características de cada alternativa, hasta llegar a la selección más adecuada, de manera que el material elegido funcione satisfactoriamente durante las condiciones extremas de operación.

6. SELECCION PRELIMINAR DEL TIPO DE CABEZAS.

La selección del tipo de cabezas para un recipiente cilíndrico es de gran importancia, debido a que normalmente las cabezas son el punto crítico de falla en los recipientes sujetos a presión interna.

Existen tres tipos principales de cabezas usadas comúnmente en diseño y construcción de recipientes de proceso:

- Cabeza hemisférica.
- Cabeza elipsoidal o elíptica.
- Cabeza torisférica.

En la fig. 2.3 se encuentran representados los tres tipos de cabezas, así como sus relaciones dimensionales.

Pueden usarse las siguientes recomendaciones para hacer una selección preliminar del tipo de cabezas:

Cabezas torisféricas.

$$D < 15 \text{ ft}, \quad P \leq 100 \text{ psig}$$

Cabezas elípticas 2:1.

$$D < 15 \text{ ft}, \quad 100 \text{ psig} \leq P \leq 450 \text{ psig}$$

Cabezas hemisféricas..

$$D < 15 \text{ ft}, \quad P > 450 \text{ psig}$$

$$D > 15 \text{ ft}, \quad P < 450 \text{ psig}$$

Donde: D: Diámetro del recipiente.

P: Presión de diseño.

La cabeza más resistente, por su forma, es la hemisférica pero también es la más costosa. Cuando la presión lo permite, se prefieren cabezas elípticas o torisféricas.

7. CARGAS.

Las cargas a considerar en el diseño de un recipiente incluyen:

- Presión interna o externa.
- Peso del recipiente y contenido bajo condiciones de operación o de prueba (esto incluye presión adicional debido a la carga hidrostática de líquidos).
- Reacciones superimpuestas debidas al peso de otros equipos montados sobre el recipiente, aislamiento, capas para protección por corrosión o erosión y tuberías.



A) ELIPTICA

B) TORISFERICA

B) HEMISFERICA

DONDE:

t : ESPESOR

r : RADIO DE TRANSICION

D : DIAMETRO DEL RECIPIENTE

L : RADIO DE LA CABEZA

h : PROFUNDIDAD DE LA CABEZA

FIG. 2.3 CABEZAS COMUNES PARA RECIPIENTES DE PROCESO

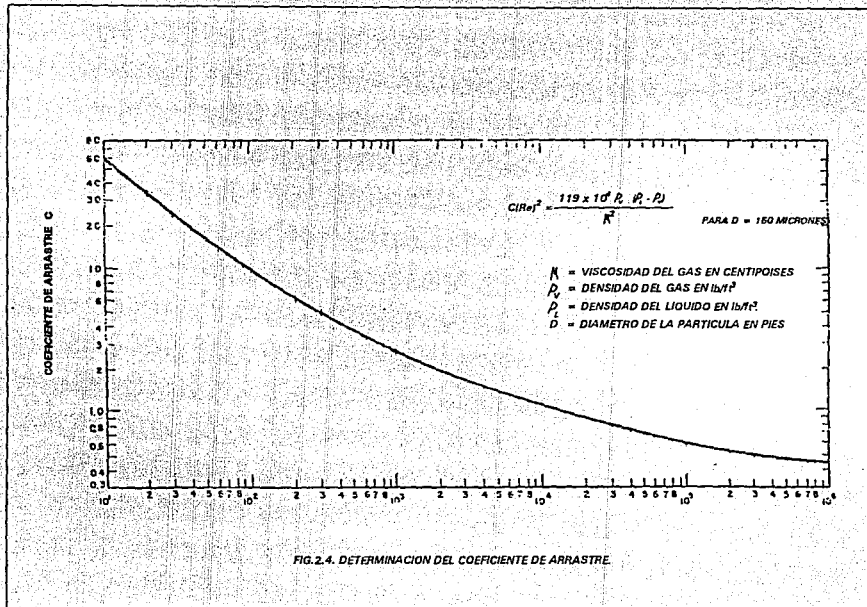


FIG.2.4. DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE ARRASTRE

- Cargas por viento y movimientos de tierra donde se requieran.
- Reacciones de anillos, silletas y otros tipos de soportes, así como de internos.
- El efecto de gradientes de temperatura sobre el esfuerzo máximo.

2.4 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE.

Existen diferentes procedimientos para dimensionar tanques separadores líquido-vapor^{1,7,8,10,11} para servicio general. El método de cálculo que se presenta enseguida es el que se utilizará en el desarrollo de este trabajo, y es el correspondiente al dimensionamiento de tanques de desfogue que se encuentra en el API 521.

El dimensionar un separador de desfogue generalmente es una solución de ensayo y error. Primero se determina el tamaño requerido para la correcta separación del líquido arrastrado en la corriente gaseosa. Las partículas de líquido se separarán cuando el tiempo de residencia de la corriente vapor o gas sea igual o mayor que el tiempo requerido para que la gota de líquido viaje la distancia vertical disponible, y además que la velocidad vertical del gas o vapor sea lo suficientemente baja para permitir que la gota de líquido caiga en lugar de ser arrastrada. La distancia vertical disponible se toma como la distancia desde la parte más alta del tanque o de la boquilla de entrada hasta el nivel del líquido.

Cuando una partícula de líquido cae por gravedad en un medio gaseoso o vapor, se acelerará hasta que una fuerza de arrastre equilibre la fuerza de la gravedad. En ese momento la partícula de líquido caerá a una velocidad constante

conocida como velocidad terminal que está dada por la ecuación:

$$U_t = \sqrt{\frac{2g m_p (\rho_L - \rho_v)}{A_p \rho_L \rho_v C}}$$

Donde:

U_t : Velocidad terminal, ft/seg

g : Aceleración de la gravedad, 32.2 ft/seg²

m_p : Masa de la partícula, lb

A_p : Área proyectada de la partícula, ft²

Considerando una forma de partícula esférica tenemos

$$U_t = \sqrt{\frac{4g D_p (\rho_L - \rho_v)}{3 \rho_v C}}$$

Considerando una partícula con tamaño de 150 μ que es manejada sin problemas por un quemador comercial^{1,4}, la velocidad permisible queda como sigue:

$$U_d = 0.145 \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_v}{\rho_v C}} \quad \dots\dots (1)$$

Existen leyes que rigen el asentamiento de las partículas dependiendo del tamaño de las mismas y considerando que se trata de partículas rígidas esféricas. Para tamaños hasta 100 micrones aplica la ley de Stokes; de 100 a 1000 micrones

la denominada ley intermedia y de 1000 hasta 100 000 micrones la ley de Newton.

Estas leyes se diferencian en la forma de calcular el coeficiente de arrastre (C)⁶. Este es función de la forma de la partícula y del número de Reynolds (Re).

Para nuestro caso, aunque por tamaño caemos en la región de la ley intermedia, al no tratarse de partículas rígidas si no más bien de gotas de líquido en gas, para determinar el valor de C puede usarse la figura 2.4⁶, para esto se necesita conocer el valor del término C(Re)² que se define matemáticamente como:

$$C(Re)^2 = \frac{0.95 \times 10^8 \rho_v D_p^3 (\rho_l - \rho_v)}{\mu^2}$$

Y considerando un diámetro de partícula de 150 μ^l tenemos:

$$C(Re)^2 = \frac{119 \times 10^{-4} \rho_v (\rho_l - \rho_v)}{\mu^2} \dots (2)$$

El segundo paso del dimensionamiento es considerar el efecto del líquido almacenado. Las corrientes de líquido que se envían al tanque se determinan por los requerimientos de cada diseño, por la composición de las corrientes y sus características. Para determinar la cantidad de líquido que se almacenará es necesario conocer, además del gasto del líquido, el tiempo de residencia que se le dará a la corriente. Los tiempos de residencia que se recomiendan son:

* 10 a 15 min para tanques que tengan bombas con arranque automático a nivel alto, y hasta 30 min para tanques sin bombas o bombas arrancadas manualmente¹.

El procedimiento en el diseño de un tanque de desfogue horizontal sigue aproximadamente los siguientes pasos:

1. Determinar el valor de $C(Re)^2$ con ec. 2.
2. Obtener el valor de C de la Fig. 2.4.
3. Cálculo de velocidad permisible U_d con ec. 1.
4. Suponer valores de longitud (L) y diámetro (D) para el tanque, de preferencia que la relación L/D esté dentro de los valores recomendados.
5. Con L y D calcular el área transversal (A_t) y volumen total (V_r) del tanque.
6. Cálculo de la altura ocupada por el líquido (HL) y del área transversal disponible para el flujo de vapor (A_v).

El volumen de líquido está definido por:

$$V_L = Q_L T_r$$

La relación de volúmenes es:

$$V_L / V_r = F(Z_c)$$

Con este factor se obtiene la fracción de altura ocupada por el líquido de la tabla 2.2.

$$HL = Z_c D$$

$$A_v = A_t (1 - F(Z_c))$$

7. Cálculo del tiempo de caída de la gota (θ).
La altura disponible para flujo de vapor es:

$$H_v = D - HL$$

$$\theta = H_v / U_d$$

8. Cálculo de la velocidad del vapor en el cuerpo del cilindro (U_v)

$$U_v = Q_v / A_v$$

9. La longitud mínima requerida se obtiene como:

$$L_{\min} = Uv \theta$$

Una vez que se obtiene este valor se realiza una comparación con la longitud supuesta L . En caso de que L_{\min} sea mayor que L , se reinicia el cálculo en el punto 4 variando las dimensiones, hasta que L cubra a L_{\min} .

Cuando ya se obtiene esto último, se debe considerar adicionalmente, por economía, que L no sobrepase a L_{\min} por más de un tamaño comercial de placa (2ft).

Para el caso de un tanque de desfoque vertical se procede de igual forma que para tanques horizontales hasta el punto 3, de ahí en adelante continuar con los siguientes pasos:

- Determinar el área de sección transversal necesaria y el diámetro requerido.

$$A_t = Q_v / U_d$$

$$D_v = \sqrt{\frac{4 A_t}{\pi}}$$

Este valor se ajusta a dimensiones comerciales.

- Determinar la longitud mínima del tanque en base a la relación L/D que se seleccione.

NOMENCLATURA:

U_d : Velocidad permisible, ft/seg

L : Longitud supuesta del tanque, ft

D : Diámetro supuesto del tanque, ft

A_t : Área transversal del tanque, ft^2

TABLA 2.2

COEFICIENTES DE VOLUMENES PARCIALES DE CILINDROS HORIZONTALES, f(Zc)

ZC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.00	.000000	.000053	.000151	.000279	.000429	.000600	.000789	.000992	.001212	.001445
.01	.001682	.001852	.002223	.002507	.002800	.003104	.003419	.003743	.004077	.004421
.02	.004773	.005134	.005503	.005881	.006267	.006660	.007061	.007470	.007889	.008410
.03	.008742	.009179	.009625	.010078	.010534	.010999	.011470	.011947	.012432	.012920
.04	.013417	.013919	.014427	.014940	.015459	.015985	.016516	.017052	.017593	.018141
.05	.018692	.019250	.019813	.020382	.020955	.021531	.022111	.022703	.023296	.023891
.06	.024486	.025103	.025716	.026331	.026952	.027578	.028208	.028842	.029481	.030124
.07	.030772	.031424	.032081	.032740	.033405	.034073	.034747	.035423	.036104	.036789
.08	.037478	.038171	.038867	.039569	.040273	.040981	.041694	.042410	.043129	.043852
.09	.044579	.045310	.046043	.046782	.047523	.048268	.049017	.049769	.050524	.051283
.10	.052044	.052810	.053579	.054351	.055128	.055905	.056689	.057474	.058262	.059054
.11	.059850	.060648	.061449	.062253	.063062	.063872	.064687	.065503	.066323	.067147
.12	.067972	.068802	.069633	.070469	.071307	.072147	.072991	.073838	.074686	.075538
.13	.076393	.077251	.078112	.078975	.079841	.080709	.081581	.082456	.083332	.084212
.14	.085094	.085979	.086868	.087760	.088650	.089545	.090443	.091343	.092246	.093153
.15	.094061	.094971	.095884	.096799	.097717	.098638	.099560	.100486	.101414	.102343
.16	.103275	.104211	.105147	.106087	.107028	.107973	.108920	.109869	.110820	.111773
.17	.112728	.113688	.114646	.115607	.116572	.117538	.118508	.119477	.120450	.121423
.18	.122403	.123382	.124364	.125347	.126333	.127321	.128310	.129302	.130296	.131291
.19	.132290	.133281	.134282	.135290	.136302	.137310	.138320	.139332	.140346	.141361
.20	.142378	.143398	.144419	.145443	.146469	.147494	.148524	.149554	.150587	.151621
.21	.152658	.153692	.154717	.155740	.156762	.157787	.158815	.159843	.160873	.161903
.22	.163120	.164176	.165233	.166282	.167333	.168385	.169438	.170490	.171541	.172592
.23	.173753	.174826	.175900	.176976	.178053	.179131	.180210	.181294	.182378	.183463
.24	.184650	.185679	.186720	.187762	.188812	.189867	.191102	.192200	.193299	.194400

TABLA 2.2 (CONTINUACION).

COEFICIENTES DE VOLUMENES PARCIALES DE CILINDROS HORIZONTALES, f(z)

ZC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.26	.195501	.198604	.197709	.198814	.198822	.201031	.202141	.203253	.204368	.205483
.26	.206900	.207718	.208837	.209957	.211078	.212202	.213328	.214453	.215580	.216708
.27	.217839	.218970	.220102	.221235	.222371	.223507	.224645	.225783	.226924	.228075
.28	.229209	.230352	.231498	.232644	.233791	.234941	.236091	.237242	.238395	.239548
.28	.240703	.241859	.243016	.244173	.245333	.246494	.247655	.248819	.249983	.251148
.30	.262315	.263483	.264652	.265822	.266992	.268165	.269338	.270512	.271687	.272863
.31	.274038	.275218	.276397	.277578	.278760	.279942	.281128	.282310	.283495	.284682
.32	.275968	.277058	.278147	.279237	.280327	.281420	.282513	.283607	.284701	.285800
.33	.287795	.288892	.290191	.291390	.292591	.293793	.294995	.296198	.297402	.298605
.34	.299814	.301021	.302228	.303438	.304648	.305857	.307068	.308280	.309492	.310705
.36	.311618	.313134	.314650	.315566	.316783	.318001	.319219	.320438	.321650	.322861
.37	.324104	.325326	.326550	.327774	.328999	.330229	.331461	.332698	.333905	.335134
.38	.338303	.339519	.340823	.342064	.343298	.344519	.345751	.346985	.348220	.349455
.39	.349880	.349828	.351104	.352402	.353640	.354878	.356119	.357358	.358588	.359840
.39	.361082	.362325	.363568	.364811	.366058	.367300	.368545	.369780	.371038	.372282
.40	.373630	.374778	.376029	.377275	.378524	.379774	.381024	.382274	.383526	.384778
.41	.386030	.387283	.388537	.389790	.391014	.392298	.393553	.394808	.396063	.397320
.42	.398577	.399834	.401092	.402350	.403608	.404868	.406125	.407384	.408643	.409894
.43	.411165	.412428	.413687	.414910	.416214	.417473	.418736	.419998	.421261	.422527
.44	.423788	.425052	.426316	.427582	.428845	.430112	.431378	.432645	.433911	.435178
.46	.436445	.437712	.438979	.440240	.441514	.442782	.444050	.445318	.446587	.447857
.46	.448125	.450304	.451683	.452932	.454201	.455472	.456741	.458012	.459283	.460354
.47	.461826	.463098	.464307	.465508	.466910	.468182	.469453	.470725	.471607	.473288
.48	.474541	.475814	.477086	.478359	.479631	.480903	.482176	.483419	.484722	.485903
.49	.487269	.488542	.489814	.491087	.492360	.493633	.494906	.496197	.497452	.498726

TABLA 2.2 (CONTINUACION).

COEFICIENTES DE VOLUMENES PARCIALES DE CILINDROS HORIZONTALES, (fZc)

Zc	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.50	.500000	.512174	.526218	.543821	.565094	.590367	.620640	.656913	.701186	.754458
.51	.512734	.514003	.516278	.519551	.524821	.532097	.541368	.552641	.565914	.581186
.52	.526469	.526731	.528003	.529275	.530547	.531818	.533090	.534362	.535633	.537908
.53	.538176	.539448	.540717	.541988	.543259	.544528	.545799	.547068	.548337	.549606
.54	.550876	.552143	.553413	.554682	.555950	.557218	.558486	.559754	.561021	.562288
.55	.563556	.564822	.566088	.567356	.568622	.569888	.571154	.572418	.573684	.574948
.56	.576212	.577476	.578739	.580002	.581261	.582527	.583789	.585051	.586313	.587574
.57	.588836	.590098	.591356	.592618	.593875	.595134	.596392	.597650	.598908	.600168
.58	.601423	.602680	.603937	.605192	.606447	.607702	.608956	.610210	.611463	.612717
.59	.613970	.615222	.616474	.617726	.618978	.620229	.621478	.622726	.623974	.625222
.60	.626470	.627718	.628964	.630210	.631456	.632700	.633944	.635188	.636432	.637676
.61	.638918	.640160	.641401	.642641	.643881	.645121	.646360	.647598	.648836	.650074
.62	.651310	.652516	.653780	.655016	.656249	.657481	.658714	.659947	.661177	.662407
.63	.663837	.664868	.665906	.666922	.667922	.668919	.669915	.670901	.671880	.672854
.64	.675896	.677110	.678340	.679581	.680811	.681999	.683217	.684434	.685650	.686868
.65	.688082	.689295	.690508	.691720	.692932	.694143	.695354	.696562	.697772	.698979
.66	.700188	.701392	.702697	.703902	.705005	.706207	.707408	.708610	.709810	.711008
.67	.712205	.713402	.714599	.715793	.716987	.718180	.719373	.720563	.721753	.722942
.68	.724231	.725318	.726505	.727690	.728874	.730058	.731240	.732422	.733603	.734782
.69	.735961	.737137	.738313	.739488	.740662	.741835	.743008	.744178	.745348	.746517
.70	.747685	.748852	.750017	.751181	.752345	.753508	.754667	.755827	.756984	.758141
.71	.759297	.760462	.761605	.762768	.763909	.765059	.766208	.767356	.768502	.769648
.72	.770791	.771935	.773078	.774217	.775356	.776493	.777629	.778765	.779898	.781030
.73	.782461	.783293	.784420	.785547	.786674	.787793	.788921	.790043	.791165	.792282
.74	.793400	.794517	.795632	.796747	.797859	.798969	.800078	.801186	.802291	.803398

Vr: Volumen total del tanque, ft^3
 Vl: Volumen ocupado por el líquido, ft^3
 Tr: Tiempo de residencia, min.
 Ql: Gasto del líquido, ft^3/min
 Hl: Altura ocupada por el líquido, ft
 Av: Area disponible para flujo de vapor, ft^2
 Hv: Altura disponible para flujo de vapor, ft
 θ : Tiempo de caída de la gota, seg
 Uv: Velocidad del vapor, ft/seg
 Qv: Gasto del vapor, ft^3/seg
 L_{min}: Longitud mínima requerida, ft
 Dv: Diámetro de tanque vertical, ft.
 C: Coeficiente de arrastre, adimensional.

2.5 DISEÑO MECANICO.

Para la construcción de recipientes en algunos lugares es requisito legal que estos se diseñen de acuerdo a los linamientos del código ASME. En la sección VIII división 1 del mismo se tiene la información referente al diseño mecánico de recipientes.

El diseño de recipientes consiste básicamente en la determinación del espesor necesario de sus partes, habiendo previamente seleccionado el material de construcción adecuado que soporte los efectos físicos y químicos del fluido a manejar. EL espesor es función de:

- La presión de diseño (P_0).
- La temperatura de diseño (T_0).
- La eficiencia de soldadura (E).
- El espesor por corrosión (C).
- El esfuerzo permisible del material (σ).

Donde:

- P_D : Presión de diseño (definida en el punto 2.3).

$$P_D = 1.1 P_{op} \quad \text{ó} \quad P_D = P_{op} + 2 \text{ kg/cm}^2$$

el que resulte mayor.

- T_D : Temperatura de diseño (definida en el punto 2.3).

$$T_D = T_{op} + 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

- E : Eficiencia de soldadura.

Se desea que al unir dos placas la unión tenga la misma capacidad o resistencia que el metal base. Esto va a depender del tipo de soldadura y de las pruebas que se realicen en ella, siendo en ocasiones aconsejable efectuar un radiografiado en las uniones para determinar fracturas y un recocido o relevado de esfuerzos en los puntos donde se haya sufrido un aumento de temperatura.

En este aspecto el código ASME sección VIII división 1 proporciona tablas y métodos para obtenerla dependiendo del tipo de junta que se realice en el cuerpo.

- C : Factor por corrosión (definido en punto 2.3).

Los recipientes o partes de recipientes sujetos a adelgazamiento por corrosión, erosión o abrasión se proveerán de un espesor adicional sobre el espesor calculado que se considera como un sobrediseño que soporte el desgaste en el interior del recipiente debido a las propiedades corrosivas del fluido.

- σ : Esfuerzo permisible del material.

Es el máximo esfuerzo a que puede ser sometido un material. Para la determinación del máximo esfuerzo permisible el código ASME Secc. VIII div. I proporciona una serie de tablas de dichos esfuerzos para diferentes materiales de construcción.

Una vez que se ha seleccionado el material de construcción de un recipiente, es necesario establecer las relaciones entre sus propiedades de resistencia y el patrón de esfuerzos resultante de las cargas que soportará durante su vida útil.

Debido a lo anterior es importante determinar de la manera más precisa los esfuerzos a que se someterá. Para la evaluación de éstos existen métodos analíticos en los cuales se basan las ecuaciones de diseño, estos son:

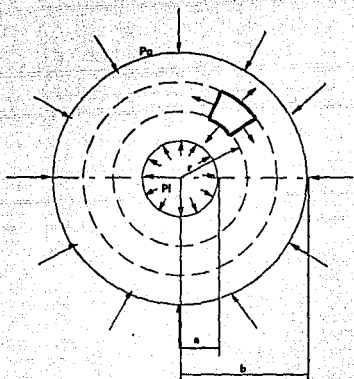
1. La teoría de Lamé.
2. La teoría de la membrana.
3. La teoría de la membrana modificada por ASME.

1. Teoría de Lamé¹⁶.

Se basa en el estudio de los esfuerzos resultantes de la aplicación de presión, tanto interna como externa, en un recipiente de longitud infinita y espesor considerable (Fig 2.5).

Del análisis de los esfuerzos circunferencial y tangencial que se presentan en el elemento diferencial, mostrado en la figura anterior, y considerando que se trata de un recipiente sujeto a presión interna la teoría llega a las siguientes ecuaciones para la determinación de los esfuerzos:

$$\tau_c = \frac{a^2 p_i}{b^2 - a^2} \left| 1 - \frac{b^2}{r^2} \right|$$



$$\sigma_r = \frac{a^2 P_i}{(b^2 - a^2)} \left[1 - \frac{b^2}{r^2} \right]$$

$$\sigma_t = \frac{a^2 P_i}{(b^2 - a^2)} \left[1 + \frac{b^2}{r^2} \right]$$

ESFUERZOS EN UN CILINDRO DE PARED GRUESA

FIG. 2.6 TEORIA DE LAME.

$$\tau_r = \frac{a^2 P_i}{b^2 - a^2} \left| 1 + \frac{b^2}{r^2} \right| \dots\dots(A)$$

El uso de estas ecuaciones involucra calculos de ensayo y error, ya que se debe ir variando la dimensión "b" para obtener los esfuerzos que se pueden soportar hasta encontrar un valor que cubra los requerimientos de presión a que será sometido el recipiente.

De las ecuaciones anteriores se puede observar que el mayor esfuerzo será el tangencial en donde r sea igual a a.

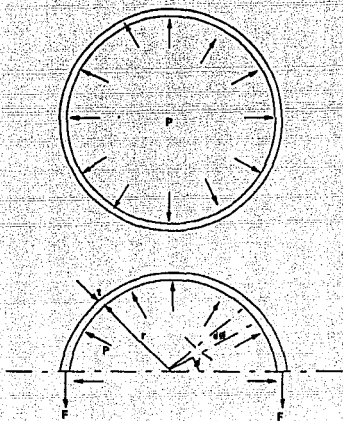
2. Teoría de la Membrana¹⁶.

Se basa en el estudio de los esfuerzos que resultan de someter a presión interna un cilindro hueco de longitud infinita (Fig. 2.6).

También en este caso se presentan dos diferentes esfuerzos en el cuerpo del recipiente, el esfuerzo circunferencial que afecta a las juntas longitudinales y el longitudinal que actua en las juntas circunferenciales, dados por las siguientes ecuaciones:

$$\tau_c = \frac{P r}{t} \dots\dots(B)$$

$$\tau_L = \frac{P r}{2 t}$$



$$\sigma_r = \frac{Pr}{t}$$

$$\sigma_t = \frac{Pr}{2t}$$

ESFUERZOS QUE SE GENERAN EN UN ANILLO DE PARED DELGADA

FIG. 2.6 TEORIA DE LA MEMBRANA

Al igual que en las ecuaciones de la teoría de Lamé se realizan cálculos de ensayo y error para determinar el espesor adecuado para las condiciones que se presentarán.

Adicionalmente, como se puede observar, el esfuerzo circunferencial resulta mayor que el longitudinal.

3. Teoría de la membrana modificada por ASME¹⁶.

Para poder describir las consideraciones de ASME en su teoría, en primer lugar la ecuación A se reorganiza tomando $r=a$ y $b/a=k$ de lo que se obtiene:

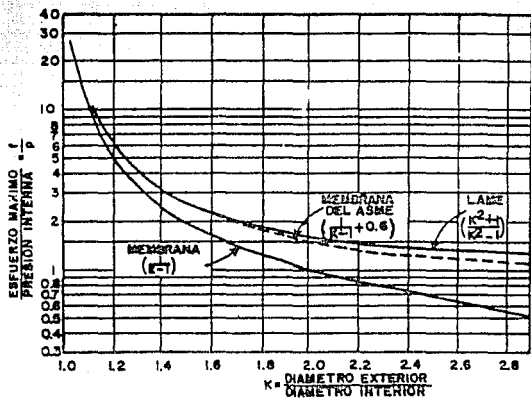
$$\tau_T = P_i \frac{k^2 + 1}{k^2 - 1} \quad \dots\dots (C)$$

y para ecuación B considerando $t=b-a$, $r=a$ y $P=P_i$ se tiene

$$\tau_c = P_i \frac{1}{k - 1} \quad \dots\dots (D)$$

Posteriormente estas dos ecuaciones se graficaron (Graf. 2.1). Con el fin de acercarse a la solución considerada como exacta¹⁶ (teoría de Lamé), ASME propone una corrección lineal aplicable a la ecuación de la teoría de la membrana del esfuerzo circunferencial obteniéndose lo siguiente:

$$\frac{\tau_c}{P_i} = \frac{1}{k - 1} + 0.6$$



COMPARACION DE ESFUERZOS ENTRE DIVERSAS TEORIAS
PARA EL CALCULO DE RECIPIENTES

GRAFICA. 2.1

que es la teoría de la membrana modificada por ASME, a partir de la ecuación B tenemos

$$\frac{\tau_c}{P_i} = \frac{r}{t} + 0.6$$

y si se incluye el espesor por corrosión (c), el factor de eficiencia de soldadura (E) y τ_c lo limitamos al esfuerzo máximo permisible del material (S) finalmente se tiene:

$$t = \frac{P_i r}{SE - 0.6 P_i} + C$$

Esta última ecuación es la que define el código ASME sec. VIII div. 1 para obtener el espesor de un tanque cilíndrico sujeto a esfuerzo circunferencial.

De la misma manera se obtuvieron las ecuaciones para el espesor de las cabezas (ver referencia No 16).

El espesor de cubiertas bajo presión interna no será menor que el determinado por las siguientes fórmulas.

CUBIERTAS CILINDRICAS. El mínimo espesor o máxima presión de trabajo permisible serán las obtenidas con las siguientes fórmulas.

1. Esfuerzo Circunferencial (juntas longitudinales).

Cuando el espesor no exceda un medio del radio interno, o P no exceda de 0.385 SE, se aplican las siguientes fórmulas.

$$t = \frac{P R}{SE - 0.6 P} \quad \text{o} \quad P = \frac{SE t}{R + 0.6 t} \quad \dots (3)$$

Cuando el espesor exceda de un medio del radio interno o P exceda de 0.385 SE, se aplican las siguientes ecuaciones:

$$t = R(Z^{1/2} - 1) \quad P = SE \frac{Z-1}{Z+1}$$

donde

$$Z = \frac{SE + P}{SE - P} \quad \text{o} \quad Z = \left| \frac{R + t}{R} \right|^2$$

2. Esfuerzo Longitudinal (juntas circunferenciales).

Cuando el espesor no exceda de un medio del radio o P no exceda de 1.25 SE, se aplican las siguientes formulas.

$$t = \frac{P R}{2SE + 0.4 P} \quad \text{o} \quad P = \frac{2SEt}{R - 0.4t} \quad \dots (4)$$

Cuando el espesor exceda de un medio del radio interno o P exceda de 1.25 SE, se aplican las siguientes ecuaciones:

$$t = R(Z^{1/2} - 1) \quad P = SE(Z-1)$$

donde

$$Z = \frac{P}{SE} + 1 \quad \text{o} \quad Z = \left| \frac{R + t}{R} \right|^2$$

NOMENCLATURA:

t: Espesor mínimo requerido del cuerpo, in.

P: Presión de diseño interna, psi (o máxima presión permisible de trabajo)

R: Radio interno del cuerpo, in.

E: Eficiencia de junta.

S: Máximo esfuerzo permisible, lb/in².

El espesor requerido para cabezas elípticas, torisféricas, y hemisféricas bajo presión en el lado cóncavo se determina por las siguientes fórmulas.

A. CABEZAS ELIPTICAS.

El espesor requerido de una cabeza elíptica, con relación de eje mayor a eje menor de 2:1 se determina por:

$$t = \frac{P D}{2SE - 0.2 P} \quad \circ \quad P = \frac{2SE t}{D + 0.2 t}$$

..... (5)

B. CABEZAS TORISFERICAS.

El espesor requerido en una cabeza torisférica en la cual el radio de transición es 6% del radio interno se determina por:

$$t = \frac{0.885 P L}{SE - 0.1 P} \quad \circ \quad P = \frac{SE t}{0.885 L + 0.1 t}$$

..... (6)

C. CABEZAS HEMISFERICAS.

Cuando el espesor de una cabeza hemisférica no excede de 0.356 L, o P no exceda de 0.665 SE se usan las siguientes fórmulas.

$$t = \frac{P L}{2SE - 0.2 P} \quad \text{o} \quad P = \frac{2SE t}{L + 0.2 t} \quad \dots (7)$$

NOMENCLATURA:

t: Espesor mínimo requerido de cabeza, in.

P: Presión de diseño interna, psi (o máxima presión permisible de trabajo).

D: Diámetro interno del recipiente, in.

S: Máximo esfuerzo permisible, lb/in².

E: La menor eficiencia de alguna junta en la cabeza.

L: Radio de la cabeza, in

2.6 PROGRAMA DE CALCULO.

Considerando que el desarrollo de la computación es muy amplio en la actualidad y el uso de la computadora personal es muy común y además, como ya se ha mencionado en este trabajo, el dimensionamiento de un tanque de desfogue es un procedimiento de ensayo y error y consume cierto tiempo realizándose manualmente, resulta práctico contar con un programa de cómputo que realice dicho cálculo reduciendo de esta forma el tiempo consumido.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROGRAMA.

Tomando como base el método de cálculo de tanques de desfogue del API 521 planteado, el diagrama de bloques siguiente muestra los pasos realizados por el programa, cabe mencionar que el programa únicamente cubre la parte del dimensionamiento de tanques horizontales, debido a que esta parte es la iterativa del procedimiento. La parte de los recipientes verticales es un cálculo más directo y corto.

INICIO: "PROGRAMA DE
CALCULO DE TANQUES DE
DESFOGUE HORIZONTALES"

INTRODUCCION DE DATOS DE FASE GAS:
- GASTO
- DENSIDAD
- VISCOSIDAD

INTRODUCCION DE DATOS DE FASE LIQUIDA:
- DENSIDAD
- GASTO
- VISCOSIDAD

CALCULO DEL COEFICIENTE DE ARRASTRE

$$C(Re)^2 = \frac{119 \times 10^4 \rho_v (\rho - \rho_v)}{M^2}$$

OBTENER C DE LA FIG. 2.4

CALCULO DE LA VELOCIDAD PERMISIBLE

$$U_d = 0.145 \sqrt{\frac{\rho - \rho_v}{C \cdot \rho_v}}$$

SUPONER DIAMETRO Y LONGITUD
PARA EL TANQUE Y CALCULAR EL
AREA TRANSVERSAL Y EL VOLUMEN TOTAL

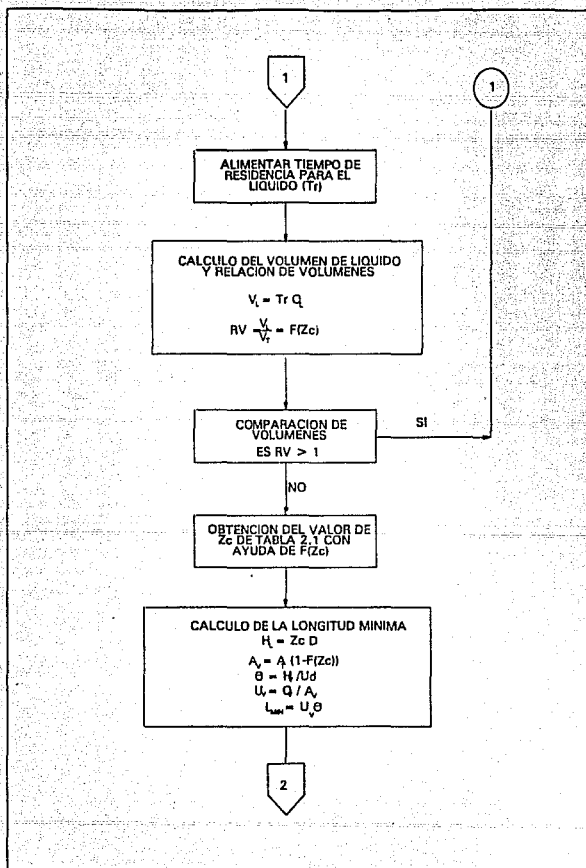
$$A_T = \frac{\pi}{4} D^2$$

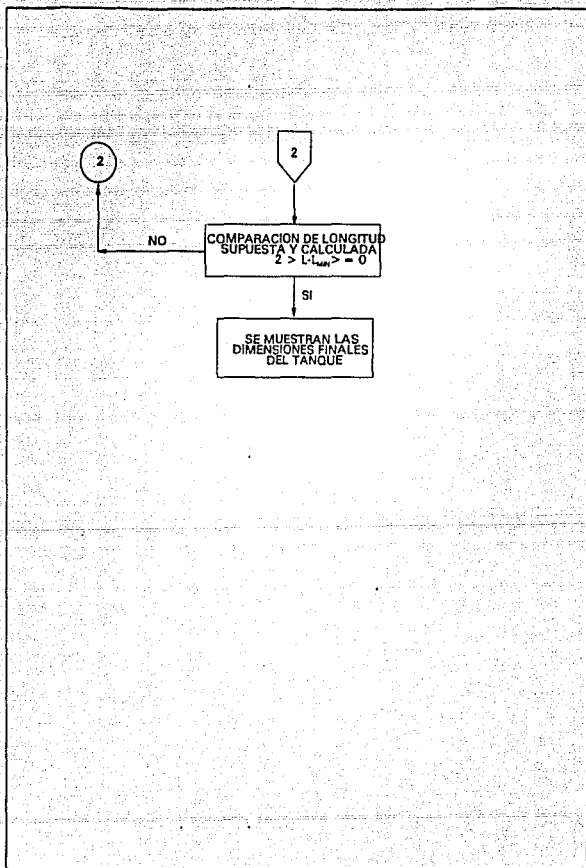
$$V_T = A_T L$$

2

1

1





CAPITULO 3

SELECCION Y DESCRIPCION DE LA PLATAFORMA

3.1 TIPOS DE PLATAFORMAS.

Para poder realizar la explotación de los yacimientos marinos es necesario el uso de estructuras especiales que sean capaces de soportar todo el equipo de perforación y producción para extraer el crudo y gas que se encuentra bajo el fondo oceánico. Estas estructuras son comúnmente conocidas como plataformas marinas.

El tipo de plataforma que puede instalarse en un cierto lugar está determinado, entre otras cosas, por la función de la misma, por las características ambientales y por el tipo de suelo; instalándose a diferentes profundidades del mar.

Así, este tipo de instalaciones costa afuera, presenta una variedad de diseños; debido a esto, las plataformas marinas se clasifican en base a diferentes criterios tales como:

- A. Material de construcción.
- B. La posición.
- C. El servicio.

A. CLASIFICACION DE ACUERDO AL MATERIAL DE CONSTRUCCION.

Es la clasificación más simple de plataformas. Actualmente se construyen de concreto, de estructura metálica (tipo jacket), o bien de una combinación de ambos materiales.

La selección de cualquiera de los dos tipos depende de la cantidad de equipo que se desee instalar, de los servicios que puede prestar, de las características del suelo y de la profundidad del tirante marino (tipo jacket hasta 100 m, concreto hasta 160 m).

B. CLASIFICACION DE ACUERDO A LA POSICION.

La American Bureau of Shipping (ABS) clasifica a las plataformas por su posición en:

- Fijas.
- Autoelevadizas.
- Flotantes.

Las plataformas fijas quedan instaladas en el lugar donde se lleva a cabo la explotación del hidrocarburo por lo menos durante la vida productiva del pozo. Actualmente se construyen de concreto o de estructura tipo jacket.

Las partes principales de una plataforma fija de acero son:

- Superestructura: Es la parte que emerge del agua.
- Elemento superior: Denominado cubierta del sótano y cubierta principal.
- Subestructura: Es la sección inferior de la plataforma.

Una plataforma de concreto, al igual que la de acero, se conforma esencialmente de tres partes:

- Pedestal de estructura celular: Es la cimentación de la plataforma, la cual transmite los esfuerzos que le son aplicados al suelo.
- Estructura vertical: Proporciona el soporte de la cubierta sobre la cual se colocarán los equipos.
- Cubierta de concreto: Su objetivo es recibir el equipo de explotación, sondeo, producción, tratamiento, etc.

En cuanto a plataformas autoelevadizas, el 95% de estas está destinado únicamente a trabajos de perforación de pozos exploratorios. Por la peculiaridad que presentan estas plataformas en su diseño, no se pueden considerar ni como plataformas fijas, ni como plataformas flotantes.

No se les puede considerar como flotantes, porque cuando están operando dejan de ser unidades flotantes para convertirse temporalmente en fijas.

Las plataformas autoelevadizas reúnen las ventajas que ofrece una plataforma fija, al efectuar operaciones de perforación sin que le afecte el movimiento originado por el mar, así como las que ofrece una barcaza de perforación al moverse de un lugar a otro, sin pérdidas apreciables de tiempo.

Por último las plataformas flotantes se pueden dividir por su diseño y forma de operar en dos grupos:

1) Semisumergibles: se diseñan para la perforación de pozos y posteriormente para la producción, cuando las operaciones son difíciles y existen severas condiciones de mar y viento.

2) Barcazas: se emplean para instalar el equipo de perforación sónica. Estas unidades tienen la desventaja de requerir equipo especial como compensadores de movimiento vertical, compensadores de balanceo, sistemas especiales de anclaje, que incrementan el costo de operación.

C. CLASIFICACION DE ACUERDO AL SERVICIO.

Para realizar la explotación de un yacimiento marino es necesaria la realización, en un orden lógico, de diferentes actividades relacionadas entre sí. Cada una de dichas actividades se puede realizar en una plataforma distinta, y estar unidas por puentes; o pueden ubicarse una sobre la otra formando una sola plataforma.

Al conjunto de diferentes actividades unidas en una misma estructura se le conoce como plataforma integral, y a la serie de plataformas unidas entre si por puentes se les llama complejos de plataformas.

Las plataformas marinas de acuerdo a su función se clasifican en:

1. Plataforma de Perforación.
2. Plataforma de Producción.
3. Plataforma de Enlace.
4. Plataforma Habitacional.
5. Plataforma de Rebombeo.
6. Plataforma de Almacenamiento.
7. Plataforma de Compresión.
8. Plataforma de Quemadores.

1. PLATAFORMA DE PERFORACION.

El uso principal de estas plataformas es contener la tubería que va a soportar el pozo; también aloja varios paquetes como la torre de perforación, los motores para subir y bajar equipo y los almacenamientos de combustible para dichos motores.

Estas plataformas también se utilizan para soportar el cabezal que alimentará a la plataforma de producción. Para lo cual se instala un colector de flujo para conducirlo al cabezal.

Debido a que en ocasiones el área de los yacimientos abarca cientos de kilómetros cuadrados es necesario muchas veces tener varias plataformas de perforación sobre un mismo depósito de crudo.

Una vez que se ha alcanzado la perforación del yacimiento, se retiran los equipos de perforación de la plataforma. En esta situación únicamente servirá como protección a los pozos. La plataforma estará equipada con arreglos de válvulas especiales llamados árboles de navidad, que permiten el control de la presión y dirección del flujo que se esté obteniendo.

2. PLATAFORMA DE PRODUCCION.

Una plataforma de producción es básicamente utilizada para la separación de la mezcla aceite-agua-gas proveniente de los pozos. Se separan con el fin de distribuirlos para su comercialización o refinación. La separación generalmente se hace mediante el flasheo del flujo, es común inyectar aditivos al crudo extraído para facilitar su manejo y separación tales como antiespumantes o inhibidores de corrosión.

Existen una serie de tratamientos que se aplican a los productos y que dependen de la utilización que se le va a dar al gas y aceite obtenidos.

El crudo se puede distribuir por medio de buques tanque o ser bombeado a tierra a través de una tubería. El gas puede ser enviado a una plataforma de compresión o a quemador.

Parte del gas puede ser deshidratado y endulzado y usarse como combustible para la misma plataforma. Otra utilización adicional del gas obtenido es el de inyectarlo a los pozos de producción con el fin de que el yacimiento tenga presión suficiente para que el crudo siga fluyendo a la superficie.

3. PLATAFORMA DE ENLACE.

Estas plataformas sirven como medio de unión entre las diversas plataformas. Se utilizan para la recolección de la mezcla proveniente de las plataformas de perforación y para su adecuada distribución a las plataformas de producción correspondientes.

Una vez separada la mezcla, regresan las diferentes fases a la plataforma de enlace donde se unen con los oleoductos y gasoductos submarinos que los conducen a la costa.

Estas plataformas también cuentan con lanzadores y receptores de diablos utilizados para la limpieza de las líneas de transporte.

4. PLATAFORMA HABITACIONAL.

Estas plataformas son diseñadas para que el personal que trabaja en las diferentes plataformas pueda satisfacer sus necesidades de vivienda y recreación.

En el caso de plataformas integrales generalmente el paquete habitacional se monta en la parte superior. Para el caso de complejos la plataforma habitacional está separada de las demás pero siempre mantiene contacto con ellas mediante puentes.

5. PLATAFORMA DE REBOMBEO:

Son plataformas instaladas en puntos intermedios en las líneas de transporte de crudo. Su función es la de restablecer la presión para que el fluido llegue al punto deseado.

Este tipo de plataforma es considerada como plataforma auxiliar ya que su función está fuera de la etapa de explotación, pero no por esto deja de ser esencial para completar el transporte del aceite. Cuenta con diferentes tipos de bombas, motores para accionarlas y generadores de energía eléctrica.

6. PLATAFORMAS DE ALMACENAMIENTO.

Debido al gran volumen de combustible diesel requerido para los motores de combustión interna utilizados en la explotación de los yacimientos, y si el peso del combustible es de consideración, se construyen plataformas especiales para contenerlo. Generalmente se construyen este tipo de plataformas anexas a la plataforma de rebombear.

La capacidad de almacenamiento varía según el número de motores que alimente la plataforma.

7. PLATAFORMA DE COMPRESION.

Estas plataformas tienen la función de alojar el equipo requerido para suministrar al gas la presión necesaria para su transporte, así como para su acondicionamiento.

El número de módulos de compresión con que puede contar una plataforma es alrededor de cuatro, esto depende de la cantidad de gas que reciba y de las condiciones a las que se requiera. La capacidad de cada módulo también puede variar.

Cuando se requiere usar parte del gas producido para la alimentación de los motores tipo turbina con que cuenta la plataforma, se debe contar con equipos especiales de endulzamiento y deshidratación para tratar el gas. El número de estos equipos depende del volumen de gas requerido.

Estas plataformas también cuentan con la posibilidad de desviar el gas al quemador cuando existe alguna condición de emergencia.

8. PLATAFORMA DEL QUEMADOR.

Como ya se mencionó, cuando existe una condición de emergencia en ocasiones es necesario enviar el gas obtenido al quemador. Los quemadores generalmente se localizan en plataformas lo más separadas posible de cualquier otro tipo de instalación por razones obvias de seguridad.

En el caso de plataformas integrales, los quemadores se construyen sobre la subestructura de estas. En estos casos, la altura de los quemadores se ve considerablemente incrementada por seguridad.

3.2 CARACTERISTICAS DE LA PLATAFORMA SELECCIONADA.

La plataforma seleccionada para la realización del presente trabajo tiene las características de las plataformas integrales, ya que entre sus instalaciones cuenta con equipo de separación así como con equipo de compresión y acondicionamiento de gas.

Una de las secciones de la plataforma es la de separación, en ésta se recibe la mezcla gas-aceite de los pozos y se realiza la separación de la misma en dos diferentes niveles de presión. Al crudo obtenido no se le da ningún tratamiento posterior, únicamente se bombea a la plataforma de enlace para su transporte. Por el lado del gas, éste se manda a compresión a dos diferentes niveles de presión dependiendo de la etapa de separación.

Los vapores obtenidos de la sección de separación de baja presión son enviados a compresión de vapores recuperados. Aquí se cuenta con dos paquetes de compresión. Debido al proceso, se obtiene una corriente de condensados que se envía a drenajes donde se recolectan junto con los generados en otras secciones. En cuanto al gas, una vez que se ha comprimido se une con el gas de salida de la sección de compresión de alta presión.

La sección de compresión de alta presión cuenta con cuatro paquetes de compresión. Aquí se recibe el gas procedente de la primera etapa de separación. Una vez comprimido, una parte va al sistema de gas combustible como gas de calentamiento y el resto a un tanque separador de donde los condensados son recirculados al separador de la primera etapa, y a la corriente del gas se le une el comprimido en los paquetes de vapores recuperados. Del gas total se toma una parte para enviarla a la sección de endulzamiento, y el resto finalmente se envía a la plataforma de enlace.

En la sección de endulzamiento el gas se acondiciona para usarlo como combustible donde se requiera dentro de la plataforma. El endulzar un gas implica eliminar el ácido sulfhídrico que contenga, para ello el gas amargo recibido de compresión se trata con amina. El gas dulce se separa para eliminar la amina arrastrada y se envía para su distribución al sistema de gas combustible. En cuanto a la amina, se cuenta con un paquete de regeneración de la misma que la reacondiciona para seguir utilizándola.

En el sistema de Gas Combustible además de recibir el gas proveniente de la endulzadora, se recibe también de la red de distribución de la zona. El gas pasa por un tanque separador para eliminar los condensados que pueda contener, enviéndolos a la sección de separación, a la corriente de gas

se le regula la presión de acuerdo al sitio donde se enviará.

Otra sección más con la que cuenta la plataforma es el sistema de drenajes, aquí se manejan tanto los drenajes atmosféricos como los drenajes a presión. Los drenajes a presión de las diferentes secciones son recolectados en un tanque, para desalojarlos son pateados con una corriente de gas proveniente del sistema de gas combustible y se retornan a la sección de separación. Conforme se va llenando nuevamente con drenajes, el gas que quedo entrampado es desalojado al sistema de desfogue. Los drenajes atmosféricos son colectados en otro tanque donde se separa el agua que es desalojada y enviada al mar, el aceite recuperado se integra a la corriente de drenajes a presión.

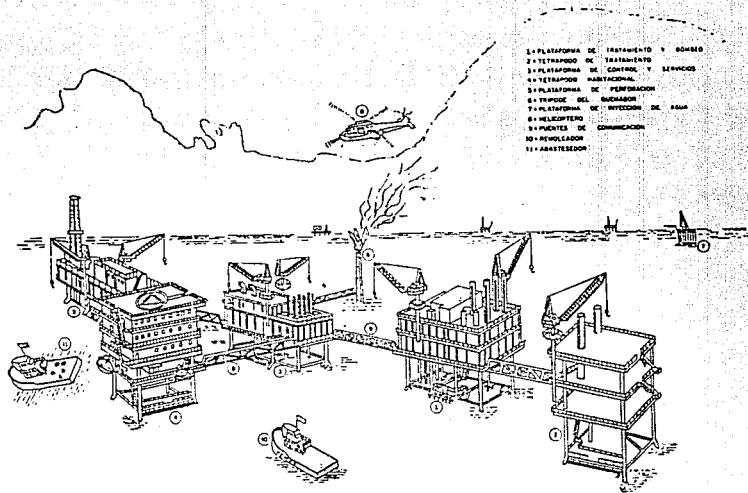


FIGURA 3.1 CONSTITUCION TIPICA DE UN COMPLEJO DE PLATAFORMAS MARINAS TIPO "JACKET".

CAPITULO 4

CALCULO DEL TANQUE DE DESFOGUE

4.1 ANTECEDENTES.

Para poder realizar el dimensionamiento de un tanque de desfogue es necesario conocer varios aspectos de la operación del sistema de relevo. Entre estos se encuentra la manera en como descargarán los diferentes dispositivos de relevo, así como la carga con que cada uno de ellos contribuirá.

Para la plataforma seleccionada se cuenta con un estudio para el dimensionamiento de los cabezales de desfogue realizado con anterioridad. En dicho estudio se analizaron los posibles eventos de desfogue que podrían ocurrir y se seleccionaron los más críticos para el dimensionamiento de las líneas, los cuales son:

1. Fuego en la plataforma, que provoca las siguientes acciones:
 - Apertura de las válvulas de seguridad de los sistemas de alta y de baja presión.
 - Venteo de gas de los compresores y los recuperadores de vapor.
 - Venteo de la endulzadora.

2. Paro de la plataforma o falta de gas combustible, que provoca las siguientes acciones:
 - Apertura de las válvulas de control de los sistemas de alta y baja presión.
 - Venteo de gas de los compresores y los recuperadores de vapor.
 - Venteo de la endulzadora.

El diseño de los cabezales de desfogue se realiza en base a la situación más crítica, que para este caso la presenta el paro de la plataforma, que provoca el mayor flujo másico en el sistema.

Para la aplicación de este trabajo, del estudio mencionado se obtienen los flujos máxicos con que cada dispositivo de seguridad contribuirá a la carga total (Fig. 4.2). En la fig 4.1 se muestra la distribución que los dispositivos de seguridad tienen en el sistema.

4.2 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE.

Antes de iniciar el dimensionamiento de un tanque de desfogue se deben definir ciertos aspectos necesarios para poder realizarlo.

1. Posición del tanque.

Esto depende, como se mencionó en capítulos anteriores, de la cantidad de líquido que espera manejarse con respecto a la cantidad de gas. Estas cantidades son relativas y dependen del criterio del diseñador, una buena manera de determinar la posición correcta es realizar el dimensionamiento de un tanque horizontal y de uno vertical con las mismas condiciones y de ellos seleccionar aquel con las dimensiones menores.

2. Tiempo de residencia.

Con respecto al tiempo de residencia, de acuerdo a las recomendaciones^{1,4} y tomando en cuenta que se trata de un tanque de desfogue con bombas arrancadas automáticamente en el cual se trata de evitar demasiada acumulación de líquidos por el peligro que representan si son arrastrados al quemador, se propone usar un tiempo de residencia de 10 min.

3. Relación L/D.

En cuanto a la relación L/D, tomando en cuenta que los espacios en una plataforma son muy reducidos, se busca obtener unas dimensiones del tanque donde la longitud no sea muy grande con respecto al diámetro pues existe mayor

restricción de espacio para ésta; de aquí que se seleccione un valor de 3 para el dimensionamiento.

A. Tanque Horizontal.

(Ver memoria de cálculo anexa).

B. Tanque Vertical.

1. Velocidad de diseño.

$$C(\text{Re})^2 = 1043.88$$

$$C = 2.20$$

En tanques verticales la velocidad de diseño es iguala a la velocidad permisible.

$$U_d = 2.15 \text{ ft/seg}$$

2. Area requerida.

$$A_r = Q_v/U_d = \frac{508.4 \text{ ft}^3/\text{seg}}{2.15 \text{ ft/seg}} = 236.5 \text{ ft}^2$$

3. Diámetro requerido.

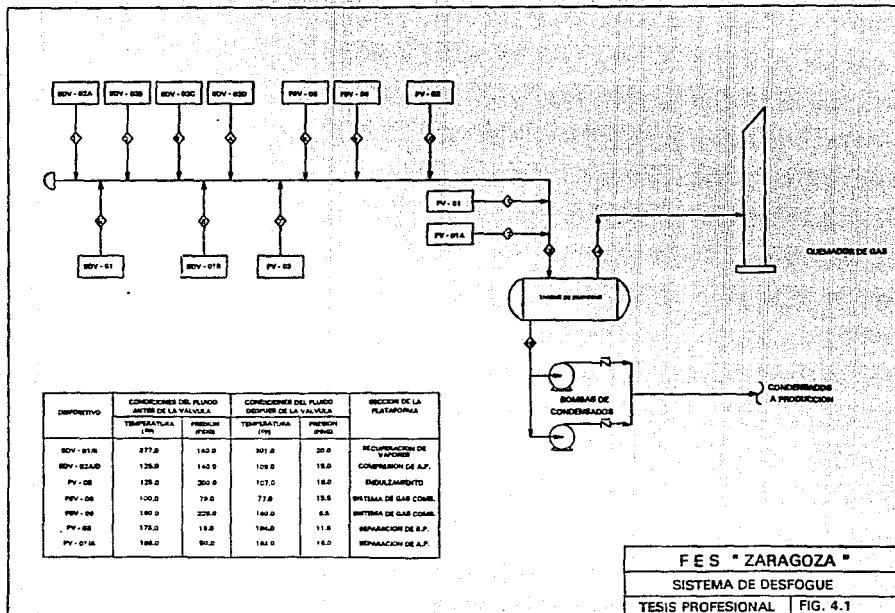
$$D_r = \sqrt{\frac{4 A_r}{\pi}} = 17.4 \text{ ft}$$

El diámetro obtenido para un tanque vertical es mayor que el requerido para el mismo servicio usando un tanque horizontal.

De lo anterior se determina que la posición adecuada para este tanque es horizontal, y sus dimensiones son:

$$D = 10 \text{ ft}$$

$$L = 30 \text{ ft}$$



F E S " ZARAGOZA "
SISTEMA DE DESFOGUE
TESIS PROFESIONAL FIG. 4.1

CORRIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GASTO (lb/hr)	10959.4	10859.4	10959.4	10959.4	9342.8	9342.8	15204.4	8889.3	5200.6	12949.6
PRESION (PSIG)	20.0	20.0	20.0	20.0	15.0	20.0	18.0	13.5	6.5	11.5
TEMPERATURA (°F)	301.0	301.0	301.0	301.0	109.0	310.0	107.0	77.0	180.0	164

CORRIENTE	11	12	13	14	15
GASTO (lb/hr)	174904.0	174904.0	237460.0	228950.0	10500.0
PRESION (PSIG)	18.0	18.0	15.0	15.0	15.0
TEMPERATURA (°F)	163.0	183.0	78.0	78.0	78.0

F E S " ZARAGOZA "

CUADRO DE BALANCE

TESIS PROFESIONAL | FIG. 4.2

*** DIMENSIONAMIENTO DE TANQUE SEPARADOR DE

FASE 1S:

GASTO= 226950.00 lb/hr
DENSIDAD= .12400 lb/ft³
VISCOSIDAD= .00920 cp

FASE LIQUIDA:

GASTO= 10500.00 lb/hr
DENSIDAD= 61.0070 lb/ft³
VISCOSIDAD= .7336 cp

*** CALCULO DEL COEFICIENTE DE ARRAS:

$C(Re)^2 = 1061.42$

COEFICIENTE DE ARRASTRE C= 2.20

*** CALCULO DE VELOCIDAD PERMISIBLE

$UD = 0.145 \{ (DL-DV) / DV \cdot C$

VELOCIDAD PERMISIBLE= 2.1662 ft/seg

DIAMETRO SUPUESTO D= 10.00 ft

LONGITUD SUPUESTA L= 30.00 ft

AREA TRANSVERSAL AT= 78.54 ft²

VOLUMEN TOTAL VT= 2356.20 ft³

TIEMPO DE RESIDENCIA Tr= 10.00 min

VOLUMEN DE LIQUIDO VOL= 28.71 ft³

RELACION DE VOLUMENES RV= .01219

ALTURA DE LIQUIDO HL= .375 ft

AREA PARA FLUJO DE VAPOR AV= 77.58 ft²

ALTURA DISPONIBLE PARA EL VAPOR HV= 9.63

TIEMPO DE CAIDA DE LA GOTA TET= 4.44 seg

VELOCIDAD DEL VAPOR EN EL CILINDRO VVAP= 6

*** LONGITUD MINIMA REQUERIDA LMIN= 29'12

LA LONGITUD SUPUESTA CUBRE Y ES MUY APROXIM

*** DIMENSIONES FINALES DEL RE

DIAMETRO D= 10.00 FT

LONGITUD L= 30.00 FT

4.3 DISEÑO MECANICO DEL TANQUE.

El diseño mecánico de recipientes consiste básicamente en la determinación del espesor necesario en sus partes, que soporte las condiciones de operación a que será sometido. Dentro de este trabajo únicamente se determina el espesor del cuerpo y de las cabezas.

La utilización de las ecuaciones del capítulo 2 para la obtención del espesor de recipientes, requiere determinar antes una serie de aspectos relacionados con el diseño.

1. Material de construcción.

Para seleccionar el material del que se construirá el recipiente, es necesario conocer el tipo de fluido que se manejará y las condiciones de operación a que se someterá, en este caso se trata de un gas amargo hidratado, ya que contiene $H_2S(g)$, $CO_2(g)$ y agua líquida, a unas condiciones máximas de 15 lb/in^2 y 86°C .

El material que se recomienda para este servicio es el acero al carbón¹³, ya que es el metal más común y barato usado en aplicaciones en la industria del petróleo. Es adecuado para aplicaciones a temperaturas menores de 1000°F y su contenido de carbón es de menos de 0.45% lo cual elimina problemas de soldadura. El tipo de acero al carbón específico seleccionado es el SA-516 grado 60. Conociendo el material de construcción y de la información del código ASME puede obtenerse el esfuerzo máximo a que puede someterse. Dicho valor es de 15000 lb/in^2 .

2. Espesor por corrosión.

Otro aspecto que se debe determinar es el espesor que se dará como tolerancia por corrosión al recipiente. Para el material considerado y el tipo de fluido manejado se recomienda una velocidad de corrosión promedio de 13 mpy^o, si consideramos una vida útil del tanque de 10 años este valor equivale a 0.125 in.

3. Eficiencia de junta.

En cuanto a la eficiencia de junta, considerando que la construcción con remaches es obsoleta para tanques a presión⁸ se considera que el recipiente será construido por soldadura, adicionalmente no se trata de un fluido letal y por tanto puede seleccionarse un grado de examinación por puntos, y de acuerdo a la tabla UW-12 del código ASME la eficiencia de junta tiene un valor de 0.85.

A. Espesor del cuerpo.

Como se puede observar en el capítulo 2, existen dos diferentes ecuaciones para la obtención del espesor del recipiente dependiendo del esfuerzo que se considere. Para este caso y puesto que P no excede de 0.385 SE se aplica la ecuación para esfuerzo circunferencial.

$$t = \frac{(43.4)(60.0)}{(15000)(0.85) - (0.6)(43.4)}$$

$$t = 0.2047 \text{ in}$$

B. Espesor de cabezas.

Para poder determinar este espesor primero se debe seleccionar el tipo de cabezas que se usarán. De acuerdo a las recomendaciones presentadas en el punto 2.3, las cabezas torisféricas son adecuadas para este caso y el espesor es:

$$t = \frac{(.885)(43.4)(60)}{(15000)(0.85) - (0.1)(43.4)}$$

$$t = 0.1805 \text{ in}$$

Estos valores obtenidos son los mínimos requeridos, a los cuales se les debe adicionar el espesor por corrosión. Obteniéndose los siguientes valores:

$$t_{\text{cuerpo}} = 0.3297 \text{ in}$$

$$t_{\text{tapas}} = 0.3058 \text{ in}$$

Estos espesores aún deben aproximarse a los valores nominales de placas, lo que finalmente da como resultado:

$$t_{\text{cuerpo}} = 3/8 \text{ "}$$

$$t_{\text{tapas}} = 5/16 \text{ "}$$

CONCLUSIONES.

Existen procedimientos para obtener las dimensiones de tanques separadores^{7,10,11}, sólo que en general aplican a recipientes de proceso. Un tanque de desfogue por la función especial que desempeña, que es no permitir que llegue líquido al quemador, no puede considerarse un recipiente de proceso común. De lo anterior se desprende la conveniencia de el uso de un código internacionalmente reconocido para el dimensionamiento de tanques de desfogue, dicho código es el API 521.

El dimensionamiento presentado en este trabajo se realizó de acuerdo a dicho código y con los criterios de diseño de tiempo de residencia y relación L/D que se consideraron adecuados para una correcta operación del tanque. Aunque el cálculo proporciona un recipiente de dimensiones grandes, está respaldado su buen funcionamiento para el servicio deseado por el código API 521.

Con respecto al diseño mecánico del recipiente, en este trabajo lo que se pretendió fue realizarlo de una manera general obteniéndose únicamente el espesor de sus partes principales, cuerpo y cabezas. Dichos espesores, debido a las condiciones a las que operará el tanque, son de los más pequeños que existen nominalmente, pero son suficientes para operar con seguridad durante la vida útil del tanque.

BIBLIOGRAFIA.

1. INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO.
" SISTEMAS DE RELEVO DE PRESION".
OCTUBRE 1979.
2. INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO.
"DISEÑO Y ESPECIFICACION DE RECIPIENTES".
ENERO 1977.
3. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE.
"RECOMMENDED PRACTICE FOR THE DESIGN AND
INSTALLATION OF PRESSURE RELIEVING SYSTEMS IN
REFINERIES". PART 1 DESIGN. API RP 520, 4TH
ED., 1976.
4. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE.
"GUIDE FOR PRESSURE RELIEF AND DEPRESSURING
SYSTEMS". API RP 521, 1ST. ED., 1969.
5. AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS.
"ASME BOILER PRESSURE VESSELS CODE" UNFIRE
PRESSURE VESSELS, SECTION VIII, DIV. 1. 1989.
6. R.H. PERRY AND C.H. CHILTON.
"CHEMICAL ENGINEER HANDBOOK" .
McGRAW-HILL 1984.
7. ARTHUR GERUNDA.
"HOW TO SIZE LIQUID-VAPOR SEPARATORS".
CHEMICAL ENGINEERING, MAY 4, 1981.

8. DR. CONSTANTINO ALVAREZ FUSTER.
"DISEÑO DE EQUIPO TANQUES Y RECIPIENTES".
CUADERNO DE POSTGRADO NO. 25. FACULTAD DE
QUIMICA, 1987.
9. INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO.
"INSTRUCTIVO PARA ELABORAR EL INDICE DE
SERVICIOS".
ENERO 1977.
10. JOHN S. REARICH.
"HOW TO DESIGN PRESSURE RELIEF SYSTEMS". PART
2. HYDROCARBON PROCESSING, SEPT. 1969.
11. A. H. YOUNGER.
"HOW TO SIZE FUTURE PROCESS VESSELS"
CHEMICAL ENGINEERING, MAY 1955.
12. "CALCULO, SELECCION Y ESPECIFICACION DEL
EQUIPO DE BOMBEO DE CRUDO PARA UNA PLATAFORMA
MARINA DE REBOMBEO". TESIS PROFESIONAL. ENEP
ZARAGOZA. UNAM. MEXICO D.F. 1992.
13. BLAND AND DAVIDSON.
"PETROLEUM PROCESSING HANDBOOK".
McGRAW-HILL, 1967.
14. LLOYD E. BROWNELL, EDWIN H. YOUNG.
"EQUIPMENT DESIGN".
JOHN WILEY AND SONS. 1968.
15. "CLORO DE TEHUANTEPEC, S.A. DE C.V."
TESIS PROFESIONAL. FACULTAD DE QUIMICA UMAN.
MEXICO D.F. 1979.

16. INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO.
"CURSO REGIONAL DE RECIPIENTES DE PRESION".
MEXICO 1984.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA