



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**“DISEÑO MECÁNICO DE UN SEPARADOR LÍQUIDO-GAS PARA UNA PLANTA
PILOTO HDS DE ACUERDO AL CÓDIGO ASME”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:
JULIO RAFAEL HERNÁNDEZ CRUZ**

ASESOR: M. EN I. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ

COASESOR: ING. JUAN JOSÉ CUARENTA GARCÍA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
 DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLAN
 PRESENTE



ATN:L.A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
 Jefa del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis:

Diseño Mecánico de un Separador Líquido-Gas Para una Planta Piloto

HDS de acuerdo al Código ASME

Que presenta el pasante Julio Rafael Hernández Cruz

Con número de cuenta: 40604571-5 para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
 Cuautitlan Izcalli, Mex. a 18 de octubre de 2010

PRESIDENTE	Ing. Enrique Cortés González	
VOCAL	Ing. Bernardo Gabriel Muñoz Martínez	
SECRETARIO	M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez	
1er SUPLENTE	Ing. Sergio Martín Durán Guerrero	
2º SUPLENTE	Ing. Eusebio Reyes Carranza	

AGRADECIMIENTOS

A DIOS.

Gracias por darme la vida, por poner en mi camino a personas maravillosas y por las bendiciones y regalos que recibo día tras día.

A MI MADRE.

Por dedicarme todo tú esfuerzo, tus lágrimas, tus sufrimientos, tus desvelos, por darme dos grandes regalos, el primero, la vida y el segundo la libertad para vivirla.

A ti, que supiste ser madre y padre y aunque hubo momentos difíciles, siempre tuve tu apoyo ante todo.

Una meta más en mi vida se ha cumplido. Gracias a ti hoy veo convertirse en realidad aquello que en su momento era sólo una ilusión.

Tu lucha, tu entrega, tu valor son mi motivación más grande.

A MIS PROFESORES.

Por enseñarme el camino y entregarme las armas para salir adelante, pero más que eso por darme siempre un buen consejo.

A MIS AMIGOS.

Gracias por brindarme siempre su apoyo y extenderme la mano cada vez que lo necesitara, no podría agradecer a todos lo que han hecho por mí, pero gracias por estar siempre ahí.

ÍNDICE

Pág.

INTRODUCCIÓN	1
---------------------------	---

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1	Generalidades.....	4
1.2	Definición de recipientes.....	4
1.3	Tipo de recipientes sujetos a presión.....	5
1.3.1	De acuerdo a su uso.....	5
1.3.2	De acuerdo a su forma.....	6
1.4	Clasificación de los recipientes a presión.....	6
1.4.1	Recipientes horizontales.....	6
1.4.2	Recipientes verticales.....	7
1.4.3	Recipientes esféricos.....	7
1.5	Tipos de tapas de recipientes bajo presión interna.....	8
1.6	Importancia de los recipientes atmosféricos y a presión dentro de una planta.....	10
1.7	Campo de aplicación.....	10

CAPITULO 2

CÓDIGOS

2.1	Introducción.....	12
2.2	Códigos utilizados para la fabricación de recipientes sujetos a presión interna.....	14
2.2.1	Código ASME.....	14
2.2.2	Norma NRF-028-PEMEX-2004.....	18
2.3	Códigos auxiliares.....	19
2.3.1	CódigoS-5500.....	19
2.3.2	Normas de Calidad ISO.....	23

CAPITULO 3

FUNCIONAMIENTO

3.1	Separación tipo flash.....	24
3.2	Eliminador de nieblas en el separador.....	24

CAPITULO 4

MATERIALES Y ACCESORIOS

4.1	Introducción.....	29
4.2	Especificaciones de los aceros bajo el código ASME.....	30
4.3	Criterios de selección del material.....	32

4.3.1	Tipo de fluido a manejar.....	32
4.3.2	Adquisición en el mercado.....	34
4.3.3	Condiciones de temperatura y presión.....	35
4.3.4	Propiedades de los materiales.....	36
4.4	Accesorios. (Componentes para sistemas de tuberías bridadas).....	37
4.4.1	Clasificación y usos.....	37
4.4.2	Tipo de cara de bridas y acabados.....	42
4.4.3	Tipos de acabados de bridas.....	44
4.4.4	Tipo de sujetadores. (Tornillos, birlos, etc.).....	45
4.4.5	Tipo de juntas.....	47
4.4.6	Bridas especiales.....	51

CAPITULO 5

DISEÑO

5.1	Filosofía de diseño.....	53
5.1.1	Categorías de exposición.....	54
5.2	Consideraciones.....	54
5.3	Cálculo y diseño de los elementos de un recipiente sometido a presión interna.....	56
5.3.1	Parámetros de diseño.....	56
5.3.2	Cuerpo.....	56
5.3.3	Cabezas.....	57
5.3.4	Criterios para selección de las cabezas.....	60
5.3.5	Bridas.....	61
5.3.6	Conexiones.....	62
5.4	Presión máxima de trabajo permisible.....	62
5.4.1	Cuerpo.....	62
5.4.2	Cabezas.....	63
5.4.3	Bridas.....	63
5.4.4	Condición Gobernante.....	64
5.5	Presión de prueba.....	64
5.5.1	Prueba Hidrostática.....	65
5.5.2	Prueba Neumática.....	65
5.6	Resultados.....	67

CONCLUSIONES.....	78
--------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA.....	79
--------------------------	-----------

APÉNDICE.....	80
----------------------	-----------

INTRODUCCIÓN

En la medida que la Ingeniería de Proyectos se ha incrementado en nuestro país, se requiere de un conocimiento más amplio de las diferentes especialidades que intervienen, siendo una de las más importantes la de recipientes sujetos a presión, los cuales representan un gran desafío, por la amplia aplicación que tienen en toda planta industrial.

En la actualidad toda empresa de proyecto, cualquiera que sea su capacidad, no está exenta del diseño de recipientes, ya que estos equipos intervienen en todo tipo de plantas sea cual sea su capacidad o tipo de proceso.

Dada la importancia que representa para un país su industria petrolera, alimenticia, química, cañera, cervecera, cafetera, etc., el diseño de recipientes no sólo es una rama más de la ingeniería, sino una especialidad, en donde el diseñador y el calculista deben diseñar equipos funcionales, que soporten las condiciones de proceso y que sean económicamente factibles de construir.

En la especialidad de recipientes convergen varios conocimientos afines a distintas ramas de la ingeniería como son: resistencia de materiales, corrosión, ingeniería mecánica, ingeniería civil, ingeniería hidráulica, ingeniería química, etc. Con esto, nos podemos dar cuenta de la importancia que tiene la intervención de personal con conocimientos en diseño y cálculo de recipientes para un proyecto determinado.

Este trabajo de tesis se desarrolló para atender la necesidad de contar con el diseño mecánico de un recipiente que funcione como separador líquido-gas y que soporte las condiciones de operación de la planta piloto de hidrotreatmento de diesel Ultra Bajo Azufre (HDS por sus siglas en ingles) del Instituto Mexicano del Petróleo.

En el Capítulo 1 se abarcan las principales generalidades que pudiesen mencionarse acerca de los recipientes a presión, incluso podremos definirlos y clasificarlos, ya que a medida que la Industria avanza, conjuntamente lo hacen las características de estos equipos.

Un rasgo muy importante que cabe señalar en estos equipos es la forma en cómo podrían realizar diferentes procesos y sólo por mencionar algunos, se tienen procesos químicos, petroquímicos, etc.; y lo cual hace que los tipos de recipientes se hagan muy extensos, así por ejemplo, para almacenar agua se tiene una gran diversidad de formas; los auto tanques y carros tanque que muestran algunos tipos de recipientes, los almacenadores de grano, los tanques de concreto, etc.

Es de suma importancia hacer notar que todo esto es resultado del avance acelerado y la modernización de las diferentes industrias y por tal motivo podríamos mencionaran la importancia de los recipientes a presión dentro de las Plantas.

Y con el desarrollo que han tenido los recipientes en la actualidad se hace notorio considerar la cantidad de nuevos códigos y normas que han surgido para el diseño, fabricación, inspección, pruebas, etc.

Las normas y códigos que son utilizados para el diseño son parte fundamental, ya que esta nos ampara un margen de seguridad, además de que cada código da un factor de seguridad distinto. Basándose en lo anterior, los países más altamente industrializados cuentan con códigos propios, lo cual se estudia en el Capítulo 2.

El capítulo 3 nos explica de forma general el funcionamiento de separación de mezclas líquido-gas y la manera de detener partículas líquidas que viajan arrastradas en la fase vapor.

Los materiales usados para el diseño y fabricación de recipientes a presión, también están regidos por normas y códigos. Normalmente el código que reglamenta el diseño del recipiente a presión, establece también los materiales a usar, así como los métodos y pruebas para dichos materiales. Todo esto mediante especificaciones que se mencionan en el Capítulo 4.

En el Capítulo 5 considerando lo antes establecido, es de suma importancia para un diseño óptimo conocer las condiciones a las que va a estar sometido el recipiente, como lo es en su forma, sus dimensiones, localización, etc.; ya que con esto se establece el criterio a seguir para los cálculos así como la selección de materiales, formulas a usar, geometría, etc.; el código

ASME establece los lineamientos para el diseño de recipientes a presión, por lo que nos apoyaremos en los requisitos que esta sección establece.

Los datos de las dimensiones, materiales, propiedades, longitudes; se proporcionan en las hojas de cálculo, esto con la finalidad de recabar la información requerida de cada componente, y con la ayuda del programa se puede llevar a cabo los cálculos de nuestro sistema basado todo esto en el Código ASME.

OBJETIVOS.

- Diseñar mecánicamente un recipiente que sirva como separador líquido-gas, utilizando el ASME Code Sección VIII División 1 “Rules for Construction of Pressure Vessels” y apoyándose en la Norma NRF-028-PEMEX-2004, “Diseño y Construcción de Recipientes a Presión”.
- Diseñar un recipiente que sea funcional y seguro a las condiciones de operación de la planta piloto para Hidrotratamiento de Diesel UBA del Instituto Mexicano del Petróleo.
- Incluir un soporte interno en el domo del separador, para la instalación de un eliminador de nieblas que haga eficiente la separación del gas.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 GENERALIDADES.

Como resultado del avance acelerado y modernización de la industria, los diferentes procesos químicos, de refinación e inclusive de almacenamiento de hidrocarburos, requieren de una absoluta seguridad para el personal y la planta en general, por lo que el diseño, selección y distribución del equipo debe ser el adecuado.

A consecuencia de ello, uno de los equipos fundamentalmente importantes son los recipientes tanto del tipo atmosférico como los que están sujetos a presión, mismos que deben ser calculados, diseñados y construidos, en base a la NRF-028-PEMEX-2004, las últimas ediciones del Código ASME, Sección VIII, División 1 y el manual de Sismo y Viento de la CFE; donde se dan los parámetros de seguridad que nos puedan garantizar la funcionalidad y eficacia de cualquier proceso en la industria.

1.2 DEFINICIÓN DE RECIPIENTES.

Se considera como un Recipiente Atmosférico a cualquier contenedor sin presión capaz de almacenar un fluido.

Un Recipiente a Presión, es un contenedor cerrado capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, independientemente de su forma y dimensión.

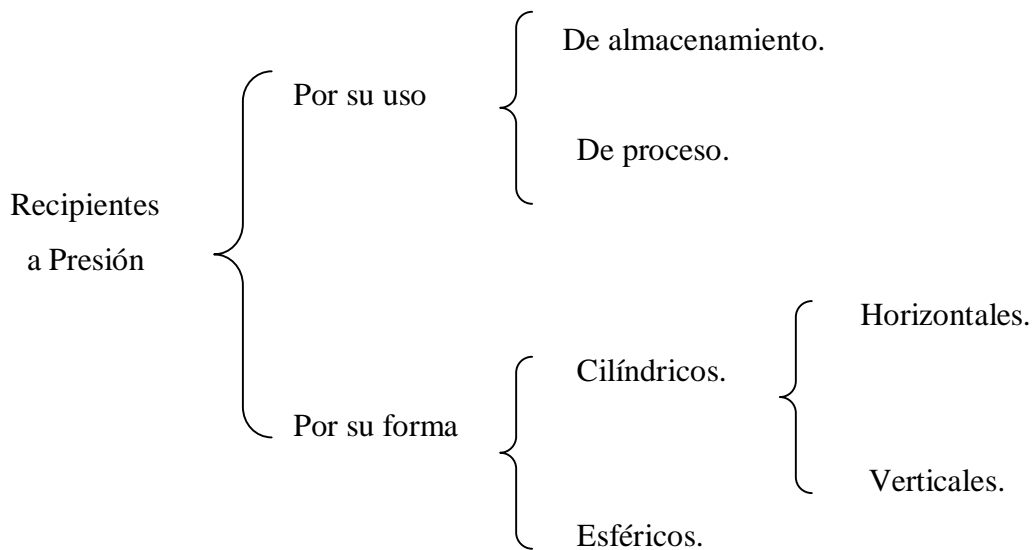
Para el diseño de un recipiente a presión, se deben considerar los siguientes factores:

- Función y localización del recipiente dentro del área de proceso y de la planta.
- Características específicas del fluido.
- Temperatura y presión de operación.
- Volumen a almacenar.

Existen numerosos tipos de recipientes que se utilizan en las plantas industriales o de procesos. Algunos de estos tienen la finalidad de almacenar sustancias que se dirigen o convergen de algún proceso, este tipo de recipientes son llamados en general tanques.

1.3 TIPOS DE RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN.

Los diferentes tipos de recipientes a presión que existen, se clasifican de la siguiente manera:



1.3.1 De acuerdo al uso.

Se dividen en; recipientes de almacenamiento y recipientes de proceso.

Los primeros nos sirven únicamente para almacenar fluidos a presión atmosférica. Son conocidos como tanques de almacenamiento, tanques de día y tanques acumuladores.

Los recipientes de proceso se utilizan como intercambiadores de calor, reactores, torres fraccionadoras, torres de destilación, etc.

1.3.2 De acuerdo a la forma.

Se clasifican en; cilíndricos o esféricos. Los cilíndricos pueden ser horizontales o verticales, y pueden contar con o sin chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de los fluidos según el caso.

Los recipientes esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento y se recomiendan para almacenar grandes volúmenes a bajas presiones.

1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS RECIPIENTES A PRESIÓN.

Los recipientes a presión comúnmente se clasifican de acuerdo a su forma en:

- Horizontales.
- Verticales.
- Esféricos.

1.4.1 Recipientes Horizontales.

Son aquellos recipientes montados en silleteras en posición horizontal (figura 1.1), conocidos comúnmente como salchichas, se utilizan como acumuladores ya sea de flujo de vapor y/o sustancias que provengan de equipos especiales.

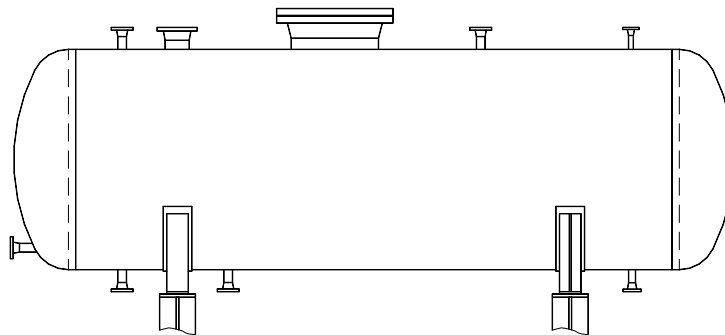


Figura 1.1. Recipiente horizontal.

1.4.2 Recipientes Verticales.

Los más usados son los reactores, las torres, etc. Normalmente los recipientes verticales están soportados por medio de la patas de ángulo o tubo, faldones cónicos o rectos y por soportes integrados en el cuerpo del recipiente (figura 1.2).

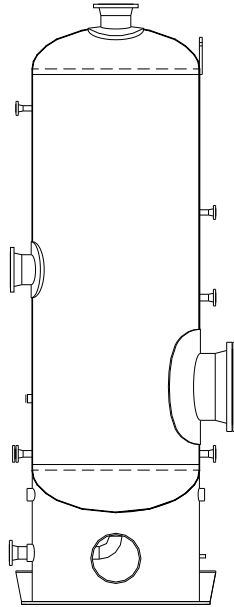


Figura 1.2. Recipiente vertical.

1.4.3 Recipientes Esféricos.

Se usan para almacenamiento de grandes volúmenes de fluidos principalmente, gas natural, butano, isobutileno, hidrógeno, amoníaco y otros productos petroquímicos (figura 1.3).

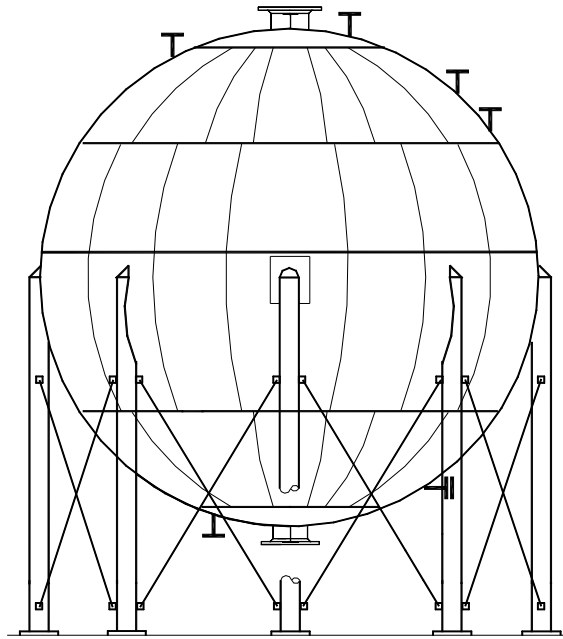


Figura 1.3. Recipiente esférico.

1.5 TIPOS DE TAPAS DE RECIPIENTES BAJO PRESION INTERNA.

Los recipientes sometidos a presión pueden estar contruidos por diferentes tipos de tapas o cabezas. Cada una de estas es más recomendable a ciertas condiciones de operación y costo monetario.

Tapas Planas.

Se utilizan para recipientes sujetos a presión atmosférica, generalmente, aunque en algunos casos se usan también en recipientes a presión. Su costo entre las tapas es el más bajo. Se utilizan también como fondos de tanques de almacenamiento de grandes dimensiones.

Tapas Toriesféricas.

Son las de mayor aceptación en la industria, debido a su bajo costo y a que soportan grandes presiones manométricas, su característica principal es que el radio del abombado es aproximadamente igual al diámetro. Se pueden fabricar en diámetros desde 0.3 hasta 6 m. (11.8 - 236.22 pulg.).

Tapas Semi-elípticas.

Son empleadas cuando el espesor calculado de una tapa toriesférica es relativamente alto, ya que las tapas semi-elípticas soportan mayores presiones que las toriesféricas. El proceso de fabricación de estas tapas es troquelado, su silueta describe una elipse relación 2:1, su costo es alto y en México se fabrican hasta un diámetro máximo de 3 m.

Tapas Semiesféricas.

Utilizadas exclusivamente para soportar presiones críticas, como su nombre lo indica, su silueta describe una media circunferencia perfecta, su costo es alto y no hay límite dimensional para su fabricación.

Tapa 80:10.

Ya que en México no se cuentan con prensas lo suficientemente grande, para troquelar tapas semi-elípticas 2:1 de dimensiones relativamente grandes, se ha optado por fabricar este tipo de tapas, cuyas características principales son: El radio de abombado es el 80% de diámetro y el radio de esquina o de nudillos es igual al 10% del diámetro. Estas tapas se utilizan como equivalentes a la semi-elíptica 2:1.

Tapas Cónicas.

Se utilizan generalmente en fondos donde pudiese haber acumulación de sólidos y como transiciones en cambios de diámetro de recipientes cilíndricos. Su uso es muy común en torres fraccionadoras o de destilación, no hay límites en cuanto a dimensiones para su fabricación y su única limitación consiste en que el ángulo de vértice no deberá de ser calculado como tapa plana.

Tapas Toricónicas.

A diferencia de las tapas cónicas, este tipo de tapas tienen en su diámetro, mayor radio de transición que no deberá ser menor al 6% del diámetro mayor ó 3 veces el espesor. Tiene las mismas restricciones que las cónicas a excepción de que en México no se pueden fabricar con un diámetro mayor de 6 más.

Tapas Planas con Ceja.

Estas tapas se utilizan generalmente para presión atmosférica, su costo es relativamente bajo, y tienen un límite dimensional de 6 m. de diámetro máximo.

Tapas Únicamente Abombadas.

Son empleadas en recipientes a presión manométrica relativamente baja, su costo puede considerarse bajo, sin embargo, si se usan para soportar presiones relativamente altas, será necesario analizar la concentración de esfuerzos generada, al efectuar un cambio brusco de dirección.

1.6 IMPORTANCIA DE LOS RECIPIENTES ATMOSFÉRICOS Y A PRESIÓN DENTRO DE UNA PLANTA.

Los recipientes atmosféricos y a presión son la parte básica de todas las plantas, principalmente donde se trabaje con equipo de proceso. Por esta razón, a todos los equipos de proceso se les puede considerar como recipientes, con las modificaciones y adiciones necesarias; Como por ejemplo: si consideramos un recipiente de alta presión, equipado con agitador y fuentes caloríficas. Un intercambiador de calor, considerado como un recipiente conteniendo una serie de paredes de contacto para lograr el intercambio calorífico; otro puede ser un evaporador que contenga un intercambiador en combinación con un espacio que permita la evaporación; una columna de absorción o destilación, etc.

El costo de la fabricación del recipiente en relación con la función y la vida útil del mismo es de gran importancia para la concepción integral de la planta de proceso donde operará dicho recipiente.

1.7 CAMPO DE APLICACIÓN.

El estudio de los recipientes día a día se hace más necesario e importante, porque a medida que la industria avanza, conjuntamente lo hacen los materiales, formas de equipos de procesos, etc., los cuales tienen relación directa con la ingeniería de recipientes.

Debido a la gran cantidad de procesos químicos, petroquímicos etc., los tipos de recipientes se hacen muy extensos, así por ejemplo, para almacenar agua se tienen una gran diversidad de

formas, los autotanques y carros tanques nos muestran otros tipos de recipientes, los almacenadores de grano, etc.

Los tipos más comúnmente usados se pueden considerar como recipientes abiertos y recipientes cerrados.

Los recipientes abiertos se usan normalmente como tanques de almacén, tanques mezcladores, tanques de reposo, etc., evidentemente este tipo de recipientes es más barato a comparación de los recipientes cerrados, ambos de la misma capacidad.

Los recipientes cerrados pueden dividirse en recipientes cilíndricos verticales de fondo plano y cubierta cónica, los cuales normalmente trabajan a presiones atmosféricas y su función es la de almacenar productos. Existen recipientes cilíndricos con cabezas abombadas en sus extremos, este tipo de recipientes se usan en donde la presión de vapor del líquido acumulado impone un diseño riguroso y finalmente se tienen los recipientes esféricos, los cuales se usan normalmente para el almacenamiento de grandes volúmenes de fluidos bajo presiones moderadas, la figura 1.4 es un ejemplo de aplicación en el ramo de la Industria Petrolera.



Figura 1.4. Refinería.

CAPITULO 2

CÓDIGOS

2.1 INTRODUCCIÓN.

El desarrollo que han tenido los recipientes en la actualidad se hace notorio considerando la cantidad de nuevos Códigos que han surgido para el diseño, fabricación, inspección, pruebas, materiales, etc. También en las formas de fabricación, de materiales, espesores y un aspecto importante es el uso de la computadora, ya que actualmente se cuenta con varios programas para análisis y diseño.

Todos los diseños, fabricación, pruebas e inspección de recipientes a presión se basan en un Código en la de mayoría los países, incluyendo el nuestro, ha llegado a ser como una ley la cual dictamina los requerimientos mínimos para cualquiera de las fases antes mencionadas.

Un Código a seguir muy importante es el Código para calderas y recipientes a presión de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME.), este se origina por la necesidad de proteger a la sociedad de las continuas explosiones de calderas que se sucedían antes de reglamentar su diseño y construcción.

A fin de 1700, sobresale el uso de calderas y la necesidad de proteger al personal de fallas catastróficas. Las calderas para generación de vapor con presiones mayores a la atmosférica. El descuido y la negligencia de los operadores, las fallas de diseño en las válvulas de seguridad, inspecciones inadecuadas producen muchas fallas y explosiones de calderas en los Estados Unidos y Europa.

En junio de 1817, el comité del consejo de Filadelfia expone las explosiones de calderas de barcos. Este comité recomienda que se establezca un Instituto Legislador y se reglamenten las capacidades de presión, Instalación adecuada a la válvula de alivio e inspección mensual.

En 1911, debido a la falta de uniformidad para la fabricación de calderas, los fabricantes y usuarios de calderas y recipientes a presión recurrieron al consejo de la A.S.M.E., para corregir esta situación.

En respuesta a las necesidades obvias de diseño y estandarización, numerosas sociedades fueron formadas entre 1911 y 1921, tales como la A.S.A. (Asociación Americana de Estándares) ahora ANSI (Instituto Americano de Estándares Nacionales) el A.I.S.C. (Instituto Americano del Acero de Construcción) y la A.W.S. (Sociedad Americana de Soldadura).

Los códigos estándares fueron establecidos para proporcionar métodos de fabricación, registros y reportar datos de diseño.

Basándose en lo anterior, los países más altamente industrializados cuentan con Códigos propios, dentro de los cuales, se pueden citar los siguientes:

- La NRF-028-PEMEX-2004 (NORMA DE REFERENCIA), rige en México actualmente.
- El Código ASME (AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS), es el Código que rige actualmente Estados Unidos de América.
- El BS 5500 ó BS 1515 (BRITISH STANDAR), que es el Código Británico.
- El Código JIS (Japanese Industrial Standar), que es usado en Japón.
- El Código Alemán que rige físicamente en Alemania y países bajos.
- Algunos otros como el italiano y el australiano, etc.

Cabe mencionar que cada uno de los Códigos mencionados, tienen diferentes factores de seguridad, por ejemplo el ASME usa un factor de seguridad de 3.5 y el BS 1515 de 2.35, esto es sobre la resistencia última a la tensión especificada a la temperatura ambiente o de diseño.

2.2 CÓDIGOS UTILIZADOS PARA LA FABRICACIÓN DE RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN INTERNA.

2.2.1 Código ASME.

SECCIÓN

- I. Reglas para la Construcción de Calderas de Vapor.

- II. Materiales.
 - Parte A – Especificaciones de Materiales Ferrosos.
 - Parte B – Especificaciones de Materiales No Ferrosos.
 - Parte C – Especificaciones para la Soldadura, Electrodo y los Materiales de Aporte.
 - Parte D – Propiedades (Habituales y Métricas).

- III. Reglas para la Construcción de Componentes de Plantas Nucleares.
 - Subsección NCA – Requisitos Generales por la División 1 y División 2.
 - División 1
 - Subsección NB — Clase 1 Componentes.
 - Subsección NC — Clase 2 Componentes.
 - Subsección ND — Clase 3 Componentes.
 - Subsección NE — Clase MC Componentes.
 - Subsección NF — Soportes.
 - Subsección NG — Bases Estructurales de Soporte.
 - Subsección NH — Clase 1 Componentes en Servicio a Temperatura Elevada.

 - Apéndices
 - División 2 — Código para Contenciones de Concreto.
 - División 3 — Contenciones para Transportación y Almacenaje de desechos de Combustibles nucleares de alto nivel.

- IV. Reglas para la Construcción de Calderas de Vapor.

- V. Ensayos No Destructivos.

VI. Reglas Recomendadas para el Cuidado y Operación de las Calderas de Calefacción.

VII. Pautas Recomendadas para el Cuidado de Calderas de Potencia.

VIII. Reglas para la Construcción de Recipientes a Presión.

División 1

Subsección A — Requisitos generales.

Parte UG – Requisitos Generales para todos los Métodos de Construcción y todos los Materiales.

Subsección B — Requisitos Pertencientes a los Métodos de Fabricación en Recipientes a Presión.

Parte UW – Requisitos de Recipientes a Presión Fabricados por Soldadura.

Parte UF – Requisitos de Recipientes a Presión Fabricados por Forja.

Parte UB – Requisitos de Recipientes a Presión Fabricados por Soldadura Fuerte.

Subsección C — Requisitos para Recipientes a Presión Construidos de Carbón y de Aleaciones Bajas de Acero.

Parte UCS – Requisitos de Recipientes a Presión Construidos de Carbón y de Aleaciones Bajas de Acero.

Parte UNF – Requisitos para Recipientes a Presión Construidos de Materiales no Ferrosos.

Apéndice NF– Características de los Materiales No Ferrosos (Información y Normatividad).

Parte UHA– Requisitos para Recipientes a Presión Construidos de Aceros de Alta Aleación.

Parte UCI – Requisitos para Recipientes a Presión Construidos de Hierro Fundido.

Parte UCL – Requisitos para Recipientes a Presión Soldados Construidos con Materiales con Revestimiento Integral Resistentes a la Corrosión, Material Soldado con Material de Aporte.

Parte UCD – Requerimientos para Recipientes a Presión Construidos de Hierro Dúctil

de Molde.

Parte UHT – Requerimientos para Recipientes a Presión Construidos de Aceros Ferríticos, con Propiedades a Tracción mejoradas por Tratamientos Térmicos.

Parte UWL– Requisitos para Recipientes a Presión Fabricadas por Estratificación.

Parte ULT – Reglas Alternativas para la Construcción de Recipientes a Presión de Materiales de Gran Resistencia a Baja Temperatura.

Parte UHX – Reglas Para Envolvertes y Tubería de Cambiadores de Calor.

Limitaciones de la división 1

- La presión deberá ser menor a 3000 psi.
- Calentadores tubulares sujetos a fuego.
- Recipientes a presión que son parte integral de componentes de sistemas de tubería
- Sistemas de tuberías.
- Componentes de tubería.
- Recipientes para menos de 454.3 litros (120 galones) de capacidad de agua, que utilizan aire como elemento originador de presión.
- Tanques que suministran agua caliente bajo las siguientes características:
- Suministro de calor no mayor de 58,600 W (200,000 Btu/h)
- Temperatura del agua de 99° c (210°f)
- Capacidad de 454.3 lt (120 galones)
- Recipientes sujetos a presión interna o externa menor de 1.0055 Kg./cm² (15psi)
- Recipientes que no excedan de 15.2 cm (6 pulg) de diámetro.

División 2 Reglas Alternativas.

Reglas Alternativas para la Construcción de Recipientes a Presión

Parte 1 — Requisitos Generales.

Parte 2 — Responsabilidades y Deberes.

Parte 3 — Requisitos de Materiales.

Parte 4 — Requisitos para las Reglas de Diseño.

Parte 5 — Requisitos para el Análisis de Diseño.

Parte 6 — Requisitos para Fabricación.

Parte 7 — Requisitos para la Inspección y de la Examinación.

Parte 8 — Requisitos de la Pruebas de Presión.

Parte 9 — Protección de Sobrepresión de Recipientes de Presión.

División 3 Reglas Alternativas.

Reglas Alternativas para la Construcción de Recipientes a Presión Altos.

Parte KG — Requisitos Generales.

Parte KM — Requisitos del Material.

Parte KD — Requisitos del Diseño.

Parte KF — Requisitos de Fabricación.

Parte KR — Dispositivos de la Relación de Presión.

Parte KE — Requisitos para la Examinación.

Parte KT — Requisitos de Prueba.

Parte KS — Marcas, Estampas, Informes y Expedientes.

IX. Clasificaciones de Soldadura y Soldadura Fuerte.

Parte QW — Soldadura.

Parte QB — Como Soldadura.

X. Recipiente a Presión de Plástico Reforzados con Fibra de Vidrio.

XI. Reglas para Inspección de Servicios de Componentes para Centrales Nucleares.

XII. Reglas para la Construcción y Servicio Continuo de Tanques de Transporte.

La sección VIII del Código ASME contiene tres divisiones. La División 1, que cubre el diseño de recipientes a presión no sujeta a fuego directo y las reglas de esta cubre los requisitos mínimos de construcción para el diseño, fabricación, inspección y certificación de recipientes a presión.

La División 2, contiene otras alternativas para cálculos de recipientes a presión.

Como se ha venido mencionando el considerable avance tecnológico que se ha tenido en los últimos años ha traído como consecuencia la implicación de nuevos Códigos y Normas; el ASME consciente de ello, crea dentro de la sección VIII de su Código, un nuevo tomo denominado División 2. "Reglas Alternativas".

La División 2 proporciona un juego alternativo de reglas para la construcción de recipientes a presión, aunque pareciera representar una aproximación completamente y moderna para el diseño y construcción de recipientes a presión, no se ha pensado remplazar a la División 1.

La División 2 es una modificación de la División 1. Nuevos requerimientos han sido añadidos y otros hechos más rigurosos para lograr un diseño balanceado. Los resultados están en recipientes con grado de seguridad que iguala o sobre pasa a los recipientes construidos de acuerdo a la División 1, en algunos aspectos la División 2 es similar a la Sección III del Código para recipientes nucleares, aunque no fuese es la intención del comité. Después de varios años de experiencia, un intento probablemente será el hecho de consolidar las divisiones 1 y 2.

2.2.2 Norma NRF-028-PEMEX-2004.

0. INTRODUCCIÓN.

1. OBJETIVO.

2. ALCANCE.

3. CAMPO DE APLICACIÓN.

4. ACTUALIZACIÓN.

5. REFERENCIAS.

6. DEFINICIONES.

7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.

8. DESARROLLO.

8.1 Requisitos generales para todos los recipientes.

8.1.1 Materiales permitidos.

8.1.2 Diseño.

8.1.3 Fabricación.

8.1.4 Inspecciones y pruebas.

8.1.5 Dispositivos de alivio de presión.

8.2 Requisitos para recipientes de acuerdo al método de construcción

8.2.1. Recipientes fabricados por soldadura.

8.2.2. Recipientes fabricados por forja.

8.3 Requisitos para recipientes de acuerdo al tipo de materiales de construcción.

8.3.1. Recipientes construidos de acero al carbono y de baja aleación.

8.3.2. Recipientes construidos de materiales no ferrosos.

8.3.3. Recipientes construidos de acero de alta aleación.

8.3.4. Recipientes soldados, construidos de materiales revestidos integralmente, con soldadura o con forros resistentes a la corrosión.

8.3.5. Recipientes construidos de acero ferrítico con propiedades de tensión mejoradas por tratamiento térmico.

8.3.6. Recipientes multicapas.

8.4 Marcado y certificación de cimientos térmicos.

8.5 Verificación del cumplimiento.

8.6 Documentación y registro del diseño y la construcción.

9. RESPONSABILIDADES.

10. CONCORDANCIA CON NORMAS OFICIALES.

11. BIBLIOGRAFÍA.

12. ANEXOS.

2.3 CÓDIGOS AUXILIARES.

2.3.1 Código BS-5500

La primera edición del BS-5500, el cual cubre los Recipientes a Presión construidos de acero al carbono, aleaciones ferríticas y austeníticas, reemplaza al estándar BS-1500 "Recipientes a Presión construidos por soldadura de fusión para uso en la industria química, petrolera e industriales afines.

- Parte 1 (aceros al carbono y aceros ferríticos aleados).
- Parte 2 (aceros inoxidable austeníticos).

Este estándar especifica los requerimientos para el diseño, construcción, inspección, pruebas y certificación de recipientes a presión construcción por soldadura de fusión y no expuestos a fuego directo. Los materiales de construcción son definidos en la sección 2 del mismo.

El Código BS-5500 no cubre los casos siguientes:

- a) Tanques de almacenamiento diseñados para almacenar líquidos a presión cercanas a la atmosférica, por ejemplo, aquellos donde la presión hidrostática adicional debida al liquido no excede de 140 m bar ó 6 m bar abajo de la presión atmosférica de acuerdo con los estándares BS-2594 o BS-2654.
- b) Recipientes en los cuales los esfuerzos calculados de acuerdo con las ecuaciones dadas en la sección tres del mismo Código, sean menores en 10% de los esfuerzos de diseño permitidos en la misma sección.
- c) Recipientes Especiales para trabajar a presiones muy altas.
- d) Recipientes Transportables, por ejemplo Carros Tanques, etc.
- e) Recipientes para aplicaciones específicas, los cuales son cubiertos por los estándares listados en el "BSI Yearbook".

El Código BS-5500 cuenta con cinco secciones y once apéndices que a continuación se presenta.

- Sección 1 — Generalidades.
- Sección 2 — Materiales.
- Sección 3 — Diseño.
- Sección 4 — Mano de obra y manufacturera.
- Sección 5 — Generalidades Inspección y pruebas.

APÉNDICES

- A.- Requisitos de diseños para cargas y componentes cubiertos por la sección tres.
- B.- Envoltentes cilíndricas, esféricas y cónicas bajo cargas combinadas, incluyendo viento y sismo.
- C.- Practicas recomendadas para evaluar los daños de recipientes sujetos a fatiga.
- D.- Practicas tentativas recomendadas para evaluar los daños de recipientes construidos de acero al carbono y carbono-manganeso requeridos para trabajar a baja temperatura.
- E.- Conexiones soldadas para recipientes a presión.
- F.- Métodos alternativos de diseño usando el método compensación de área, gradientes térmicos. etc.
- G.- Métodos recomendados para el cálculo de esfuerzos debidos a cargas locales.
- H.- Recomendaciones generales para soldaduras consumibles y tratamiento de soldadura en juntas soldadas de acero ferritico disimilar.
- J.- Mecanismo de protección para alivio de presión.
- K.- Derivación de las resistencias de diseño del material nominal.
- L- Bases de diseños de las cartas usadas para aberturas y derivaciones.

Los Códigos mencionados anteriormente cubren los requisitos para el diseño y fabricación de recipientes a presión pero existen ciertos elementos de estos, los cuales no son de consideración dentro de la jurisdicción del Código, o bien, no está definida explícitamente la forma en que deben ser analizados dichos elementos. Por tal motivo se hace necesario el uso de otro Código,

los cuales reglamenta el análisis y/o diseño de los mismos. Así, a manera de ejemplo, se puede mencionar que el código ASME, establece que todos los recipientes a presión deben ser diseñados para resistir los esfuerzos generados por gradientes de temperatura, por solicitaciones de viento, nieve o sismos, pero en ningún momento proporciona los lineamientos en los cuales se deben basar para la cuantificación y evaluación de dichos efectos.

De acuerdo a lo anterior, es clara la necesidad de otros Códigos y manuales que respalden los elementos de los recipientes a presión, o bien que establezcan criterios para el análisis de los efectos antes mencionados.

De esta manera, los siguientes Códigos y Manuales nos pueden servir para el diseño de recipientes a presión.

- a) Manual de diseño de obras civiles de la CFE.
- b) Manual de IMCA y AHMSA.
- c) Manual de la AISC (American Institute of Steel Construcción).
- d) Standar BS-449 "Uso del acero estructural".

En el manual de diseño de obras civiles de la CFE, se establecen los requerimientos para el análisis de estructuras sujetas a solicitaciones debidas a viento o sismo, en este trabajo se establecen los criterios de diseño que deben seguirse para el diseño, proporcionando una estabilidad y soporte adecuado para el equipo.

Mientras que en los Estados Unidos, la ANSI, en unos de sus estándares (ANSI A-58.1) proporciona los lineamiento para el análisis por viento o sismo de estos equipos.

Por otra parte, en los manuales AHMSA, AISC y el BS-449 se encuentran los requerimientos que deben cumplir las secciones estructurales. Estos mismos manuales nos proporcionan además de los criterios que analizan las dimensiones, propiedades, resistencia de los perfiles y secciones estructurales que se encuentran disponibles en el mercado nacional (tal es el caso del manual AHMSA.), en los Estados Unidos (el manual de la AISC) o en el Reino Unido (estándar BS-449).

En lo que respecta a las conexiones y accesorios requeridos por el equipo, nos podemos auxiliar de los estándares siguientes:

- ANSI B.16.5. Bridas y conexiones.
- ANSI B.16.5. Conexiones de acero forjado.
- ANSI B.16.5. Extremos para soldar a tope.
- ANSI B.16.5. Dimensiones de bridas para recipientes a presión.

2.3.2 Normas de Calidad ISO.

Este estándar internacional es uno de los tres estándares internacionales relacionados con los requerimientos de calidad, los cuales pueden ser utilizados para propósitos de aseguramiento de calidad establecidos por los tres estándares internacionales mencionados.

- A. Modelo de aseguramiento de calidad en diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio. Para usarse cuando la conformidad de requerimientos especificados debe ser asegurada por el proveedor durante el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio.
- B. ISO 9001. Sistema de calidad. Para usarse cuando la conformidad de requerimiento especificado debe ser asegurada por el proveedor durante la producción, instalación y servicio.
- C. ISO 9002. Sistema de calidad - modelo para aseguramiento de calidad en producción, instalación y servicio.
- D. ISO 9003. Sistema de calidad - modelo para aseguramiento de calidad en prueba de inspección final.

CAPITULO 3

FUNCIONAMIENTO

3.1 SEPARACION TIPO FLASH.

La separación del gas en una mezcla líquido – gas se puede llevar a cabo a través de varios procesos, uno de los cuales es la separación tipo flash. La corriente gaseosa que sale del separador debe ir libre de líquidos u otros contaminantes, pues más adelante en las líneas del proceso, pueden condensar o precipitar, ocasionando problemas como taponamientos, obstrucción de reguladores de presión o de instrumentación.

En la separación flash, la fase gas se encuentra fluyendo junto con el líquido en una tubería de sección transversal definida y de repente la fase gas se expande al entrar en el recipiente separador, con sección transversal mayor y con temperatura y presión del recipiente igual a la de la tubería. Con esta expansión por cambio de volumen, el líquido escurre hacia abajo y los gases condensables a esa temperatura y presión se van con él; los gases incondensables y vapores suben por el separador, arrastrando algunas gotas de líquido en forma de neblina. La separación flash también se puede alcanzar disminuyendo la temperatura en el separador, aunque ésta es menos eficiente.

3.2 ELIMINADOR DE NIEBLA EN EL SEPARADOR.

La separación tipo flash no es completamente eficiente, sobre todo si el flujo de gas es alto o si se están procesando líquidos con temperatura de ebullición baja, por lo que a fin de conseguir una mejor separación de fases, estos recipientes se proveen de diferentes tipos de eliminadores de niebla (demister) o separadores por goteo, los cuales atrapan gotas de un tamaño definido, según el diseño.

Se consideran nieblas a aquellas gotas con tamaño de partícula de 3 a 20 micrones; spray son gotas mayores a 20 micrones en tamaño. En un separador típico de procesos de refinación se tienen gotas entre 5 y 800 micrones; en el caso de boquillas neumáticas, el tamaño de gota llega hasta 1000 micrones (Figura 3.1).

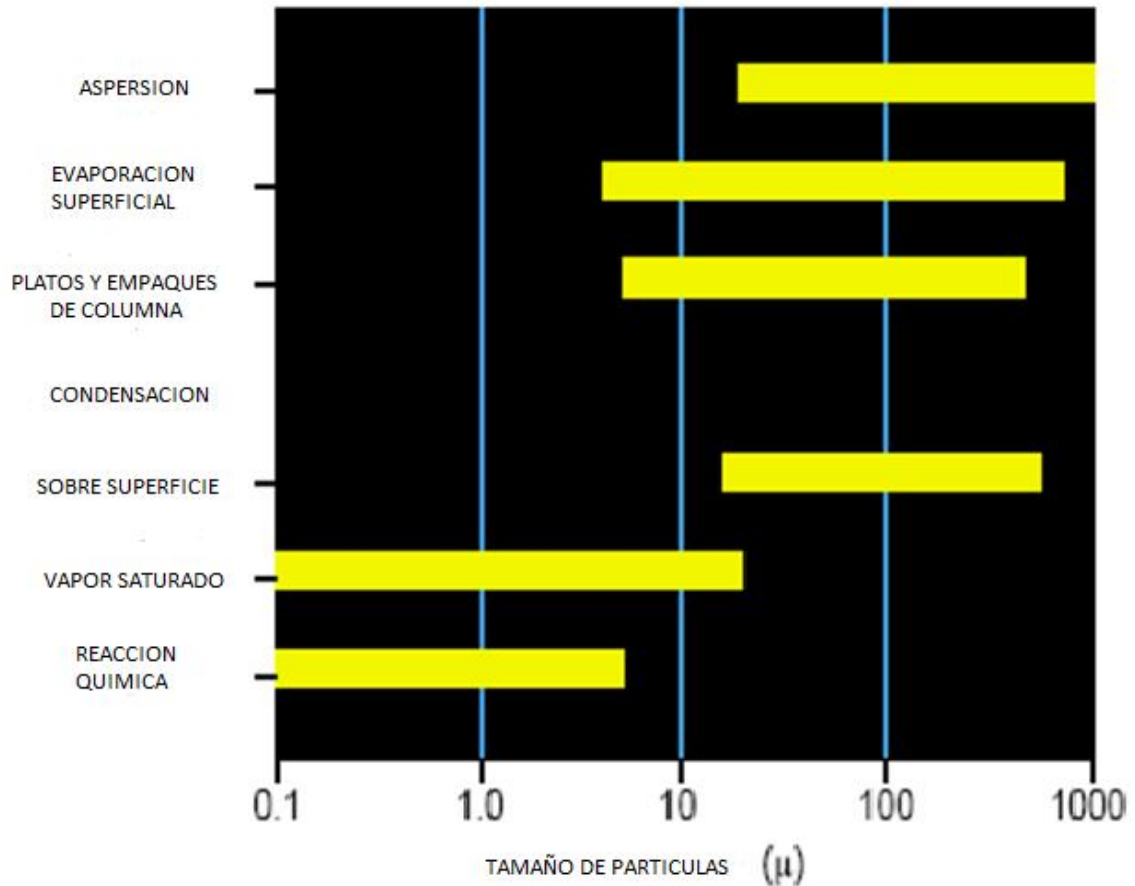


Figura 3.1 tamaño de gotas.

El tipo de demister a usar, se selecciona dependiendo el mecanismo que produjo las gotas que son arrastradas con la corriente gaseosa. Los mecanismos involucrados para atrapar las gotas y que ocasiona que éstas caigan por gravedad a la corriente líquida, se llevan a cabo en tres pasos (Figura 3.2):

1. Colisión y adherencia.
2. Coalescencia en gotas de mayor tamaño.
3. Drenaje o caída de las gotas

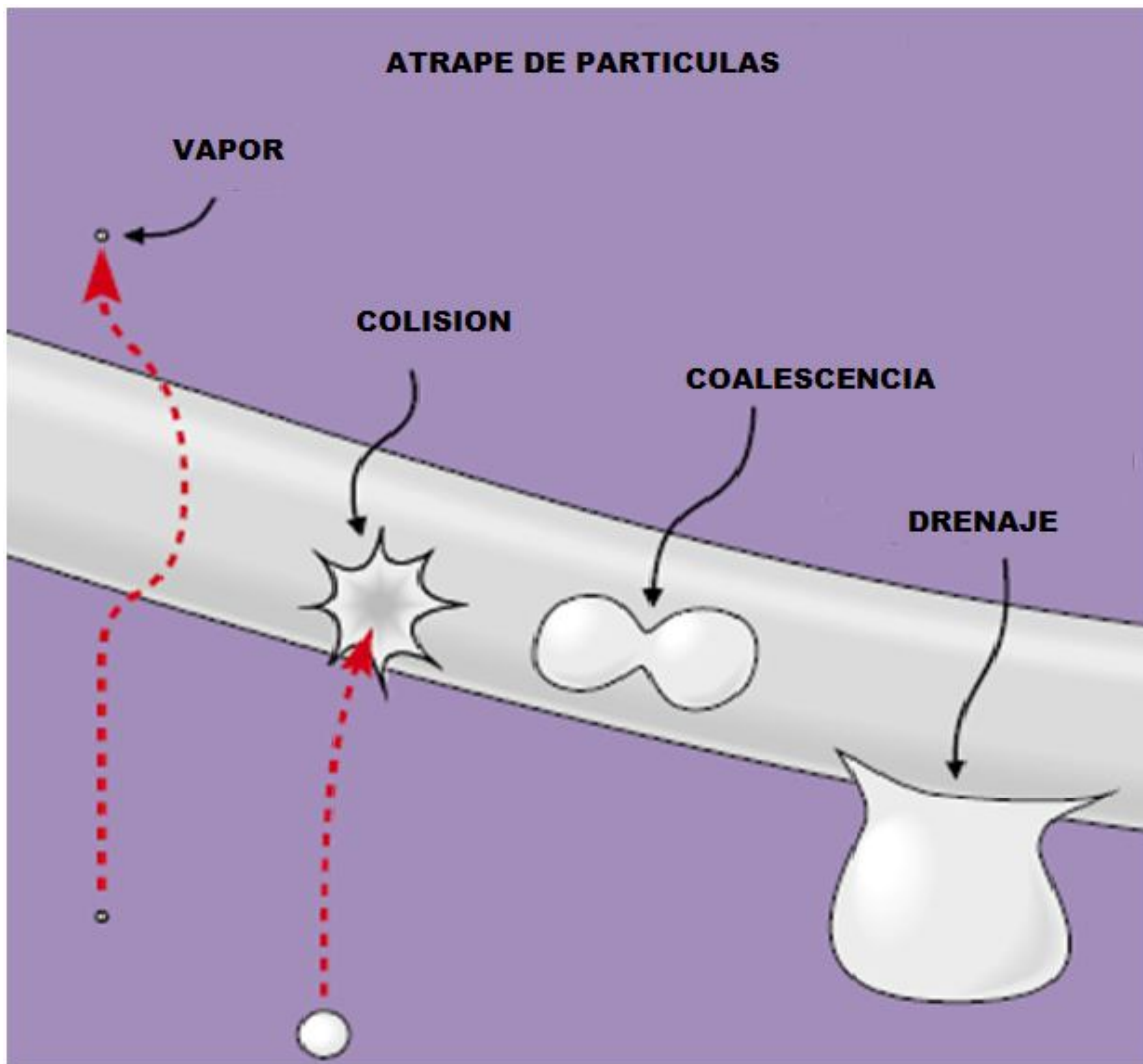


Figura 3.2 Atrape de partículas.

Para el separador de este trabajo se seleccionó un demister tipo malla, de acero inoxidable 304, el cual se soportará dentro del recipiente mediante dos anillos con refuerzos transversales soldados a las paredes internas del recipiente, considerando un tamaño promedio de partículas de 10-200 micrones (columna de destilación) y velocidad del gas de 4 pies/segundo (Figura 3.3).

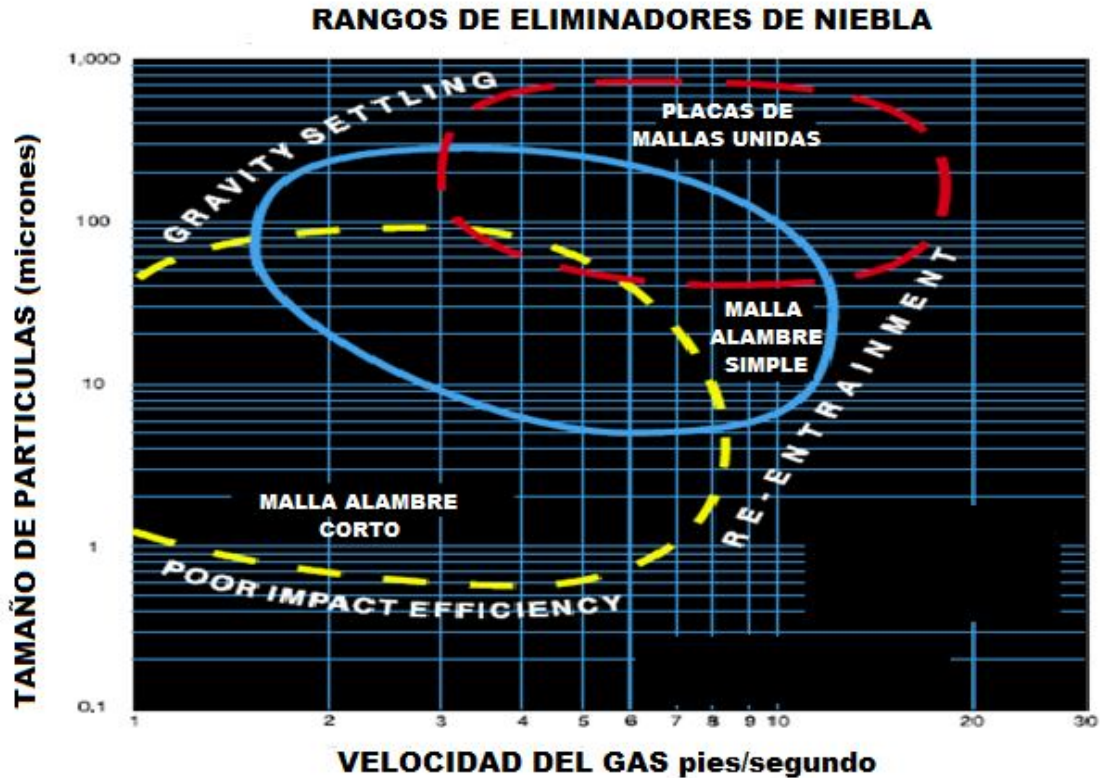


Figura 3.3 Eliminadores de niebla.

La localización del demister está gobernada por el patrón de flujo de gas en la sección transversal del separador, por lo que debe instalarse a una distancia de al menos la mitad del diámetro interior del recipiente, desde la boquilla de salida de gas hasta la parte alta del demister y así reducir el flujo no uniforme en éste, causado por el gradiente de presión radial.

La entrada de la mezcla líquido-gas debe estar localizada a una distancia de al menos una medida del diámetro, desde la parte inferior del demister hasta el centro de la boquilla de entrada, para permitir la separación flash del líquido que va cayendo. El seno del líquido debe estar al menos a una distancia igual a la mitad del diámetro interno del recipiente desde la línea de centro de la boquilla de entrada hasta el seno del líquido, para mantener libre la entrada de la mezcla al separador (Figura 3.4).

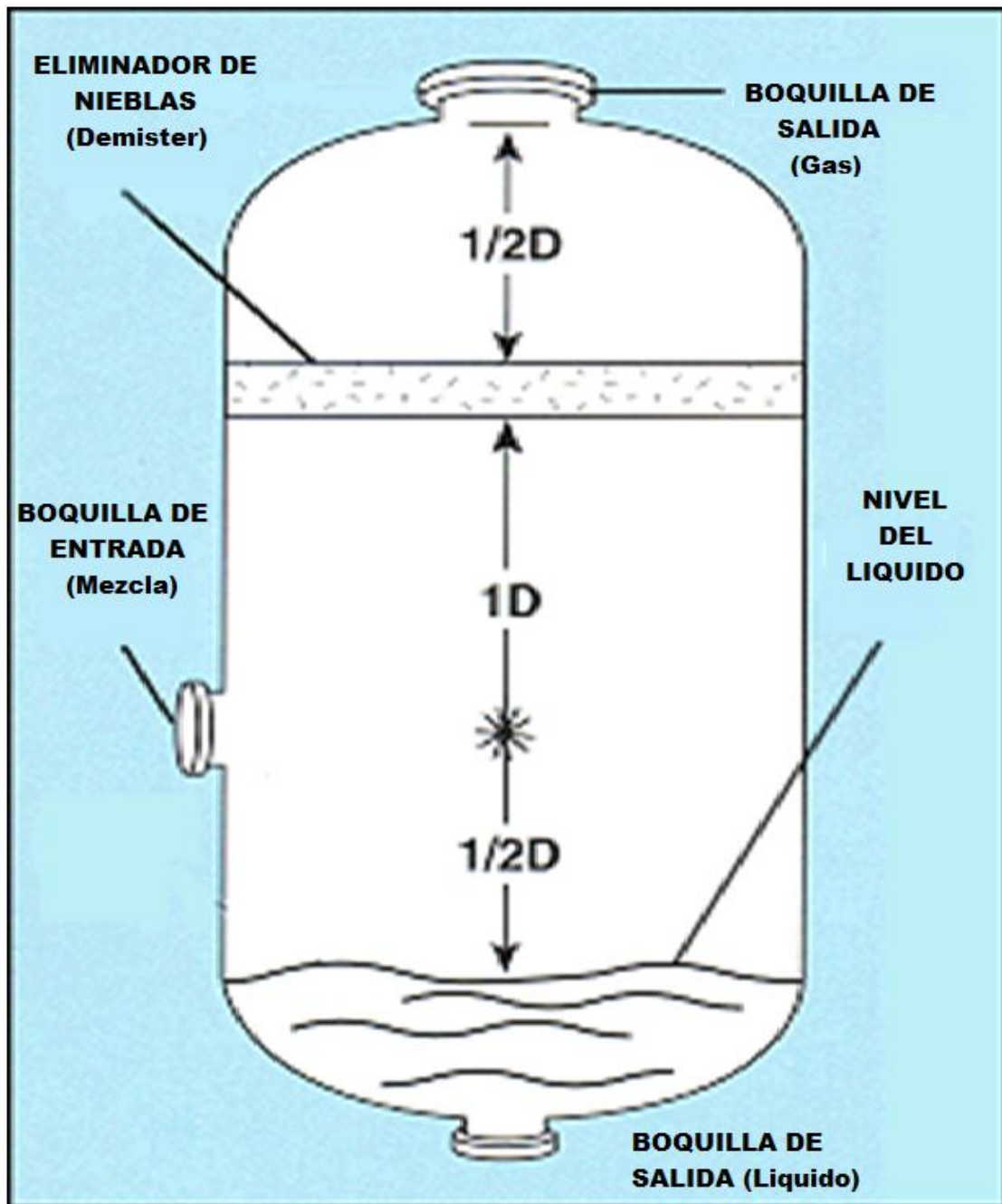


Figura 3.4 Localización del demister.

CAPITULO 4

MATERIALES Y ACCESORIOS

4.1 INTRODUCCIÓN.

Los materiales usados para el diseño y fabricación de recipientes a presión, también están regidos por Normas y Códigos.

La NRF-028-PEMEX-2004 Capitulo 8, párrafo 8.1.1, establece que los materiales sujetos a esfuerzos debido a la presión para construcción de recipientes, deben fabricarse de conformidad con las especificaciones de la Sección II, del Código ASME.

Así, la ASTM (American Society For Testing and Materials) y la AWS (American Welding Society) son las autoridades máximas en Estados Unidos, mientras que en Inglaterra la BSI (British Standard Institución) es la encargada de normalizar el uso de materiales y soldaduras.

En el caso del Código ASME, toma bajo su jurisdicción los materiales amparados por la ASTM y solo le antepone una "S" a los materiales amparados por él. De manera similar lo hace para el material de los electrodos utilizados, los cuales son amparados por la AWS, ejemplo:

- Nominación ASTM A-515 70
- Nominación ASME SA-515 70

Es importante mencionar, que el Código ASME dedica toda la Sección II a los materiales que ampara, en donde nos proporciona el valor de los esfuerzos máximos permisibles a distintas temperaturas y parte de la Sección IX a materiales de los electrodos amparados por él.

En el caso de la BSI, la cual es una norma donde convergen la mayoría de los estándares usados industrialmente en Inglaterra, podemos mencionar los estándares siguientes, los cuales sirven de apoyo al estándar BS-550 en lo que respecta a los materiales usados.

- **BS-449** — Uso del acero estructural en la construcción.
- **BS-1501** — Aceros para Recipientes a Presión sometidos o no a fuego directo, Parte 1, Aceros al carbono y Aceros al carbono-magnesio.
- **BS-1502** — Aceros para recipientes a presión sometidos o no a fuego directo Secciones en barras.
- **BS-1503** — Aceros para recipientes a presión sometidos o no a fuego directo.
- **BS-1510** — Aceros para usarse en las industrias químicas, petroleras e industriales afines (requerimientos suplementarios para baja temperatura de acuerdo al BS-1501-6).
- **BS-1510 6** — Aceros para usarse en industrias químicas, petroleras e industrias afines.

4.2 ESPECIFICACIONES DE LOS ACEROS BAJO EL CÓDIGO ASME.

Las placas de acero al carbono, se usan en la mayoría de los casos, donde lo permiten las condiciones de servicio debido a su bajo costo y mayor disponibilidad. Estos aceros son fabricados para que puedan ser soldados por fusión y cortados por medio de oxígeno, su contenido de carbono no excede de un 35%.

Existe una gran diversidad de materiales especificados por el ASME de los cuales los aceros al carbono más comerciales en nuestro país son el *SA-285 C*, *SA-515 70*, *SA-516 70*.

Las partes secundarias de los recipientes (partes no sujetas a presión), como son soportes o algunas partes misceláneas, pueden ser fabricadas con aceros estructurales, tal como, *SA-36* y/o *SA-285* (grados A, B, C y D), para partes sujetas a presión, también estos aceros pueden ser usados cumpliendo con los siguientes requerimientos:

- a) Recipientes que no vayan a ser usados en servicios, como en sustancias letales, ya sean líquidas o gases.
- b) Que las temperaturas a las cuales el material vaya a ser usado, sean entre los rangos de -29°C (-20°F) y 343°C (650°F).
- c) Para cascarones, cabezas y boquillas en los cuales el espesor de la placa no excede de 1.6 cm. (5/8").

- d) El acero sea fabricado por el proceso de horno eléctrico, hornos de hogar abierto o por el proceso de oxígeno básico.

Uno de los aceros más empleados en la construcción de recipientes a presión es el **SA-285** grado **C**. Este acero es muy dúctil y fácil de conformar, soldar y maquinar. Es también de los aceros más económicos y de mayor existencia en el mercado, es el indicado para temperaturas moderadas.

En los casos de altas temperaturas, se usan con ventaja aceros de alta resistencia, para reducir el espesor de la pared, el **SA-515** grado **70** es adecuado para esas aplicaciones requiriendo un espesor de pared de solamente un 78% del que se requiere con el **SA-285** grado **C**. Este material, es también de fácil fabricación, aunque más caro que los otros aceros.

El material **SA-285**, normalmente se usa para temperaturas mayores de 18.33° C (61 °F) y menores de 345 °C (650 °F), mientras que en **SA-515**, se usan para temperaturas que estén entre 18.33 °C (61 °F) y 413 °C (775 °F). En el caso de que haya temperaturas más altas que las indicadas, se usan por lo general aceros de baja aleación, tal es el caso del **SA-387** (1-1/4% de Cromo -1/2 Mo), el cual puede ser usado hasta aproximadamente 556°C (1050 °F).

Ahora bien, se han mencionado solamente los casos para temperaturas moderadas o altas, pero definitivamente existe una gran variedad de procesos en los cuales, se tienen temperaturas criogénicas, en estos casos, los materiales más recomendables dentro de los aceros al carbono, son el **SA-516**, el cual puede usarse de -45 °C (-50 °F) a 15 °C (60 °F), en el caso de tener temperaturas más bajas, se puede pensar en utilizar aceros a base de níquel como es el **SA-203** (2-1/2 a 3-3/2 de Ni), que se usa normalmente para temperaturas mucho más bajas que las anteriores; los aceros con más contenido de níquel se usan hasta llegar a los inoxidables, como es el caso del **SA-240 304**, que resiste la temperatura hasta de -254 °C (-425°F).

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de relevante importancia, para lo cual necesitamos definir una secuencia lógica para la selección de estos.

Así pues realizaremos un breve análisis de la filosofía que sigue la ASME, para seleccionar sus materiales y por consiguiente para especificarlos como adecuados en la construcción de los recipientes a presión.

Los esfuerzos permisibles para aceros al carbono y de baja aleación, así como aquellos usados en tuberías y forjas, se pueden consultar en la Sección II, parte D del Código ASME al igual que los aceros inoxidable.

4.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL MATERIAL.

Los tres aspectos fundamentales que intervienen para una adecuada selección del material son los siguientes:

- Tipos de fluido a manejar.
- Condiciones de temperatura y presión.
- Facilidad para adquirir el material y costo en el mercado.
- Propiedades del material.

4.3.1 Tipo de Fluido a Manejar.

Para la selección del material con respecto al tipo de fluido a manejar, ésta estará sujeta a las características de corrosión de dicho fluido, ya sea un acero al carbono para fluido poco corrosivo o un acero de alta aleación o de recubrimiento para un fluido altamente corrosivo.

Por otro lado, existen fluidos que requieren el uso de materiales especiales, como por ejemplo: Hastelloy que es una aleación del Níquel, ampliamente utilizado y muy resistente a los ambientes corrosivos, como el de procesos químicos, control de contaminación, producción de papel, tratamiento de basuras y en la recuperación de gas ácido natural.

En lo relacionado con las sustancias a manejar podemos auxiliarnos con la tabla 4.1. Cabe mencionar que es a manera de ilustración ya que no es posible indicar todas las sustancias existentes sino las más generales.

Uno de los principales aspectos que caracterizan a los materiales, es su comportamiento al estarlos habilitando, dentro de los más característicos se puede mencionar el de la unión de dos

placas por medio de soldadura, lo que puede dar como resultado una reducción en la resistencia de la parte soldada o en las partes cercana a ella, esto puede ser por una discontinuidad metalúrgica del acero y/o esfuerzos residuales, por lo general al someter a las placas a trabajos mecánicos, ejemplo: rolado.

Tabla 4.1 Comportamiento de materiales a distintas sustancias.

LISTA DE MATERIALES DE ACUERDO AL SERVICIO						
Sustancia	Acero al Carbono	Niquel	Inconel	Monel	A.I. Tipo 304	A.I. Tipo 316
Acetona	A	A	A	A	A	A
Acetileno	A	A	A	A	A	A
Cerveza	P	A	A	A	A	A
Benceno Benzal	A	A	A	A	A	A
Bencina Nafta	A	A	A	A	A	A
Ácido Bórico	X	---	---	P	A	A
Cloruro en Gral.	X	R	R	R	X	X
Butano	A	---	---	A	A	A
Ácido Cítrico	X	R	A	A	A	A
Mercurio	A	A	---	A	A	A
Gas Natural	A	A	A	A	A	A
Aceite Petróleo 500°F Crudos	A	P	A	P	P	R
Ácido Fosfórico	P	P	P	P	P	R
Azufre	A	A	A	A	P	P
Ácido Sulfúrico	X	P	P	R	P	A
Ácido Sulfuroso	X	P	P	P	A	A
Whiskey y Vinos	X	A	A	P	A	A
Sustancias con Hidrógenos	A	A	A	A	A	A

A = Adecuado

P = Precaución (depende de las condiciones)

R = Recomendable

X = No recomendable

4.3.2 Adquisición en el Mercado.

El código ASME indica la forma de suministro de los materiales más utilizados, la cual va implícita en su especificación. A continuación se dan algunos ejemplos de materiales, su especificación y forma de suministro.

Debido a la existencia de diferentes materiales disponibles en el mercado, en ocasiones no resulta sencilla la tarea de seleccionar el material ya que deben considerarse varios aspectos como costos, disponibilidad de material, requerimientos de procesos y operación, facilidad de formato, etc.

Así pues es necesaria una explicación más amplia acerca del criterio de la selección de los materiales que pueden aplicarse a los recipientes como:

Aceros al carbono

Es el más disponible y económico de los aceros, recomendables para la mayoría de los recipientes donde no existen altas presiones ni temperaturas.

Aceros de baja aleación.

Como su nombre lo indica, estos aceros contienen bajos porcentajes de elementos de aleación como níquel, cromo, etc. Y en general están fabricados para cumplir condiciones de uso específico. Son un poco más costosos que los aceros al carbono. Por otra parte no se considera que sean resistentes a la corrosión, pero tienen mejor comportamiento en resistencia mecánica para rangos más altos de temperaturas respecto a los aceros al carbono.

Aceros de alta aleación.

Comúnmente llamados aceros inoxidables. Su costo en general es mayor que para los dos anteriores. El contenido de elementos de aleación es mayor, lo que ocasiona que tengan alta resistencia a la corrosión.

Materiales no ferrosos.

El propósito de utilizar este tipo de materiales es con el fin de manejar sustancias con alto poder corrosivo para facilitar la limpieza en recipientes que procesan alimentos y proveen tenacidad en la entalla en servicios a baja temperatura.

4.3.3 Condiciones de Temperatura y Presión.

Las condiciones de temperatura y presión de los materiales resguardados bajo el código ASME se indican, muy claramente en la Sección II parte D, ahí se encuentra en dos versiones las cuales son sistema métrico e inglés (Figura 4.1).

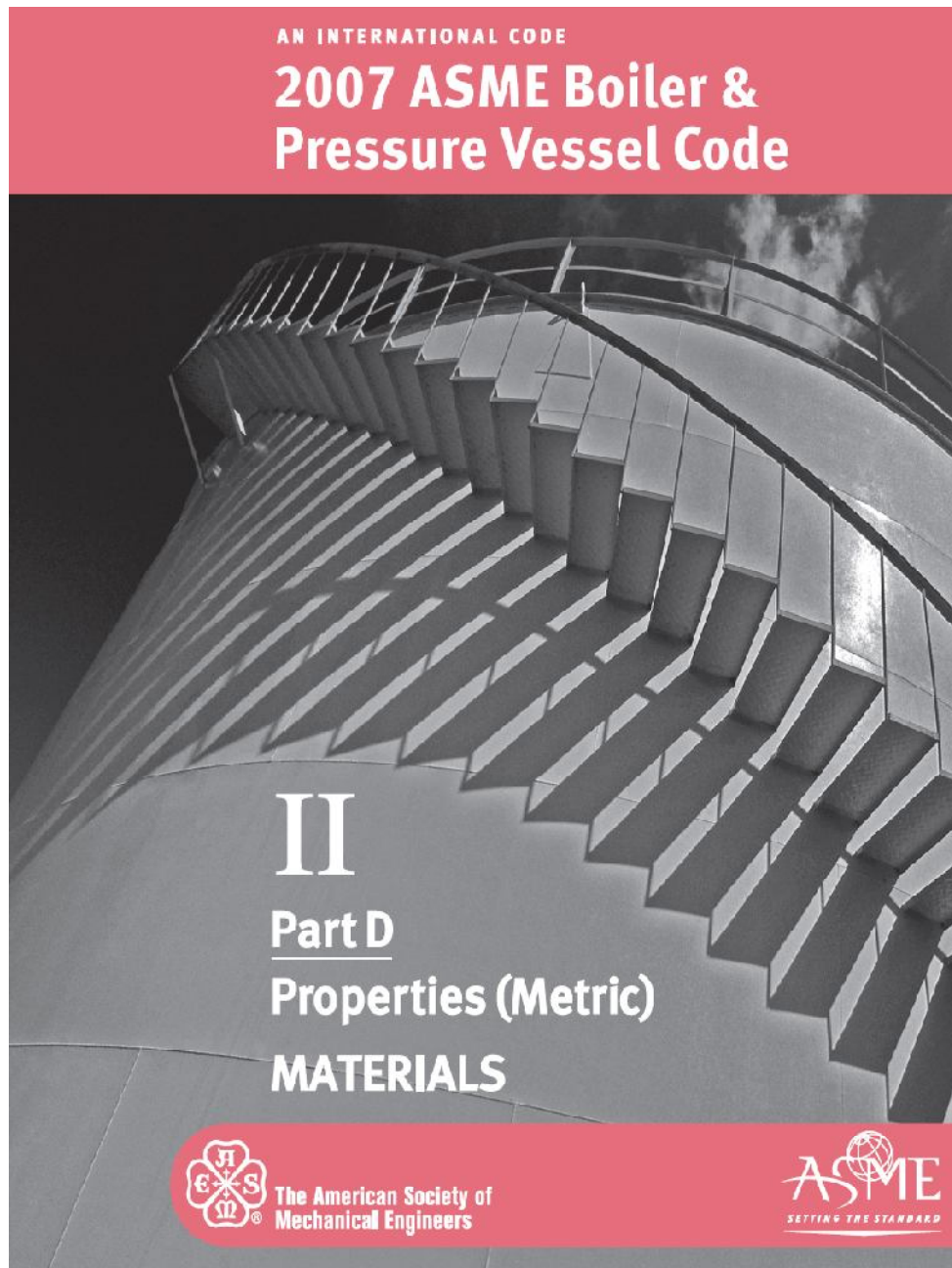


Figura 4.1. Sección II Parte D, Propiedades de los materiales (Métrico).

4.3.4 Propiedades de los Materiales.

Propiedades mecánicas.

Al considerar las propiedades mecánicas del material es deseable que tenga buena resistencia a la tensión, alto nivel de cedencia, por ciento de alargamiento alto y mínima reducción de área. Con estas propiedades principales se establecen los esfuerzos de diseño para el material en cuestión.

Propiedades físicas.

En este tipo de propiedades se buscará que el material deseado tenga coeficiente de dilatación térmica.

Propiedades químicas.

La principal propiedad química que se debe considerar en el material que utilizaremos en la fabricación de recipientes a presión es su resistencia a la corrosión. Este factor es de muchísima importancia ya que un material mal seleccionado nos causará muchos problemas, las consecuencias que se derivan de ello son:

- a. Reposición del equipo corroído. Un material que no sea resistente al ataque corrosivo puede corroerse en poco tiempo de servicio.
- b. Sobre diseño en las dimensiones. Para materiales poco resistentes al ataque corrosivo puede ser necesario dejar un excedente en los espesores dejando margen para la corrosión, esto trae como consecuencia que los equipos resulten más pesados, de tal forma que encarecen el diseño además de no ser siempre la mejor solución.
- c. Mantenimiento preventivo. Para proteger los equipos del medio corrosivo es necesario usar pinturas protectoras.
- d. Paros debido a la corrosión de equipos. Un recipiente a presión que ha sido atacado por la corrosión necesariamente debe ser retirado de operación, lo cual implica las pérdidas en la producción.
- e. Contaminación o pérdida del producto. Cuando los componentes de los recipientes a presión se han llegado a producir perforaciones en las paredes metálicas, los productos de la corrosión contaminan el producto, el cual en algunos casos es corrosivo.

Soldabilidad.

Los materiales usados para fabricar recipientes a presión deben tener buenas propiedades de soldabilidad, dado que la mayoría de los componentes son de construcción soldada. Para el caso en que se tengan que soldar materiales diferentes entre él, estos deberán ser compatibles en lo que a soldabilidad se refiere. Un material, cuando más elementos contenga, mayores precauciones deberán tomarse durante los procedimientos de soldadura, de tal manera que se conserven las características que proporcionan los elementos de aleación.

4.4 ACCESORIOS. (Componentes para sistemas de tuberías bridadas)

4.4.1 Clasificación y Usos.

Es el medio más versátil para unir tuberías y sus accesorios, equipos y recipientes, debido a su facilidad de montaje. Debido a su forma de unión a tuberías y accesorios, se pueden encontrar en el mercado los siguientes tipos de bridas:

- a) Brida de cuello soldable (welding neck flange). Existe en su forma estándar y larga; las regulares se usan para unir las a tuberías o accesorios soldados a tope; presentan dificultad para alinearlas a la tubería, pero se consideran muy apropiadas para condiciones severas de temperatura ó esfuerzos grandes de corte, impacto o vibración. Las bridas de cuello largo se usan principalmente como parte de equipos o boquillas de tanques. Se debe poner especial atención al requerirla al diámetro interior de la brida, para que coincida con el diámetro interior de la tubería o accesorio (el diámetro interior cambia con respecto a la cédula).

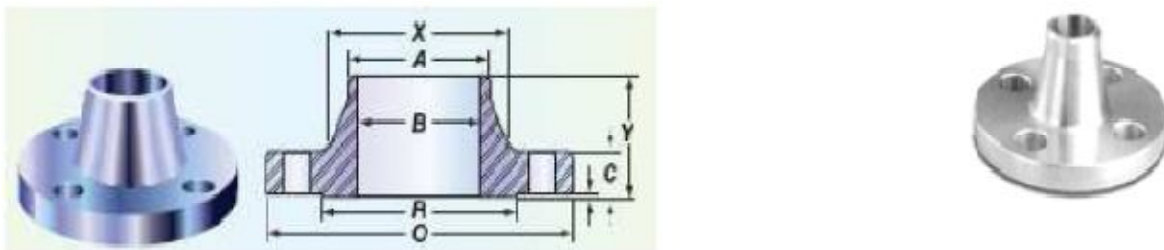


Figura 4.2 Brida de cuello soldable.

b) Brida deslizable (slip-on flange). Según se muestra en la figura 4.3, necesita dos cordones de soldadura para colocarse, la soldadura interior tiene gran oportunidad de estar sujeta a corrosión. Tiene poca resistencia al impacto y vibración, es más fácil de alinearla que la de cuello soldable; además existe la posibilidad de que la hendidura que ocasiona la unión, aumente las perdidas por fricción al crear remolinos. Es más barata que la de cuello soldable, pero cuesta más colocarla. Se ha calculado que los esfuerzos que soporta bajo presión interna, son apenas un tercio que los correspondientes a la de cuello soldable. Del final del tubo a la cara de la brida se debe dejar el grueso del tubo mas 1.5 mm.

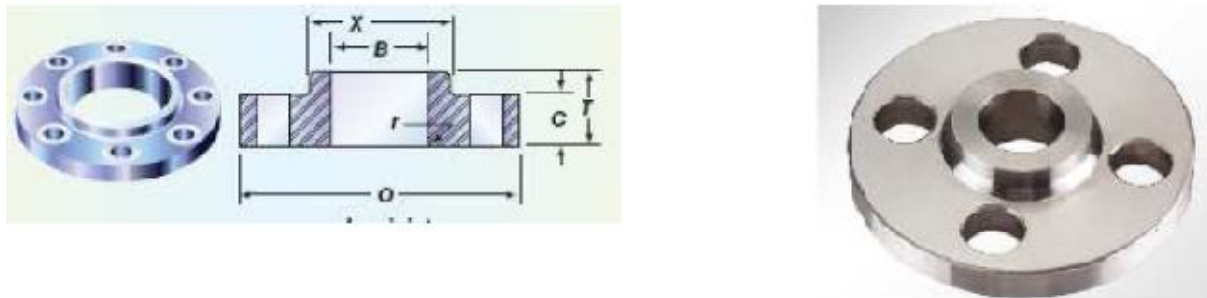


Figura 4.3 Brida deslizable.

c) Brida enchufable (socket Weld flange). La brida tiene un hueco donde se inserta la tubería con un tope (a diferencia de la deslizable). Se suelda por la parte exterior de la brida; este tipo de brida se usa para altas presiones, por lo que frecuentemente se suelda por la parte interior, esmerilando la soldadura para proveer un diámetro interior liso, sin bolsas ni bordes; cuando se coloca la soldadura interior su resistencia estática se iguala a la deslizable, pero su resistencia a la fatiga es 50% menor.

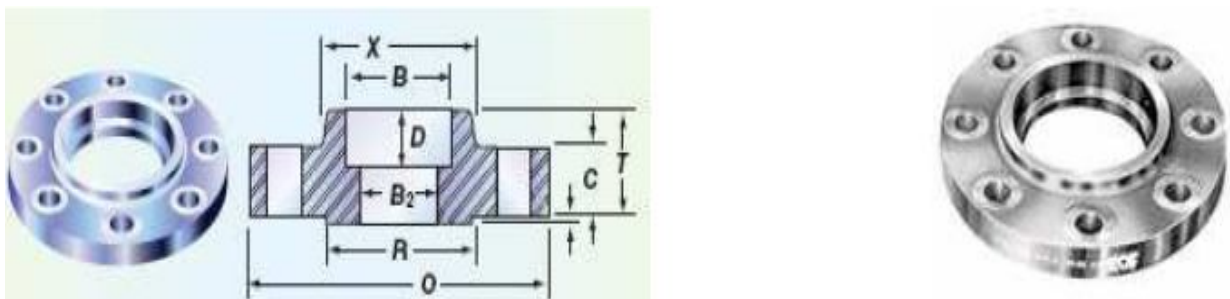


Figura 4.4 Brida enchufable.

- d) Brida roscada (screwed flange). Estándar o reductora, se usa para conectar sistemas roscados a un equipo bridado, usada principalmente a presiones medias y en diámetros no mayores a 38 mm \varnothing . Se debe sellar con un cordón de soldadura cuando la presión exceda a 500 psig ó la temperatura de 320°C.

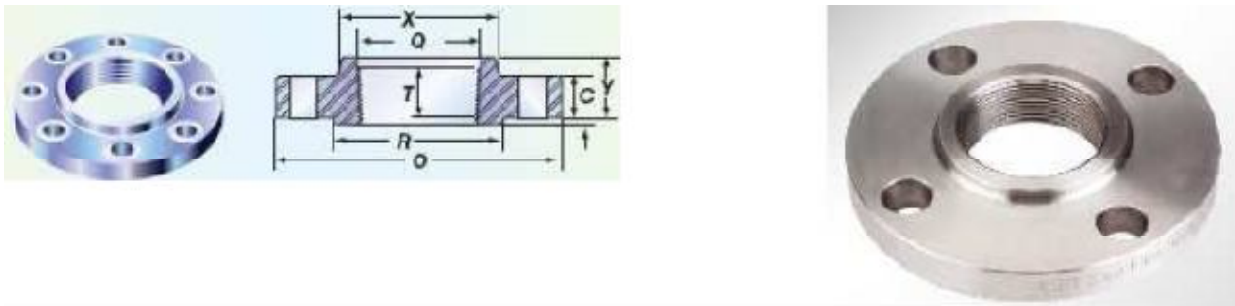


Figura 4.5 Brida roscada.

- e) Brida loca (lap-joint flange). Usada siempre con su pareja inseparable la punta abocinada (stub end), es una manera económica de unir tuberías a materiales caros como aleaciones y aceros inoxidable, ya que la brida es de acero al carbono, y solo el stub end debe ser del material de la tubería. Es útil de donde es necesario hacer corresponder sus barrenos con los de una brida compañera, como en el caso de boquillas de tanques, en donde es necesario evitar el excesivo esfuerzo flexionante en las juntas. No debe usarse en tuberías de diámetro grande, ni en tuberías de pared muy delgada (Figura 4.6).

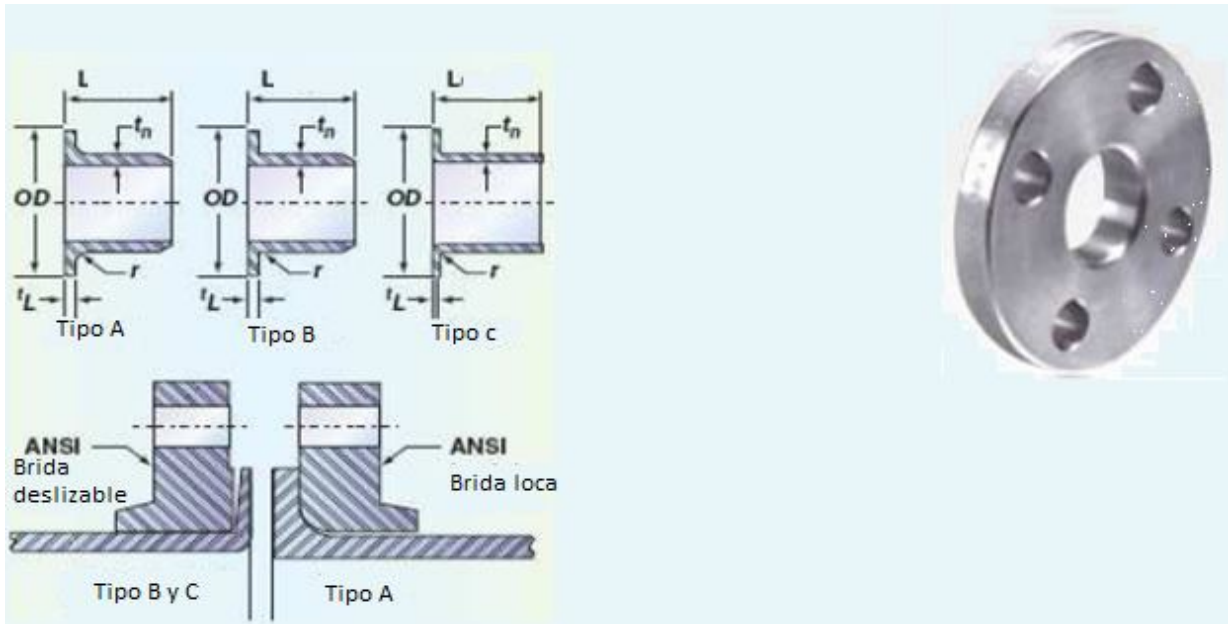


Figura 4.6 Brida loca.

Como parte inseparable de la brida loca se encuentra el stub end. Este accesorio varia con respecto a la cedula de la tubería a la que se va a soldar, así como el material de la que está construida (no es aconsejable unir materiales diferentes). Se clasifica también por el largo del cuello: corto y largo; así como del radio de curvatura de la unión en el cuello; tipo A, tipo B y tipo C (Figura 4.7).



Figura 4.7 Stub ends tipo corto A, B y C y largo.

- f) Brida ciega (blind flange). Se usa para cerrar el extremo de una tubería bridada, la cual se espera alguna vez se amplíe, o necesite limpieza periódica (Figura 4.8).

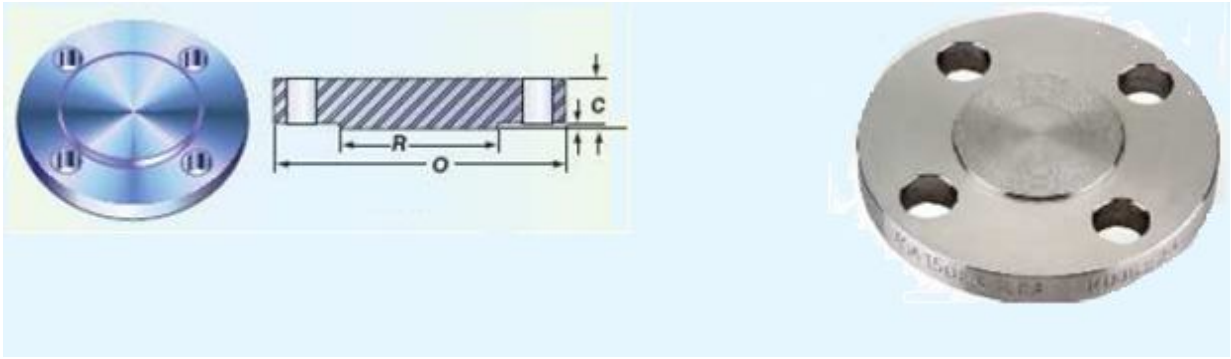


Figura 4.8 Brida ciega.

- g) Brida reductora. Apropriada para reducir diámetros de tubería. Puede estar la reducción concéntrica a la tubería o excéntrica apañada a la parte superior o inferior. No debe ser usada ya que la transición puede ser demasiado abrupta y crear acumulación de materiales en el recoveco, así como turbulencias indeseadas como es el caso de las succiones de bombas. Pueden conseguirse de cuello soldable, pero las comunes son deslizantes (Figura 4.9).



Figura 4.9 Brida reductora.

- h) Brida expansora. En forma similar a una de cuello soldable soldada una reducción pero en una forma más compacta, aumenta el diámetro nominal ella misma en un paso. En estos días de muy difícil adquisición, por lo que es preferible hacerla en campo, en tiempos pasados útil para conectar válvulas, compresores y bombas ahorrando espacio (Figura 4.10).

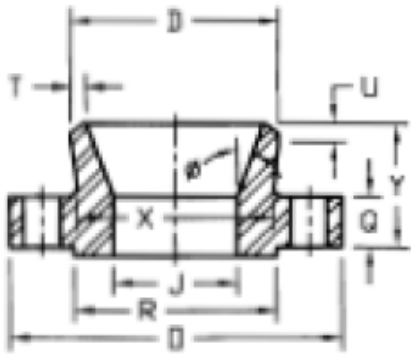


Figura 4.10 Brida expansora.

4.4.2 Tipo de Cara de Bridas y Acabados.

Los fabricantes ofrecen muchos acabados de la cara de una brida (cara de una brida es la parte plana donde se apoya una brida con su compañera, como se muestra en la figura 4.11); se clasifica generalmente en 5 tipos:

- a) Cara realzada (raised face). La cara realzada se usa en cerca del 80% de todas las bridas. Es un realce de 1.5 mm (1/16") para bridas de 150 # y 300 # [# es el símbolo de libras/pulgada cuadrada nominales (psig)] la expresión nominal indica que pueden siempre soportar de una manera común las 150 psi, aunque en la práctica puedan soportar algo más que esa presión. Y de 6.3 mm (1/4") de alto para rangos mayores.

Rango en una brida es la presión común máxima que puede soportar para un buen funcionamiento.

- b) Cara plana (flat face). Son las de uso más común para acompañar bridas que no sean de acero, sobre boquillas de bombas, etc; Y para acompañar válvulas y accesorios de fierro fundido (FoFo) de 125 # y 250 #. Esto se debe a que el FoFo es frágil y no soporta el

cantiléver que forma el resalte de la brida. Las bridas de cara plana usan juntas cuyo diámetro exterior es igual al exterior de la brida, eso reduce el peligro de que el FoFo, bronce o plástico de la brida se quiebre cuando se realice el apriete.

- c) Cara para junta tipo anillo (ring-joint face). Es la cara más cara, pero al mismo tiempo se considera la junta más eficiente para servicios de alta temperatura y presión, ambas bridas son semejantes. Esta cara no es propensa a dañarse al manejarla en la superficie en contacto con la junta, cuando este está fuera de servicio. El uso de estas caras puede incrementar la aceptación de juntas de tipo anillo metálicas para sellos de procesos químicos.
- d) Cara de brida loca (lap joint facing). Está conformado su perfil interior para acomodar la punta abocinada (stub end); la combinación de la brida y el stub end, presentan una geometría similar a las bridas de cara realzada, y puede ser usado donde puedan existir esfuerzos de tensión.
- e) Caras especiales. Adicionales a estos tipos de cara también existen en el mercado los siguientes tipos de cara:

Resalte macho grande con cavidad hembra grande.	Raised face and large male and female.
Resalte macho pequeño con cavidad hembra pequeña.	Small male y female.
Machihembrado grueso.	Large tongue & Groove.
Machihembrado Delgado.	Small tongue & Groove.
Juntas anilladas especiales.	Ring joints.

Todos estos tipos de cara, se usan principalmente a una presión de 400 psig o más.

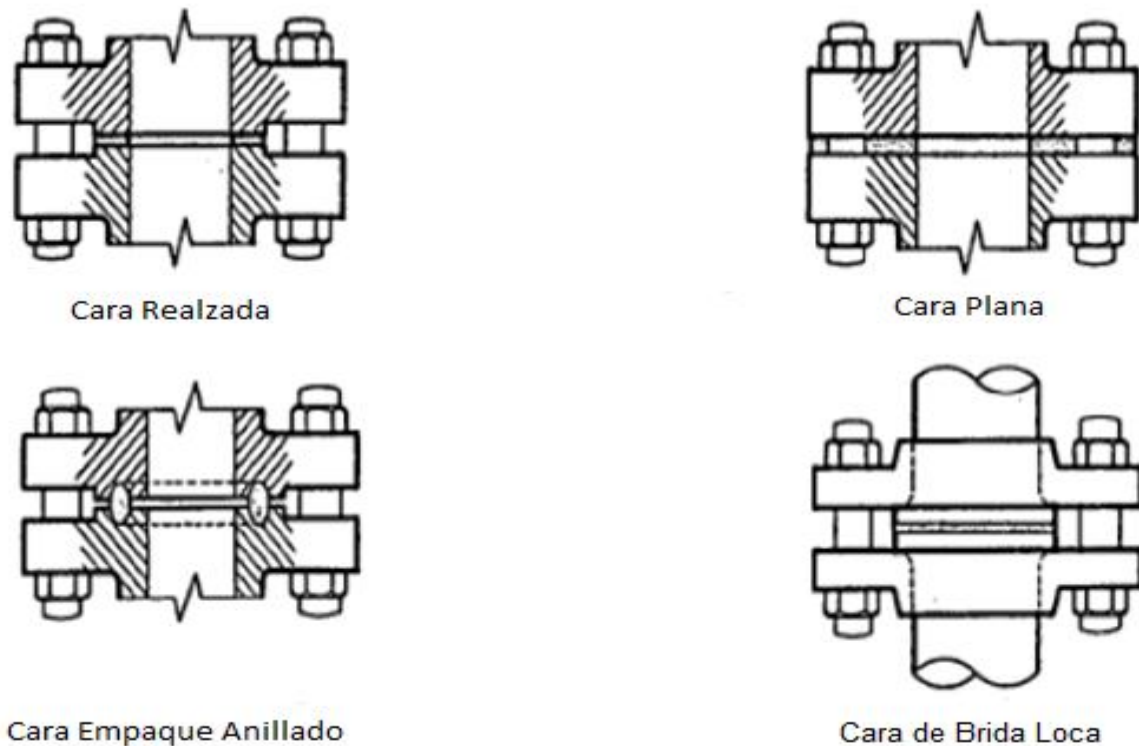


Figura 4.11 Tipo de cara de bridas.

4.4.3 Tipos de Acabados de Bidas.

El término acabado se refiere al tipo de textura de superficie, que se le dará a la brida al maquinarse en la cara de contacto con la junta.

Existen dos tipos principales de acabado: rayado fonográfico (serrated) y liso (smooth).

A la cara de las bridas generalmente se le da un acabado maquinado, de manera que se produzca un rayado en forma de espiral con fondo redondeado, el cual es el más común y puede ser llamado acabado común (stock finish); o con un acabado en forma de espiral con perfil “V” rayado concéntrico llamado rayado fonográfico. El paso del rayado es de 0.75 mm (1/32”) para bridas de acero de 12” Ø o más pequeñas.

El acabado liso generalmente es bajo pedido y se obtiene en dos calidades: la superficie mas lisa se llama “acabado de agua helada “, el acabado liso común (plano liso) no debe mostrar ninguna marca el agujero desnudo.

El acabado fonográfico se usa con juntas de asbesto o plástico, el acabado liso regular se usa con juntas hechas de materiales duros, y con juntas de embobinado espiral. El acabado de agua helada se usa normalmente sin junta.

4.4.4 Tipo de Sujetadores. (Tornillos, birlos, etc)

Para sujetar una brida con su compañera se usan sujetadores (en adelante se les llamará tornillos, birlos ó tuerca, figura 4.12) para ese objetivo se barrenan agujeros en las bridas los cuales están angularmente igual espaciados con respecto al centro y con un círculo de barrenado definido.

Una brida definido un diámetro nominal “Ø” y norma de brida (ANSI ó ISO) deberá tener dimensiones específicas de: diámetro exterior, grosor, círculo de resalte, número de agujeros, diámetro de los agujero, etc. Es importante hacer resaltar que cuando una brida no coincida en forma de espejo con otra, debe ponerse especial cuidado pues no corresponden al mismo rango de presión.

Es muy importante que las bridas (sobre todo cuando estén fijas) sean colocadas a horcajadas (straddle centerlines), de tal manera que el ángulo que forman los dos ejes radiales con respecto al centro quede centrado siempre entre los ejes teóricos fundamentales Norte-sur (el norte de la planta, no el norte geográfico) , y arriba-abajo (sobre la plomada). Esto evitará que cuando colocan algún accesorio, válvula o equipo con bridas fijas no quede descuadrado.

Comúnmente para sujetar una brida se usan: tornillos de máquina y birlos. El tornillo de maquina tiene en un extremo una cabeza la cual generalmente es hexagonal (pudiéndose usar cuadrada), no es aconsejable usar otro tipo de cabeza. El birlo es un tornillo continuo sin cabeza en los extremos, se usa en los extremos una tuerca comúnmente hexagonal para sujetarlo. Es importante usar una rondana para facilitar el apriete del lado de la tuerca.



Figura 4.12 Tornillo de máquina y birlo.

Los birlos han desplazado ampliamente a los tornillos para sujetar bridas debido a que son más fáciles de remover si están corroídos. La confusión con otros tornillos en un equipo se evita, y si no se encuentra en almacén se puede cortar un esparrago (tramo recto largo de tornillo) o maquinado por un torno.

Rosca de tornillo unificada. El estándar unificado para tornillos y tuercas (UN-) se usa en USA, Canadá y Reino Unido; el estándar que se sigue es el ANSI B1.1, y se puede obtener su correspondencia en sistema métrico ANSI B1.1a

Existen tres tipos diferentes de roscas, cada una con una mayor cantidad de hilos de rosca que la anterior:

UNC	Unified National Coarse	Rosca unificada nacional gruesa.
UNF	Unified National Fine	Rosca unificada nacional fina.
UNS	Unified National Select	Rosca unificada nacional selecta.

Existen varias clases, cada una con resistencia a la tracción mayor que la anterior; así como acabados para resistir el medio ambiente (galvanizado, bonderizado, cadminizado,etc).

Para tuberías se usa solo la UNC (clase 2) para birlos y tornillos. Y se especifica de la siguiente manera:

Diámetro exterior	Rosca	Hilos x pulgada	Clase	a si es tornillo b si es tuerca
	Ejemplos:	Tornillo	½" UNC 13 - 2a	
		Tuerca	½" UNC 13 - 2b	

4.4.5 Tipo de juntas.

Las juntas se usan para hacer un sello resistente a las fugas entre dos superficies. Los patrones comunes de configuración para bridas de tuberías son: cara completa que se usan para colocarse entre bridas de cara plana y los de anillo que solo cubren la cara de realce de la brida. Los materiales que se usan ampliamente son los asbestos comprimidos, pero debido a que afectan a la salud de las personas, han sido sustituidos por otros materiales como los de metal rellenos de asbesto (Figura 4.13).



Figura 4.13 Diversos tipos de juntas para brida de cara completa y anillo.

Las juntas de metal rellenas son especialmente útiles, si se requiere para mantenimiento el desacoplamiento repetido de las bridas, como la junta sale limpiamente se puede rehusarlo frecuentemente (Figura 4.14).

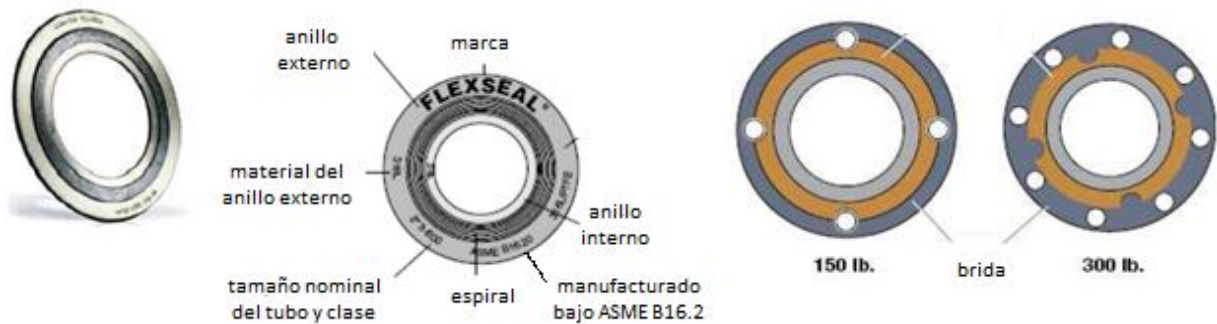


Figura 4.14 Juntas con los datos de estampado que pide la norma ASME B16.20

La selección de una junta se decide de acuerdo a:

- 1.- Temperatura, presión, y naturaleza corrosiva del fluido.
- 2.- Si el mantenimiento u operación requieren desacoplamiento frecuente.
- 3.- Los requerimientos que pida alguna norma o código.
- 4.- Costo.

Existen tablas en las que los proveedores indican la norma o normas bajo las cuales se encuentran manufacturadas las juntas que proveen, además de indicar las dimensiones, clases, número comercial etc., es decir la ficha técnica del producto (Figura 4.15). En el caso de emplear juntas metálicas, estas deben de contar con una dureza que se encuentre por debajo de la dureza del material empleado en la brida, para que de este modo sea la junta quien absorba la compresión y alguna deformación que se pueda presentar y no resulten afectadas las bridas.

Materials, profiles, surface pressure limits, surface roughness

Code designation	Material no.	Hardness (HB)	US type AISI	Identification
Pure iron e.g. Armco	1.1003	90-100	Soft-iron	D
Low-carbon steel	-	120	Low-carbon steel	S
13 CrMo 4.4	1.7335	< 150	-	7335
12 CrMo 19.5	1.7362	ca. 130	501	F5
X6 Cr 13	1.4000	ca. 160	410	S 410
X5 CrNi 18 10	1.4301	ca. 160	304	S 304
X5 CrNiMo 17 12 2	1.4401	ca. 160	316	S 316
X6 CrNiTi 18 10	1.4541	ca. 160	321	S 321
X6 CrNiNb 18 10	1.4550	ca. 160	347	S 347
X6 CrNiMoTi 17 12 2	1.4571	ca. 160	316 Ti	316 Ti

* See our brochure entitled "Commercial materials" for further technical data

Profile	Cross section
A11	
A11S	
A11BS	
A12	

Profile	Cross section
A13	
A13S	
A13BS	
AR13	
A14	
F22	
AK11	
AK12	
AK13	
AK14	

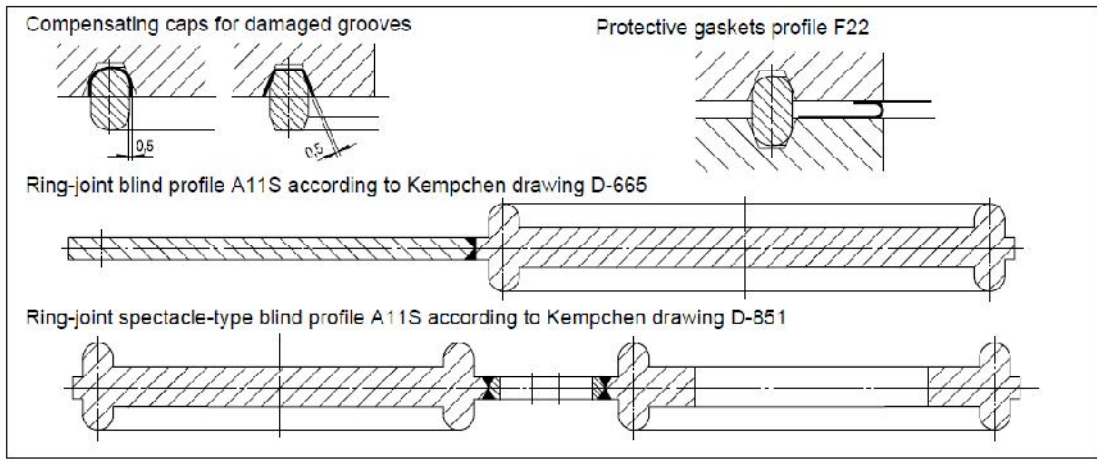
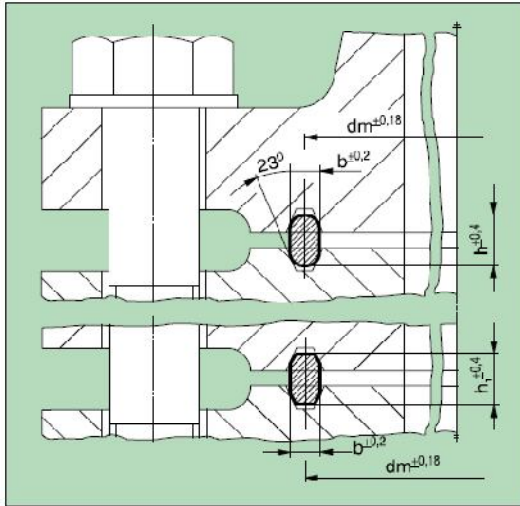


Figura 4.15a Ficha técnica de la junta tipo anillo.

Ring-Joint Gaskets, Type R

Ring-joint gaskets, type R, dimensions according to ASME B16.20, API Std 6 A for flanges to ASME B16.5 and ASME B16.47, series A



Order example for an oval ring-joint gasket, profile A11, nominal pipe size 5 inches, class 150, made of...¹⁾:

Ring-joint gasket R 40 A11/1.4541

Order example for an octagonal ring-joint gasket, profile A13, nominal pipe size 20 inches, class 1500, made of...¹⁾:

Ring-joint gasket R 75 A13/1.4541

Dimensions in mm						
NPS	class	Ring no.	Ring dimensions			
			dm	b	h	h ₁
3/4	300 to 600	R 11	34,13	6,35	11,11	9,52
	900, 1500	R 12	39,68	7,93	14,28	12,7
	2500	R 13	42,66	7,93	14,28	12,7
1	300 to 600	R 13	42,66	7,93	14,28	12,7
	900, 1500	R 14	44,45	7,93	14,28	12,7
	1500	R 15	47,62	7,93	14,28	12,7
1 1/2	2500	R 16	50,8	7,93	14,28	12,7
	300 to 1500	R 18	50,8	7,93	14,28	12,7
	1500	R 17	57,15	7,93	14,28	12,7
2	2500	R 18	60,32	7,93	14,28	12,7
	300 to 1500	R 18	60,32	7,93	14,28	12,7
	1500	R 19	65,68	7,93	14,28	12,7
2 1/2	300 to 1500	*R 20	68,26	7,93	14,28	12,7
	2500	R 21	72,23	11,11	17,46	15,87
	1500	R 22	82,55	7,93	14,28	12,7
3	2500	*R 23	82,55	11,11	17,46	15,87
	300 to 600	*R 23	82,55	11,11	17,46	15,87
	900, 1500	*R 24	95,25	11,11	17,46	15,87
3 1/2	1500	R 25	101,0	7,93	14,28	12,7
	2500	*R 26	101,6	11,11	17,46	15,87
	300 to 600	*R 26	101,6	11,11	17,46	15,97
4	900, 1500	*R 27	107,95	11,11	17,46	15,87
	2500	R 28	111,12	12,7	19,05	17,46
	1500	R 29	114,3	7,93	14,28	12,7

* These rings comply with API standard 6 A. The dimensions specified in mm are converted dimensions and deviate slightly from the metric API table.

- 1) State material with order
- 2) Ring for flange as per ASME B16.47, series A

Dimensions in mm						
NPS	class	Ring no.	Ring dimensions			
			dm	b	h	h ₁
3	300 to 600	*R 30	117,47	11,11	17,46	15,87
	300 to 900	*R 31	123,82	11,11	17,46	15,87
	2500	R 32	127,0	12,7	19,05	17,46
3 1/2	1500	R 33	131,76	7,93	14,28	12,7
	300 to 600	R 34	131,76	11,11	17,46	15,87
	1500	*R 35	136,52	11,11	17,46	15,87
4	1500	R 36	149,27	7,93	14,28	12,7
	300 to 600	*R 37	149,22	11,11	17,46	15,87
	2500	R 38	157,18	15,87	22,22	20,64
4 1/2	1500	*R 39	161,02	11,11	17,46	15,87
	1500	R 40	171,45	7,93	14,28	12,7
	300 to 900	*R 41	180,97	11,11	17,46	15,87
5	2500	R 42	190,5	19,05	25,4	23,81
	1500	R 43	193,67	7,93	14,28	12,7
	1500	*R 44	193,67	11,11	17,46	15,87
6	300 to 900	*R 45	211,13	11,11	17,46	15,87
	1500	*R 46	211,13	12,7	19,05	17,46
	2500	*R 47	228,8	19,05	25,4	23,81
8	1500	R 48	247,65	7,93	14,28	12,7
	300 to 900	*R 49	269,87	11,11	17,46	15,87
	1500	*R 50	269,87	15,87	22,22	20,64
8 1/2	2500	R 51	279,4	22,22	28,57	26,99
	1500	R 52	304,8	7,93	14,28	12,7
	300 to 900	*R 53	323,85	11,11	17,46	15,87
10	1500	*R 54	323,85	15,87	22,22	20,64
	2500	R 55	342,9	28,57	36,51	34,92
	1500	R 56	301,0	7,93	14,28	12,7
12	300 to 900	*R 57	381,0	11,11	17,46	15,87
	1500	R 58	301,0	22,22	20,57	20,99
	1500	R 59	398,97	7,93	14,28	12,7
12 1/2	2500	R 60	406,4	31,75	39,68	38,1
	300 to 600	R 61	419,1	11,11	17,46	15,87
	900	R 62	419,1	15,87	22,22	20,64
14	1500	*R 63	419,1	25,4	33,33	31,75
	1500	R 64	454,0	7,93	14,28	12,7
	300 to 600	*R 65	469,9	11,11	17,46	15,87
16	900	*R 66	469,9	15,87	22,22	20,64
	1500	R 67	469,9	20,57	30,51	34,92
	1500	R 68	517,52	7,93	14,28	12,7
18	300 to 600	*R 69	533,4	11,11	17,46	15,87
	900	*R 70	533,4	19,05	25,4	23,81
	1500	R 71	533,4	28,57	36,51	34,92
20	1500	R 72	558,8	7,93	14,28	12,7
	300 to 600	*R 73	584,2	12,7	19,05	17,46
	900	*R 74	584,2	19,05	25,4	23,81
20 1/2	1500	R 75	584,2	31,75	39,68	38,1
	1500	R 76	673,1	7,93	14,28	12,7
	300 to 600	R 77	692,15	15,87	22,22	20,64
24	900	R 78	692,15	25,4	33,33	31,75
	1500	R 79	692,15	34,92	44,45	41,27
	1500	R 80	615,95	7,93	14,28	12,7
22	300 to 600	*R 81	635,0	14,28	19,05	17,46
	10000	*R 82	57,15	11,11	15,87	15,87
	10000	*R 84	63,5	11,11	15,87	15,87
2	10000	*R 85	79,37	12,7	17,46	17,46
	2 1/2	10000	*R 86	90,40	15,87	20,63
	3	10000	*R 87	100,01	15,87	20,63
4	10000	*R 88	123,83	19,05	23,81	23,81
	10000	*R 89	114,3	19,05	23,81	23,81
	10000	*R 90	155,58	22,22	26,98	26,98
10	10000	*R 91	260,35	31,75	38,1	38,1
	10000	R 92	228,6	11,11	17,46	15,87
	10000	R 93 ²⁾	749,3	19,05	23,81	23,81
28	300, 400, 600	R 94 ²⁾	800,1	19,05	23,81	23,81
	300, 400, 600	R 95 ²⁾	857,25	19,05	23,81	23,81
	300, 400, 600	R 96 ²⁾	914,4	22,22	26,98	26,98
31	300, 400, 600	R 97 ²⁾	965,2	22,22	26,98	26,98
	300, 400, 600	R 98 ²⁾	1022,35	22,22	26,98	26,98
	8	*R 99	234,95	11,11	15,87	15,87
28 1/2	900	R 100 ²⁾	749,3	28,57	34,92	34,92
	900	R 101 ²⁾	800,1	31,75	38,1	38,1
	900	R 102 ²⁾	857,25	31,75	38,1	38,1
32	900	R 103 ²⁾	914,4	31,75	38,1	38,1
	900	R 104 ²⁾	965,2	34,92	41,27	41,27
	900	R 105 ²⁾	1022,35	34,92	41,27	41,27

Figura 4.15b Ficha técnica de la junta tipo anillo.

En algunos casos se requiere que las partes adyacentes de una línea, estén eléctricamente aisladas una de otra; esto puede ser efectuado insertando en la junta bridada, un accesorio con un conjunto de juntas aislantes entre las partes, como se muestra en la figura a continuación, una junta aísla eléctricamente las caras de las bridas, arandelas y camisas aíslan los tornillos de una o ambas bridas (Figura 4.16).

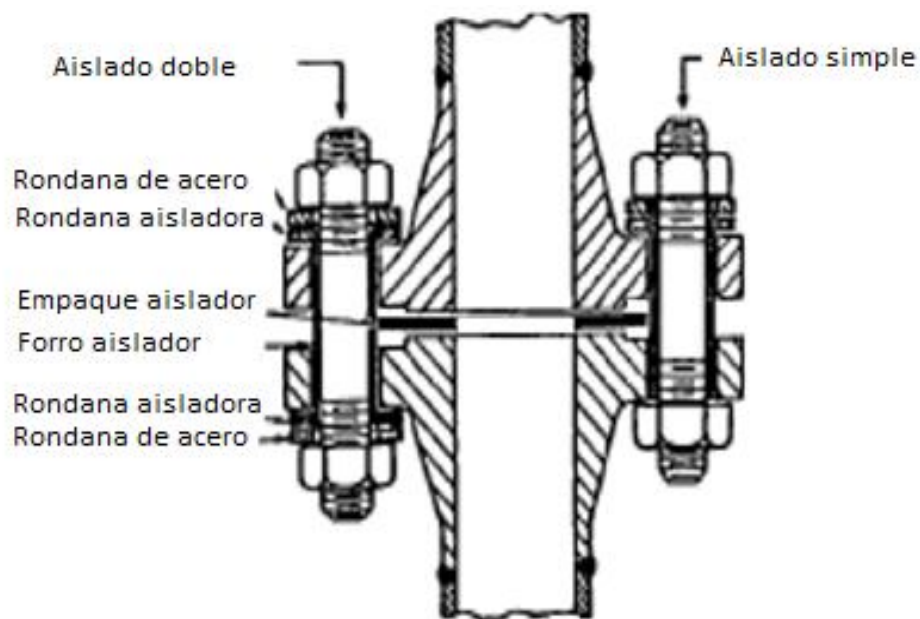


Figura 4.16 Unión bridada aislada eléctricamente.

Cuando se está trabajando con productos muy peligrosos se pedirá al contrario que las tuberías tengan continuidad eléctrica, por lo que se pedirá que se una cada brida con un cable.

4.4.6 Bridas Especiales.

Es muy amplia la gama de tipos y perfiles para realizar bridas especiales. Se adaptan para realizar medidores de flujo de orificio, para las tapas de entradas de hombre, para unir cuerpos o tapas de recipientes, pueden ser redondas o con cualquier perfil geométrico. Se pueden unir con tornillos, con uñas o con conexiones rápidas (Figura 4.17).

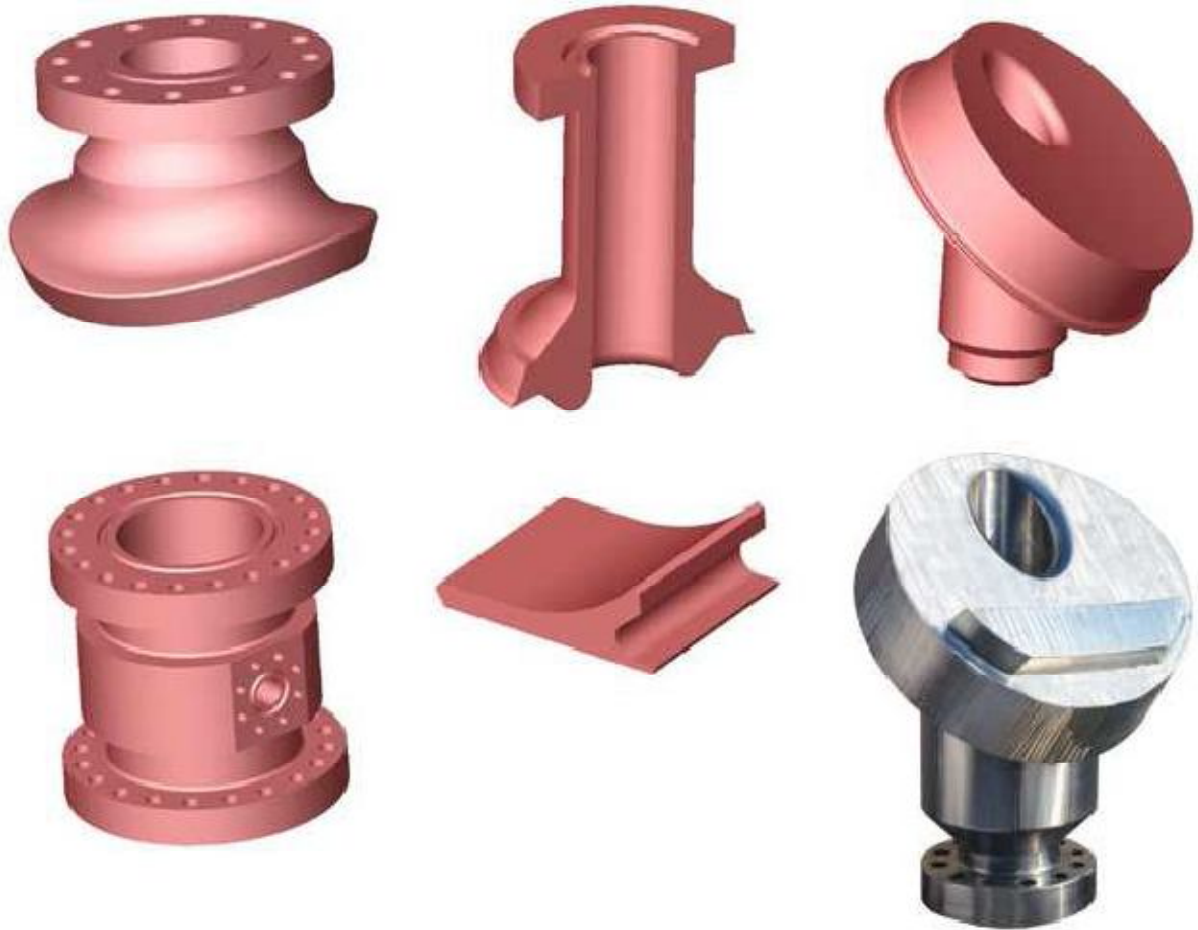


Figura 4.17 Diferentes bridas especiales.

CAPITULO 5

DISEÑO

5.1 FILOSOFÍA DE DISEÑO.

En general los recipientes a presión diseñados de acuerdo con el código ASME Sección VIII División 1 son diseñados por reglas que no requieren una evaluación detallada de todos los esfuerzos. Se reconoce que existen esfuerzos secundarios flexionantes elevados pero al admitir un factor elevado de seguridad y las reglas del diseño, estos esfuerzos serán compensados como regla general cuando se realiza un análisis más detallado de esfuerzos que permiten considerar esfuerzos admisibles mayores en lugar de usar un factor de seguridad elevado como el utilizado en el código. Un factor de seguridad elevado refleja una falta de conocimiento de los esfuerzos reales.

El diseñador debe de familiarizarse con los diversos tipos de esfuerzos y cargas para lograr un diseño económico y seguro. Las unidades de equipo de proceso pueden fallar en servicio por diversas razones. Las consideraciones por tipo de falla que pueda presentarse es uno de los criterios que deben usarse en el diseño de equipo. La falla puede ser el resultado de una deformación plástica excesiva o elástica o por termofluencia. Como un resultado de tal deformación el equipo puede fallar al no realizar su función específica sin llegar a la ruptura.

Inestabilidad Elástica.

Es un fenómeno asociado con las estructuras que tienen limitada su rigidez y están sujetas a compresión, flexión, torsión, combinación de tales cargas.

Inestabilidad plástica.

El criterio de mayor uso para el diseño de equipo es aquel que mantiene los esfuerzos inducidos dentro de la región elástica del material de construcción con el fin de evitar la deformación plástica como resultado de exceder el punto de cedencia.

5.1.1 Categorías de Exposición.

Zona A

Para grandes ciudades donde por lo menos el 50% de los edificios excede a 70 pies de altura.

Zona B

Áreas urbanas suburbanas y boscosas.

Zona C

Para terreno abierto como terracerías donde cualquier obstrucción sea menor a 30 pies.

Zona D

Para áreas costeras, planas, incluye aquellas áreas localizadas como mínimo a 10 veces la altura de la estructura.

5.2 CONSIDERACIONES.

El diseño de recipientes operando bajo presión interna consiste básicamente en el cálculo de los elementos que lo forman (cabezas, cuerpo), basándonos en el Código ASME Sección VIII División 1, nos indica las fórmulas y parámetros que se tienen que considerar para el diseño (UG-16 a UG-55). Estos parámetros principalmente son presión (P) y temperatura de diseño (T).

Normalmente los recipientes deben ser diseñados al menos para la más severa condición de presión esperada en operación normal más un incremento del valor mayor del 10% esto de acuerdo a la normatividad de trabajo usada en plantas piloto del Instituto Mexicano del Petróleo, lo que da como resultado una Presión de Diseño. En cuanto a la temperatura usada en el diseño, esta no debe ser menor que la temperatura a la que se expondrá el metal esperada bajo condiciones de operación, la cual se puede determinar por medio de cálculos o bien por medición directa de algún equipo operando bajo condiciones equivalentes.

Cuando un recipiente es sometido a una presión interna, se genera en el cuerpo un esfuerzo circunferencial y un esfuerzo longitudinal, por lo que para el diseño del equipo, ambos esfuerzos deben ser determinados (Figura 5.1). De esta manera los distintos Códigos utilizados para el diseño de recipientes a presión, se basan en lo anterior para reglamentar el diseño de estos equipos y únicamente difieren en el factor de seguridad empleado por cada uno de ellos.

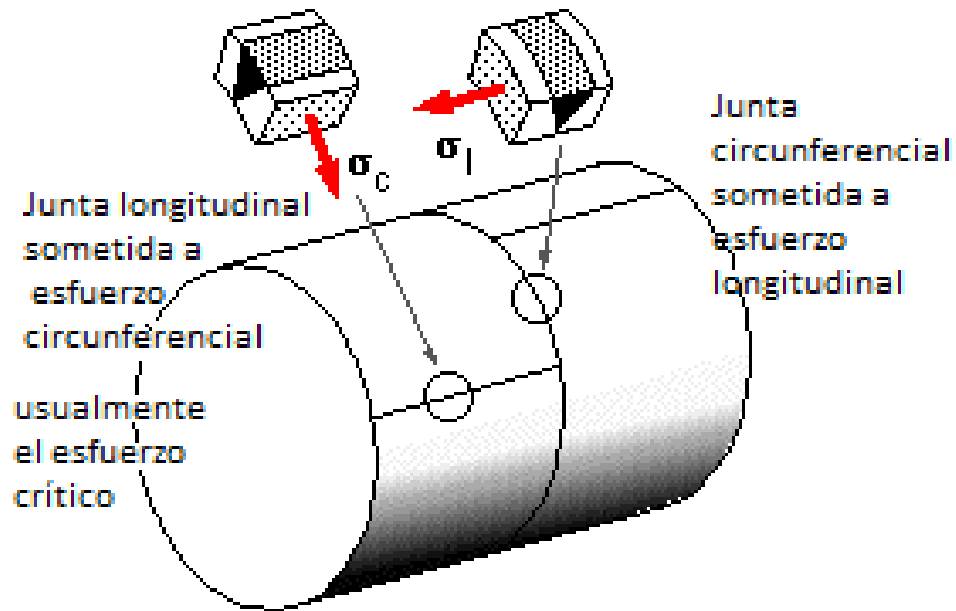


Figura 5.1 Esfuerzo circunferencial y longitudinal.

Otros factores que intervienen en el cálculo del espesor de recipientes, son el esfuerzo máximo permisible del material (S) que como se ha mencionado se encuentra en tablas de esfuerzos en base a la temperatura de diseño y especificación del material seleccionado. La corrosión es otro factor considerable que afecta al espesor calculado, ya que para recipientes que están sujetos a desgaste por sustancias corrosivas se les debe incrementar el espesor de acuerdo al factor de corrosión considerado. Asimismo, el fluido al que estará expuesto el recipiente puede ser corrosivo o abrasivo, por lo que habrá que considerar la compatibilidad del material del recipiente. En Plantas Piloto, normalmente se considera 0.0625” por corrosión y/o abrasión.

Finalmente la eficiencia de la junta (E), principalmente define el tipo de radiografiado que se hará al recipiente, además de afectar al espesor.

5.3 CÁLCULO Y DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE UN RECIPIENTE SOMETIDO A PRESIÓN INTERNA.

5.3.1 Parámetros de Diseño.

Como se mencionó anteriormente, los valores empleados en el diseño de un recipiente deben proporcionarnos cierta seguridad, es por ello que los valores de nuestros parámetros de diseño son un poco mayores que las condiciones de operación de dicho equipo, así se tiene que:

Parámetro	Operación	Diseño	Parámetro	Dimensión
Presión	120 kg/cm ²	132 kg/cm ²	Diámetro int.	3.5 in
Temperatura	410° C	410° C	Longitud	23.75 in

5.3.2 Cuerpo.

El cuerpo de los recipientes es generalmente cilíndrico debido a que en esta forma geométrica, se tiene un área transversal más grande para un perímetro dado y por lo tanto mayor resistencia que con otras formas exceptuando la esférica y con ello mayor economía y mejor facilidad de fabricación.

Si consideramos al cilindro como un recipiente de pared delgada para aplicar la teoría de membranas, se obtiene que cualquier partícula del cilindro se encuentra sometida a dos tipos de esfuerzos principalmente, que son el esfuerzo longitudinal y esfuerzo circunferencial. Esto indicado en el Código ASME Sección VIII División 1 (UG-27).

Esfuerzo Longitudinal (Junta Circunferencial).

Es el esfuerzo causado por la acción de la presión interna sobre las cabezas del recipiente, es decir, el efecto es la tendencia alargarlo. Cuando el espesor no excede de la mitad del radio interior, o P_d no exceda de $1.25SE$ se aplica la ecuación siguiente:

$$t = \frac{P_d R}{2SE + 0.4P_d} + C \quad \dots\dots\dots(5.1)$$

Donde:

P _d -	Presión de diseño.	kg/cm ²
R.-	Radio interno.	mm
S.-	Esfuerzo permisible del material.	kg/cm ²
E.-	Eficiencia de la junta de soldadura.	-
C.-	Tolerancia por corrosión.	mm
t.-	Espesor de pared del cuerpo.	mm

Esfuerzo Circunferencial (Junta Longitudinal).

Cuando el espesor no exceda de la mitad del radio interior, o P_d no exceda de 0.385SE, la siguiente fórmula es aplicada:

$$t = \frac{P_d R}{SE - 0.6P_d} + C \quad \dots(5.2)$$

Donde:

P _d -	Presión de diseño.	kg/cm ²
R.-	Radio interno.	mm
S.-	Esfuerzo permisible del material.	kg/cm ²
E.-	Eficiencia de la junta de soldadura.	-
C.-	Tolerancia por corrosión.	mm
t.-	Espesor de pared del cuerpo.	mm

5.3.3 Cabezas.

Las cabezas se clasifican en elipsoidales, torisféricas, hemisféricas, cónicas, toricónicas, pero las más comunes son las tres primeras, a continuación se explica el tipo de cabeza que se usa en este estudio (Figura 5.2). Esto indicado en el Código ASME Sección VIII División 1 (UG-32).

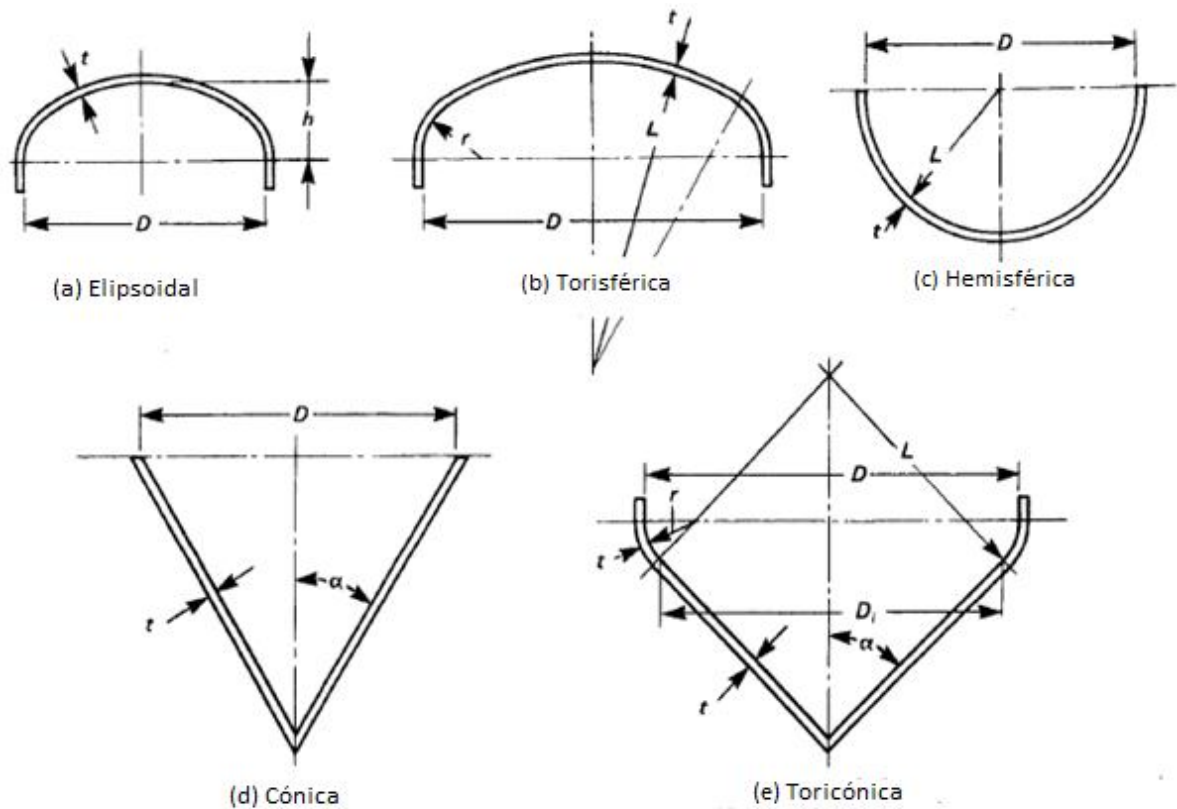


Figura 5.2 Diferentes tipos de cabeza.

Cabeza Elipsoidal.

Se emplea para recipientes que van a funcionar con presión relativamente alta y de diámetros considerables. Este tipo de cabezas sus sección transversales son semielípticas y cuya relación del eje menor es generalmente 2:1.

El esfuerzo en la cabeza es aproximadamente igual al esfuerzo en el cascarón cilíndrico, para cuando se tiene en ambos casos una eficiencia del 100% y el esfuerzo en la cabeza es ligeramente mayor, cuando se tiene una eficiencia del 85% en las soldaduras del cascarón cilíndrico. Sin embargo, la cabeza por tener integralmente la ceja recta, que es parte del cascarón cilíndrico, no podrá ser de menor espesor que el del cascarón. En este tipo de cabezas la profundidad es igual a:

—(5.3)

Este tipo de cabezas es recomendable que se utilicen cuando los espesores son para 2.54 cm. (1") a 5.08 cm. (2"). Normalmente los espesores del cuerpo y cabeza coinciden, de no ser así el criterio general es el de igualar los espesores con el del cascarón.

$$t = \frac{P_d D_i}{2SE - 0.2P_d} + C \quad \dots(5.4)$$

Donde:

P_d .-	Presión de diseño.	kg/cm ²
D_i .-	Diámetro interno.	mm
S .-	Esfuerzo permisible del material.	kg/cm ²
E .-	Eficiencia de la junta de soldadura.	-
C .-	Tolerancia por corrosión.	mm
t .-	Espesor de pared de cabeza.	mm

El esfuerzo permisible del material (S) que se emplea en las fórmulas tanto para obtener el espesor mínimo del cuerpo como de las cabezas se obtiene de las tablas de la sección II parte D del Código ASME (Propiedades mecánicas), el cual se encuentra en dos versiones como son sistema métrico e inglés, lo cual se muestra en las tablas A1 y A2 del apéndice A. Esto indicado en el Código ASME Sección VIII División 1 (UG-23).

En dicha tabla se puede seleccionar el material que vamos a emplear dependiendo del tipo de fabricación que se haya empleado para obtener el cuerpo del recipiente (tubo) que sea, ya que pudo haberse formado con o sin costura o de forja, entre otras.

En la parte superior nos indica la temperatura de operación y en el interior nos da el esfuerzo máximo de acuerdo al tipo de fabricación y según el material que sea, este valor se encuentra en MPa ya que estamos ocupando la versión en el sistema métrico.

Las cabezas elipsoidales, se forman en matrices cuya sección transversal diametral es una elipse, su costo de fabricación y la superficie es mayor que la de una torisférica de igual espesor, pero la igualdad de diámetro es menor; lo que no solo disminuye la cantidad de

material empleado sino que también baja el costo de fabricación, principalmente tratándose de espesores mayores.

Este tipo de cabezas se usa mucho en recipientes que trabajan a presiones de 7 kg/cm^2 , y mayores, pero se emplea en la mayoría de los recipientes que trabajan a presiones superiores a los 14 kg/cm^2 y siempre y cuando su espesor no resulte mayor de 51mm (2").

Si la relación de los ejes de la elipse es de 2:1, la resistencia de la cabeza es aproximadamente igual a la de un cilindro sin costuras con los mismos diámetros y espesores, por lo que resulta más económico el diseño y fabricación.

Las cabezas torisféricas, son las más económicas en cuanto a costo de fabricación, por tener una área menor, lo que disminuye la cantidad de material utilizada, pero por tener un espesor mayor la hace incrementar el costo por el material y el de la fabricación, por ello, en base a la experiencia y en el análisis económico, se recomienda su uso para presiones entre 1 kg/cm^2 hasta 14 kg/cm^2 , y espesores menores de 19 mm. (3/4"), sin embargo, teniendo una presión mayor de 10 kg/cm^2 , es mejor considerar la posibilidad de emplear cabezas elipsoidales y hacer una comparación de costos.

5.3.4 Criterios para Selección de las Cabezas.

Para hacer la elección del tipo de cabezas más adecuada para el diseño de recipientes tomando en cuenta la geometría de la misma, va a depender directamente de la presión de diseño y diámetro del recipiente.

Para elegir un determinado tipo de cabeza va a depender tanto de las condiciones de la presión de diseño, geometría de la cabeza y su costo; ésta última condición solamente se tomará en cuenta cuando por condiciones de diseño, exista la alternativa de seleccionar entre dos cabezas, para ello se tienen que analizar sus costos y así elegir la más apropiada, esto es a criterio del diseñador.

La facilidad de adquisición de las cabezas va en proporción a su facilidad de fabricación y a la demanda existente en el mercado. Así tenemos por ejemplo que las cabezas torisféricas son más fáciles de adquirir o sea las más comerciales (ya que se fabrican en México) y después las elípticas.

En el caso de las hemisféricas y las toricónicas como son un tipo de cabezas especiales, o sea que muy rara vez se utilizan y su fabricación sale muy costosa y por otro lado casi no se fabrican en el país, su adquisición se dificulta, por lo tanto como ya se dijo anteriormente solamente se utilizan en caso de presiones grandes y diámetros grandes a una misma presión.

5.3.5 Bridas.

Para la selección de bridas, se hace uso del código ASME B16.5, y el procedimiento para la obtención adecuada de esta es el siguiente:

Con los datos de temperatura de operación, presión de diseño y el material deseado para la brida se seleccionara de la tabla una en la que sus rangos de temperatura y presión no estén por debajo de los deseados, al entrelazar estos datos nos arrojará la clase necesaria para dicho accesorio como se puede observar en la tabla A3 del apéndice A.

Para este caso los datos son los que se muestran:

Material	Acero 304
Temperatura de operación	410° C
Presión de diseño	129.49 Bar

De ahí se puede determinar por interpolación que es necesaria una brida clase 1500 y las características de esta clase de brida se pueden observar en las tablas A4, A5, A6 que se muestran en el apéndice A.

5.3.6 Conexiones.

Las únicas restricciones que el código ASME, norma UG-44 menciona, se refieren al cumplimiento de los intervalos de presión de la normas ASME B16.11 la cual indica los espesores, dimensiones y número de cédula de las conexiones que se unirán o que se soldaran al recipiente, tal como se muestra en la tabla A7 y A8 del apéndice A.

5.4 PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO PERMISIBLE.

Para el cálculo de las condiciones reales de la PMTP de un recipiente cilíndrico, se debe considerar la presión menor calculada con las fórmulas convencionales, para cualquiera de sus partes especiales.

Para el cálculo de esta presión máxima, deben utilizarse las fórmulas que se usaron para el cálculo del espesor por presión interna y utilizando para dicho cálculo las dimensiones comerciales y espesores definitivos menos la tolerancia por corrosión. La PMTP siempre debe ser mayor o igual a la presión de diseño.

$$P_{MTP} \geq P_d \quad \dots\dots(5.5)$$

5.4.1 Cuerpo.

Por lo que se estableció anteriormente, para el cálculo de la PMTP, se va a tomar en cuenta la fórmula que se indica a continuación, en la cual se va a despejar la presión (P) y va a tener los mismos datos que la vez anterior, estos datos van a depender de la sección a calcular, así se tiene, que la fórmula a utilizar es:

$$P = \frac{SE(t_c - C)}{R + 0.6(t_c - C)} \quad \dots\dots (5.6)$$

Esta fórmula se utiliza para obtener la presión sobre el esfuerzo circunferencial.

$$P = \frac{2SE(t_c - C)}{R - 0.4(t_c - C)} \quad \dots\dots (5.7)$$

Esta fórmula se utiliza para obtener la presión sobre el esfuerzo longitudinal.

Donde:

P.-	Presión máxima de trabajo permisible.	kg/cm ²
R.-	Radio interno.	mm
S.-	Esfuerzo permisible del material.	kg/cm ²
E.-	Eficiencia de la junta de soldadura.	-
t _c .-	Espesor comercial de pared.	mm
C.-	Tolerancia por corrosión.	mm

5.4.2 Cabezas.

En el cálculo de la PMTP en las cabezas se realiza el mismo procedimiento que para el cálculo del cuerpo, o sea que, se va a determinar la presión (P), la cual va a tener los mismos datos junto con las condiciones expuestas; dichos datos van a depender de la cabeza a calcular, para este caso es una cabeza elíptica para la cual la fórmula a utilizar es:

$$P = \frac{2SE(t_c - C)}{D_i + 0.2(t_c - C)} \quad \dots (5.8)$$

Donde:

P.-	Presión máxima de trabajo permisible.	kg/cm ²
D _i .-	Diámetro interno.	mm
S.-	Esfuerzo permisible del material.	kg/cm ²
E.-	Eficiencia de la junta de soldadura.	-
t _c .-	Espesor comercial de pared.	mm
C.-	Tolerancia por corrosión.	mm

5.4.3 Bridas.

Para el cálculo de la PMTP en bridas, se hace uso del código ASME B16.5, y el procedimiento para determinarlo es el siguiente:

Con el dato de la clase de brida y ya sea que se relacione con la temperatura de diseño o con la presión, se puede obtener el dato faltante.

Por ejemplo para nuestro caso se selecciona una brida clase 1500 y se sabe que el equipo se encuentra operando a 410° C, anteriormente por seguridad se selecciona la línea que esta por arriba de este valor, es decir, a 425° C y se observa que la presión máxima para operación en este caso es de 140 bar (142.71 kg/cm²), de igual manera si el dato que se conoce es la presión se podrá obtener la temperatura.

Por medio de una interpolación entre los valores de presión de trabajo para esta brida a las temperaturas de 400° C y 425° C se obtendrá el valor deseado.

	P (Bar)	
	400	142.2
T (°C)	410	¿?
	425	140

Una vez que se realizo la interpolación se obtiene que a 410° C la presión máxima de trabajo es de 141.32 Bar (144.06 Kg/cm²).

5.4.4 Condición Gobernante.

Esta condición se refiere al valor menor del cálculo de la PMTP, esto quiere decir, que después de haber efectuado todos los cálculos de esta presión para las distintas secciones del recipiente, la que resulte con el menor valor es la que va a gobernar, o será la sección que posiblemente puede fallar en primera instancia.

5.5 PRESIÓN DE PRUEBA.

Todos los recipientes cilíndricos diseñados de acuerdo al Código ASME, deben de someterse a una Presión de Prueba (P_p) que puede ser Hidrostática o Neumática. Solamente quedan fuera de este requisito aquellos recipientes de dimensiones pequeñas, que el Código los excluye de su jurisdicción.

5.5.1 Prueba Hidrostática.

En este tipo de pruebas el recipiente debe someterse a una presión de prueba cuando menos igual a 1.3 veces la PMTP, efectuada por coeficientes que resulta de dividir el esfuerzo permisible del material a la temperatura de prueba entre la temperatura de diseño.

Al ir aplicando la presión de prueba y cuando éste ha alcanzado las 2/3 partes de su valor, se inicia la inspección del recipiente, esta inspección se hace visual en todas las uniones y conexiones. La inspección para detectar fugas puede o no llevarse a cabo si se prevé lo siguiente:

- a) Que se aplique un gas para pruebas de fuga.
- b) Que se pueda sustituir el gas para la prueba si lo determina de común acuerdo el inspector y el fabricante.
- c) Que todas aquellas juntas que quedan ocultas después del armado, se les haga una inspección visual antes de dicho armado.

Aunque generalmente en este tipo de pruebas se usa agua, también se puede usar cualquier líquido no perjudicial abajo de su temperatura de ebullición. Esto indicado en el Código ASME Sección VIII División 1 (UG-99).

5.5.2 Prueba Neumática.

Este tipo de pruebas se utilizan para los recipientes que están diseñados de una forma tal, que no se tenga la seguridad de que se pueda llenar de agua completamente (tal es el caso de las torres verticales muy altas, diseñadas para manejar vapores); para este caso se debe emplear este tipo de pruebas. La presión de prueba Neumática, también debe ser al menos 1.1 veces del valor de la PMTP a la temperatura de prueba.

Al efectuar este tipo de pruebas la presión en el recipiente debe incrementarse gradualmente a no más de la mitad de la presión de prueba; de este valor en adelante la presión debe elevarse en incrementos de 1/10 de la presión de prueba hasta alcanzar la PMTP y mantenerse por un tiempo suficiente (24 hrs.) para permitir la inspección del recipiente.

Las dos pruebas que pueden llevarse a cabo en un recipiente, las fórmulas que se emplean para el cálculo de la Presión de Prueba (P_p) son las mismas que se utilizaron para el cálculo de la PMTP como ya se dijo, pero tendrán las siguientes modificaciones:

1. Los espesores que se toman para el cálculo de esta prueba, son los comerciales con los cuales se fabricará el recipiente.
2. Los diámetros y radios son los reales o sea que considera la corrosión.

Ya establecidas las condiciones para el cálculo de la Presión de Prueba, se procederá a determinar dicho cálculo. Esto indicado en el Código ASME Sección VIII División 1 (UG-100).

Cuerpo.

Se utiliza la ec. (5.9) para el esfuerzo circunferencial debido a que esta es la que nos da la presión crítica.

$$P_p = \frac{a \times S E t_c}{R + 0.6 t_c} \dots\dots (5.9)$$

Cabezas.

$$P_p = \frac{a \times 2 S E t_c}{D_i + 0.2 t_c} \dots\dots(5.10)$$

Donde:

P_p .-	Presión de prueba.	kg/cm ²
D_i .-	Diámetro interno.	mm
S.-	Esfuerzo permisible del material.	kg/cm ²
E.-	Eficiencia de la junta de soldadura.	-
t_c .-	Espesor comercial de pared.	mm
R.-	Radio interno	mm
a.-	Factor según tipo de prueba	-

El factor (a) puede tener los valores de 1.3 o 1.1 según sea el caso, de acuerdo al tipo de prueba que se esté realizando.

5.6 RESULTADOS.

En la tabla 5.1 se muestran los resultados obtenidos en los cálculos realizados de acuerdo a lo que se menciona en este capítulo, con apego a las normas del código ASME sección VIII división 1.

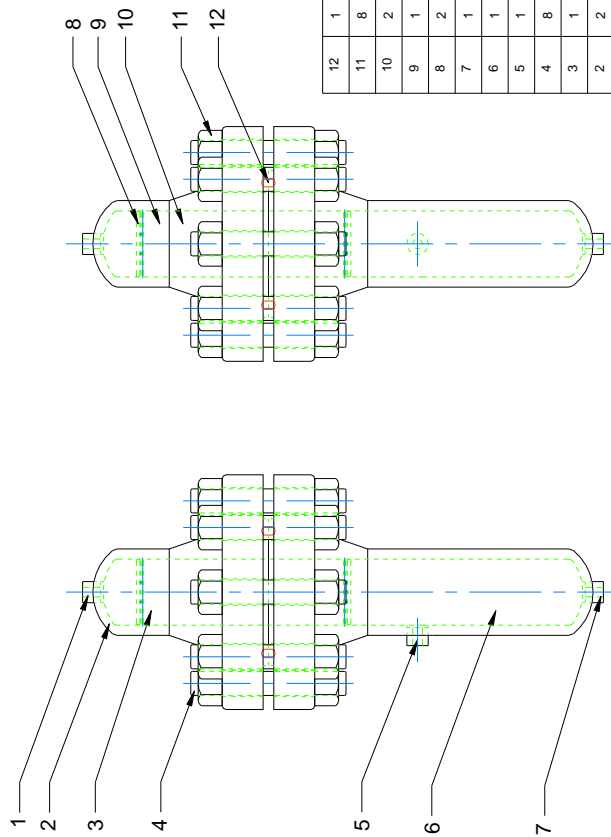
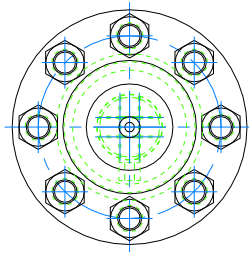
Tabla 5.1

DATOS GENERALES		
Localización	Instituto Mexicano del Petróleo	
Planta	Planta Piloto HDS	
Servicio	Separador	
Fluido manejado	Diesel de ultra bajo azufre	
Material de fabricación	Acero 304	
Clave del equipo	-	
Elaboro	J.R.H.C.	
Fecha	2010	
Código ASME sección VIII, división 1		
PARÁMETROS	Sistema métrico	Sistema ingles
	(kg/cm ²)	(lb/in ²)
Presión de operación	120	1,707
Presión de diseño	132	1,878
Esfuerzo permisible del material	675.84	9,616
	(°C)	(°F)
Temperatura de operación	410	770
Temperatura de diseño	410	770
	(cm)	(in)
Diámetro interior	8.732	3.438
Radio	4.366	1.719
Longitud (cuerpo)	60.325	23.75
Longitud (tapa)	2.54	1
Corrosión	0.15875	0.0625
	%	
Eficiencia de la junta en cuerpo	1 (radiografiado completo)	
Eficiencia de la junta en tapa	1 (radiografiado completo)	
Factor de prueba hidrostática	1.3	
Factor de prueba neumática	1.1	
	(kg/m ³)	(lb/in ³)
Densidad del agua	1,006	0.03634
Densidad del fluido (□=0.9)	905.4	0.03270
	(g/cm ³)	(lb/in ³)
Densidad del acero (AISI 304)	7.8	0.28
	(kg/m)	(lb/in)
Densidad del tubo	33.54	1.8775

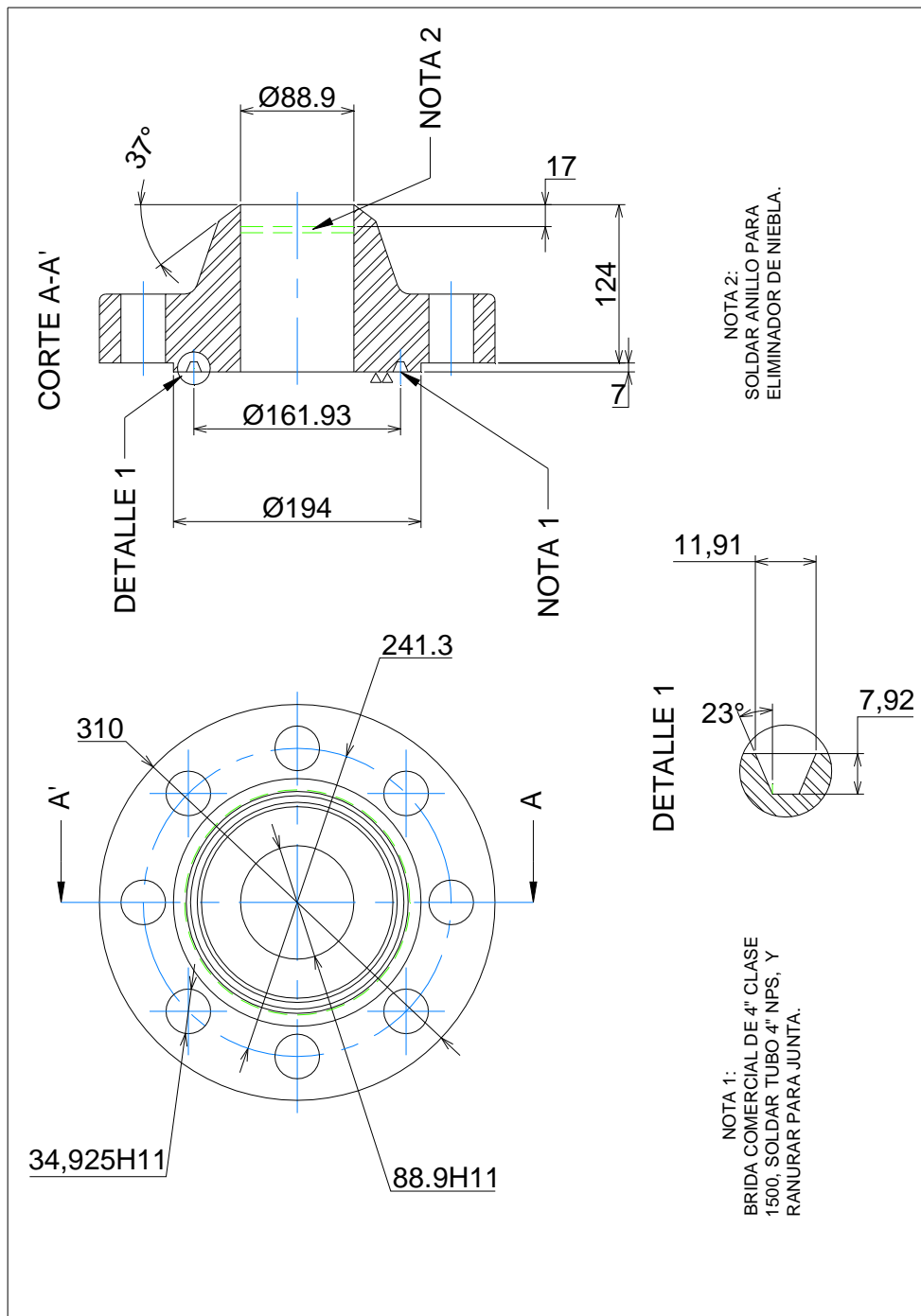
CÁLCULO DE ESPEORES POR PRESIÓN INTERNA		
Cuerpo	(mm)	(in)
$t = \frac{P_d R}{SE - 0.6P_d} + C$	11.421	0.4496
t comercial	13.49	0.531
Cedula	160	
Cabeza	(mm)	(in)
$t = \frac{P_d D_i}{2SE - 0.2P_d} + C$	10.442	0.4111
SELECCIÓN DE BRIDA		
Clase	(kg/cm ²)	(lb/in ²)
1500	144.06	2,049.673
La brida se selecciona de acuerdo a la presión y temperatura de diseño.		
La brida seleccionada es del tipo de cuello soldable (welding neck flange), con cara realizada para empaque anillado (ring-joint face)		
Descripción	mm	in
Diámetro nominal	101.6	4
Diámetro externo	310	12.204
Diámetro de barreno para el tubo	114.3	4 1/2
Diámetro del circulo de barrenos para birlos	241.3	9 1/2
Diámetro de barrenos (8)	34.925	1 3/8
Diámetro de birlos (8)	31.75	1 1/4
Realce de cara	7	0.0108
Longitud de birlo (rosca)	195	7.677
Longitud de birlo (total)	205	8.070
Altura de la brida (sin realce de cara)	124	4.881
Junta tipo anillo R39S304	-	-
PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO PERMISIBLE		
Cuerpo	(kg/cm ²)	(lb/in ²)
$P = \frac{SE(t_c - C)}{R + 0.6(t_c - C)}$	158.307	2,252.403
Cabeza	(kg/cm ²)	(lb/in ²)
$P = \frac{2SE(t_c - C)}{D_i + 0.2(t_c - C)}$	179.308	2,551.197

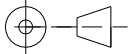
Brida	(kg/cm ²)	(lb/in ²)
A una temperatura de 410 °C	144.06	2,049.673
A una temperatura de 425 °C (*máxima para esta clase)	142.71	2,030.528
PRESIÓN DE PRUEBA		
Prueba hidrostática		
Cuerpo	(kg/cm ²)	(lb/in ²)
$P_p = \frac{1.3 \times S E t_c}{R + 0.6 t_c}$	228.962	3,257.671
Cabeza	(kg/cm ²)	(lb/in ²)
$P_p = \frac{1.3 \times 2 S E t_c}{D_i + 0.2 t_c}$	254.026	3,614.295
Prueba neumática		
Cuerpo	(kg/cm ²)	(lb/in ²)
$P_p = \frac{1.1 \times S E t_c}{R + 0.6 t_c}$	193.737	2,756.491
Cabeza	(kg/cm ²)	(lb/in ²)
$P_p = \frac{1.1 \times 2 S E t_c}{D_i + 0.2 t_c}$	214.945	3,058.25
PESO DEL EQUIPO		
Cuerpo	(kg)	(lb)
$W_1 = l * \delta_1$	20.233	44.590
Cabeza	(kg)	(lb)
$W_2 = 0.1309 * [2(R_e - R_i)]^3 * \delta_2$	0.16032	0.35120
Total	(kg)	(lb)
$W_T = W_1 + 2W_2$	20.3933	44.9418

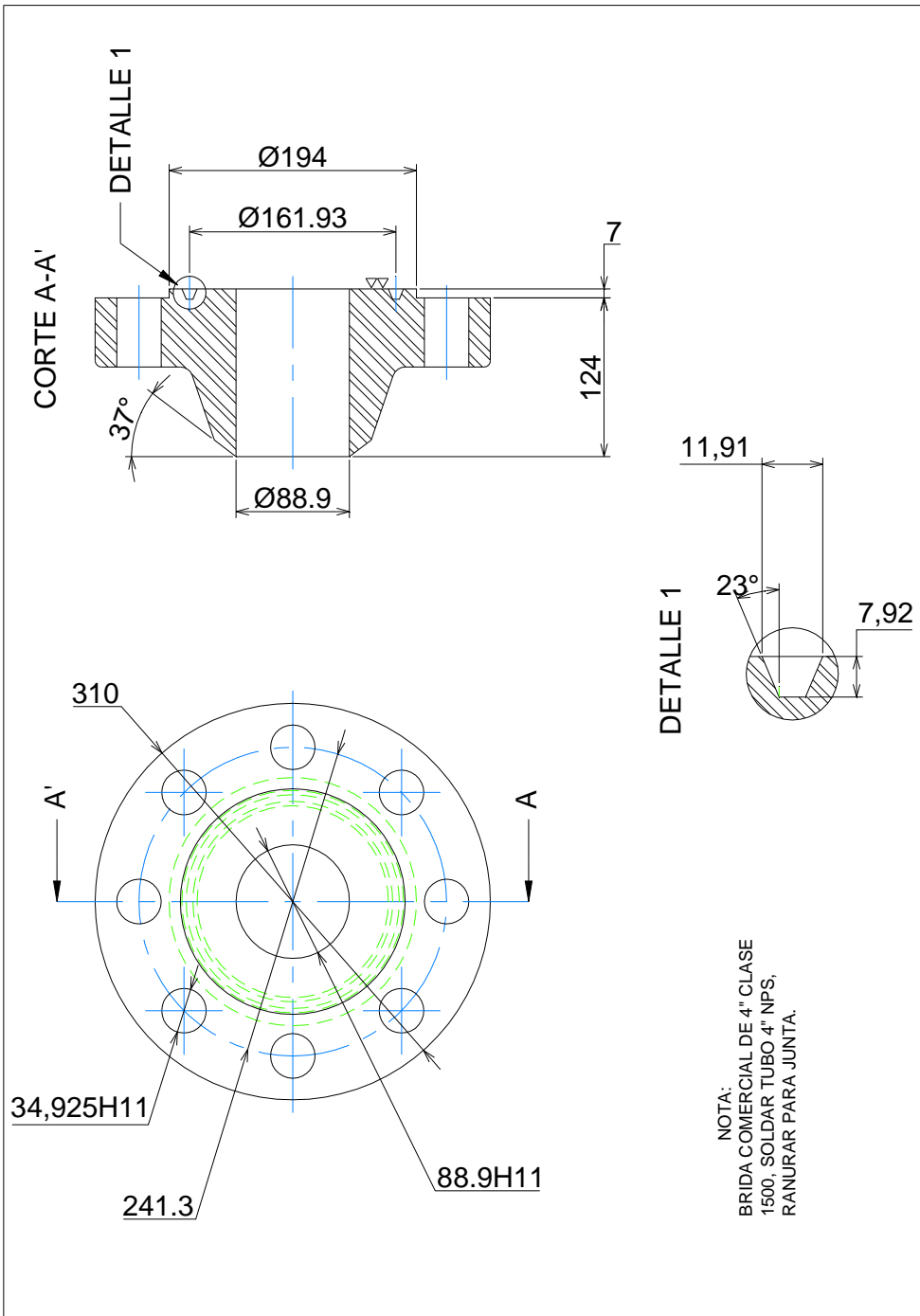
VOLUMEN CONTENIDO		
Cuerpo	(cm ³)	(in ³)
$V_1 = \frac{\pi * D_i^2}{4} * l$	3,612.995	220.478
Cabeza	(cm ³)	(in ³)
$V_2 = 0.1309 * (2R)^3$	87.168	5.319
Total	(cm ³)	(in ³)
$V_T = V_1 + 2V_2$	3,787.331	231.117



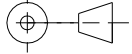
12	1	JUNTA METALICA	ACERO 304	R39S304
11	8	TUERCAS 1 1/4"	ACERO 304	HEAVY HEX FLAT
10	2	BRIDA	ACERO 304	4" NPS CLASE 1500
9	1	ELIMINADOR DE NIEBLAS	ACERO 304	DEMISTER
8	2	ANILLO DE SUJECION	ACERO 304	-
7	1	BOQUILLA SALIDA LIQUIDO	ACERO 304	1/2 NPS CLASE 3000
6	1	CUERPO INFERIOR TUBO CED 160	ACERO 304	4" NPS L=269.05mm
5	1	BOQUILLA ENTRADA	ACERO 304	1/2 NPS CLASE 3000
4	8	BIRLOS 1 1/4"	ACERO 304	L=205mm
3	1	CUERPO SUPERIOR TUBO CED 160	ACERO 304	4" NPS L=72.2mm
2	2	CABEZA	ACERO 304	ELIPTICA 2:1
1	1	BOQUILLA SALIDA GAS	ACERO 304	1/2 NPS CLASE 3000
No.	CANT.	DESIGNACION	MATERIAL	OBSERVACIONES
ESC: 1:5		Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan	2010	DIB: H. C. J. R.
Acot.				REV:
		SEPARADOR		No. 1
		MAT: ACERO 304		

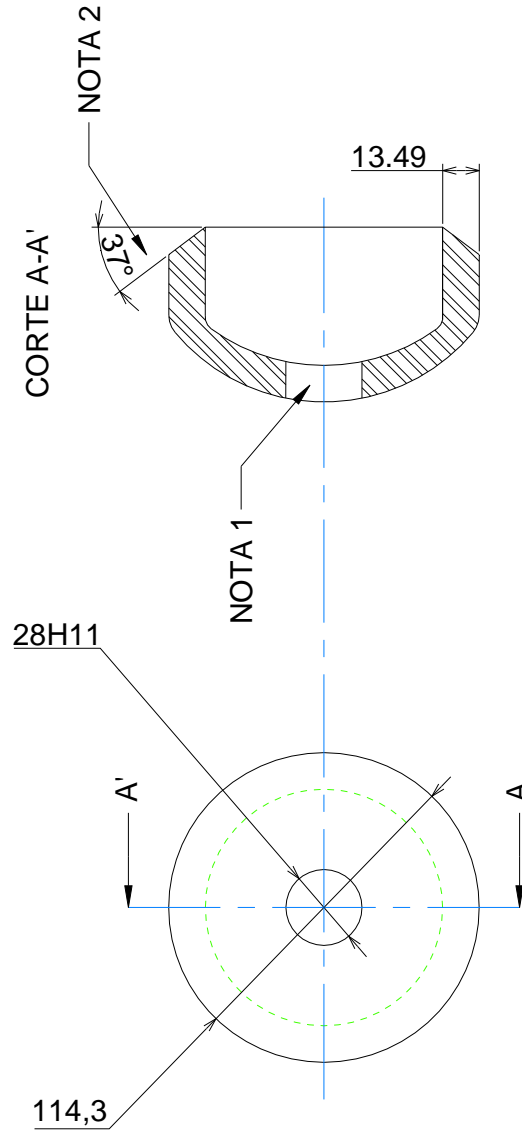


ESC: 1:4	Facultad de Estudios Superiores Cuautitán	2010	DIB: H. C. J. R.
Acot. mm	BRIDA INFERIOR		REV:
			MAT: ACERO 304	(▽,▽▽)	No. 2



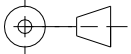
NOTA:
BRIDA COMERCIAL DE 4" CLASE
1500, SOLDAR TUBO 4" NPS.
RANURAR PARA JUNTA.

ESC: 1:4	Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán	2010	DIB: H. C. J. R.
Acot. mm	BRIDA SUPERIOR		REV:
			MAT: ACERO 304	No. 3
		(▽,▽▽)	

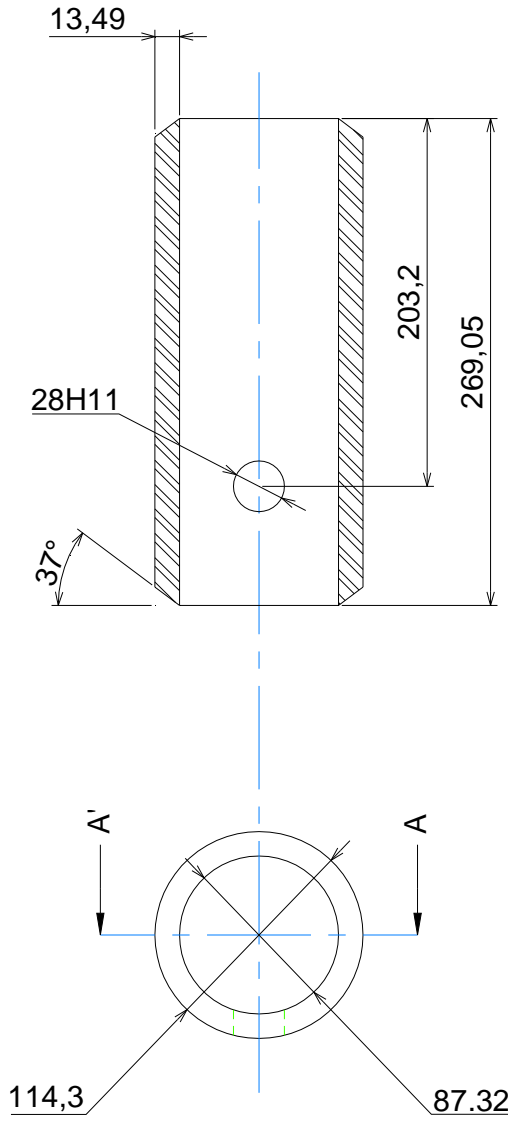


NOTA 2:
CHAFLAN A 37° PARA SOLDAR A
CUERPO.

NOTA 1:
CABEZA COMERCIAL DE 4",
BARRENAR PARA INSERTAR Y
SOLDAR COUPLE.

ESC: 1:2	Facultad de Estudios Superiores Cuautitán	2010	DIB: H. C. J. R.
Acot. mm	CABEZA		REV:
			MAT: ACERO 304	No. 4

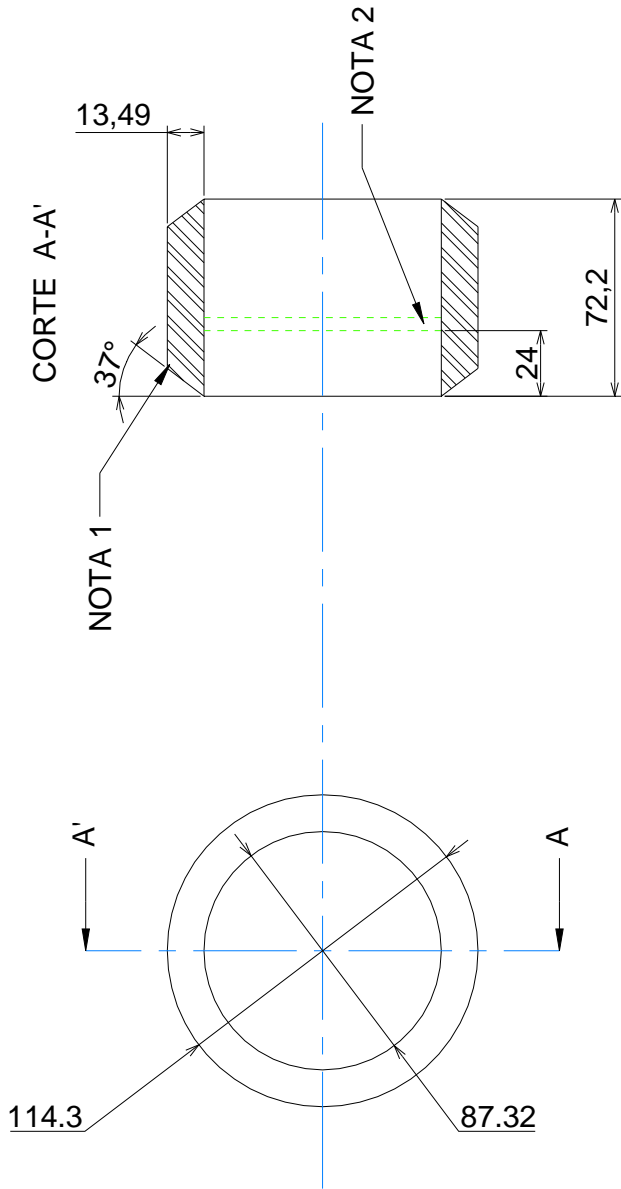
CORTE A-A'



NOTA 2:
CHAFLAN A 37° PARA UNION DE
BRIDA Y CABEZA.

NOTA 1:
TUBO COMERCIAL DE 4" NPS,
BARRENAR PARA INSERTAR Y
SOLDAR COPLE.

ESC: 1:3	Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán	2010	DIB: H. C. J. R.
Acot. mm	CUERPO INFERIOR		REV:
			MAT: ACERO 304	No. 5

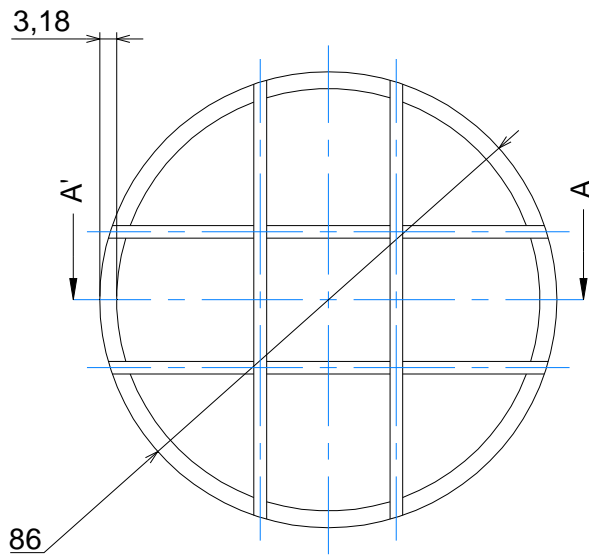
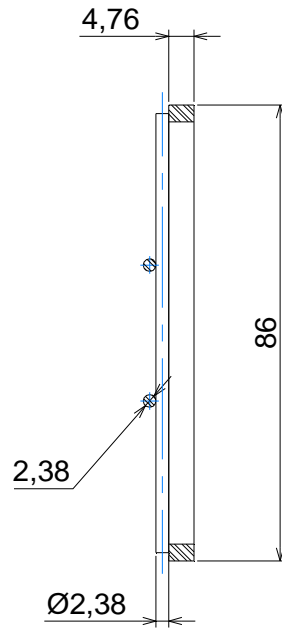


NOTA 2:
SOLDAR ANILLO PARA
ELIMINADOR DE NIEBLA.

NOTA 1:
CHAFLAN A 37° PARA UNION DE
BRIDA Y CABEZA.

ESC: 1:2	Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán	2010	DIB: H. C. J. R.
Acot. mm	CUERPO SUPERIOR		REV:
			MAT: ACERO 304	No. 6

CORTE A-A'



ESC: 1:1	Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán	2010	DIB: H. C. J. R.
Acot. mm	ANILLO		REV:
			No. 7
MAT: ACERO 304			

CONCLUSIONES

Después del trabajo realizado se pueden establecer las conclusiones siguientes:

1. Al finalizar este trabajo se obtuvo el diseño mecánico de un recipiente que se utilizará como separador líquido-gas, el cual tuvo como resultado el dibujo de construcción del recipiente, el cual puede soportar eficientemente las condiciones de operación de la planta piloto de hidrodesulfuración de diesel UBA del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

2. El diseño mecánico de este separador se basó en las necesidades particulares de operación de la planta, utilizando el ASME Code Seccion VIII Division 1 “Rules for Construction of Pressure Vessels” y la Norma NRF-028-PEMEX-2004, “Diseño y Construcción de Recipientes a Presión”.

3. La información proporcionada por el personal a cargo de la operación fue suficiente para diseñar el recipiente sujeto a presión interna que funcionara a las condiciones de operación de la planta y al final se le proporcionaron los planos de construcción del mismo.

4. El procedimiento para el diseño de recipientes sujetos a presión descrito en este trabajo puede adaptarse para el diseño de otros recipientes en cualquier rama de la industria, tomando en cuenta los diversos factores que afectan el funcionamiento adecuado de los mismos.

Los factores que afectan el diseño mecánico de un recipiente como el que se diseñó son:

- Dimensiones y capacidades volumétricas del recipiente.
- Presión y temperatura de operación.
- Compatibilidad de los materiales a los fluidos a los cuales está expuesto el recipiente.
- Flujo de fluidos que pasan por el recipiente.
- Peso del recipiente para considerar su adecuado soporte, estructura o refuerzo y evitar se colapse o se caiga.

En general la presente tesis fue elaborada para satisfacer la necesidad de tener un recipiente que sea funcional bajo las condiciones de operación para separar una mezcla líquido-gas de una forma eficiente y segura.

BIBLIOGRAFÍA

- Resistencia de materiales aplicada.
Robert L. Mott.
Prentice Hall, México, 1996.

- NRF-028-PEMEX-2004.

- Código ASME
Sección VIII, División 1.
Edición 2007.

- Manual de diseño para acero inoxidable
2006 Euro Inox y el Steel Construction Institute.
ISBN 2-87997-207-8 (3a Edición).

- Curso elemental de diseño de tuberías industriales.
Fundamentos y su aplicación en ingeniería vol. 1.
Benjamin Serratos Monroy.

- Manual del ingeniero mecánico.
Eugene a. avallone, Theodore baumeister
McGRAW-HILL ,Tenth Edition

http://www.alloywire.com/spanish/alloy_stainless_steel_304.html

<http://www.sumiteccr.com>

<http://www.kempchen.com>

<http://www.brightonruedge.com>

APÉNDICE A

*Valores de Esfuerzo Máximo, Rangos
Presión-Temperatura, Dimensiones de Brida
clase 1500 , Conexiones.*

Tabla A1 Valores para esfuerzo máximo.

Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec No.	Type/Grade	Alloy Designation/ UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size/Thickness, mm	P-No.	Group No.
1	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	302	S30200	...	...	8	1
2	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	302	S30200	...	...	8	1
3	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304	S30400	...	...	8	1
4	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304	S30400	...	...	8	1
5	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304H	S30409	...	...	8	1
6	18Cr-8Ni	Plate	SA-240	304H	S30409	...	...	8	1
7	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-249	TP304	S30400	...	...	8	1
8	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-249	TP304	S30400	...	...	8	1
9	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-249	TP304	S30400	...	...	8	1
10	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-249	TP304	S30400	...	...	8	1
11	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-249	TP304H	S30409	...	...	8	1
12	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-249	TP304H	S30409	...	...	8	1
13	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-249	TP304H	S30409	...	...	8	1
14	18Cr-8Ni	Wld. tube	SA-249	TP304H	S30409	...	...	8	1
15	18Cr-8Ni	Smls. & wld. pipe	SA-312	TP304	S30400	...	...	8	1
16	18Cr-8Ni	Smls. & wld. pipe	SA-312	TP304	S30400	...	...	8	1
17	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-312	TP304	S30400	...	...	8	1
18	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-312	TP304	S30400	...	...	8	1
19	18Cr-8Ni	Smls. & wld. pipe	SA-312	TP304H	S30409	...	...	8	1
20	18Cr-8Ni	Smls. & wld. pipe	SA-312	TP304H	S30409	...	...	8	1
21	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-312	TP304H	S30409	...	...	8	1
22	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-312	TP304H	S30409	...	...	8	1
23	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-358	304	S30400	1	...	8	1
24	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-358	304H	S30409	1	...	8	1
25	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-358	304LN	S30453	1	...	8	1
26	18Cr-8Ni	Smls. pipe	SA-376	TP304	S30400	...	...	8	1
27	18Cr-8Ni	Smls. pipe	SA-376	TP304	S30400	...	...	8	1
28	18Cr-8Ni	Smls. pipe	SA-376	TP304H	S30409	...	...	8	1
29	18Cr-8Ni	Smls. pipe	SA-376	TP304H	S30409	...	...	8	1
30	18Cr-8Ni	Smls. & wld. fittings	SA-403	304	S30400	...	...	8	1
31	18Cr-8Ni	Smls. & wld. fittings	SA-403	304H	S30409	...	...	8	1
32	18Cr-8Ni	Wld. pipe	SA-409	TP304	S30400	...	...	8	1
33	18Cr-8Ni	Bar	SA-479	302	S30200	...	...	8	1
34	18Cr-8Ni	Bar	SA-479	302	S30200	...	...	8	1
35	18Cr-8Ni	Bar	SA-479	304	S30400	...	...	8	1
36	18Cr-8Ni	Bar	SA-479	304	S30400	...	...	8	1
37	18Cr-8Ni	Bar	SA-479	304H	S30409	...	...	8	1
38	18Cr-8Ni	Bar	SA-479	304H	S30409	...	...	8	1

Tabla 1A ASME Sección II parte D Propiedades de los Materiales-2008 pag. 90

Tabla A2 Valores para esfuerzo máximo.

Line No.	Maximum Allowable Stress, MPa (Multiply by 1000 to Obtain kPa), for Metal Temperature, °C, Not Exceeding														
	-30 to 40	65	100	125	150	200	250	300	325	350	375	400	425	450	475
1	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	...	...	...
2	138	126	113	107	103	95.7	90.0	85.6	83.9	82.3	80.5	79.2	...	...	...
3	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
4	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
5	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
6	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
7	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
8	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
9	117	117	117	114	111	107	103	98.5	96.5	94.7	92.8	90.9	89.1	87.1	85.9
10	117	107	96.2	91.2	87.4	81.1	76.6	72.7	71.2	70.0	68.8	67.5	66.3	65.0	63.8
11	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
12	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
13	117	117	117	114	111	107	103	98.5	96.5	94.7	92.8	90.9	89.1	87.1	85.9
14	117	107	96.2	91.2	87.4	81.1	76.6	72.7	71.2	70.0	68.8	67.5	66.3	65.0	63.8
15	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
16	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
17	117	117	117	114	111	107	103	98.5	96.5	94.7	92.8	90.9	89.1	87.1	85.9
18	117	107	96.2	91.2	87.4	81.1	76.6	72.7	71.2	70.0	68.8	67.5	66.3	65.0	63.8
19	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
20	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
21	117	117	117	114	111	107	103	98.5	96.5	94.7	92.8	90.9	89.1	87.1	85.9
22	117	107	96.2	91.2	87.4	81.1	76.6	72.7	71.2	70.0	68.8	67.5	66.3	65.0	63.8
23	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
24	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
25	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
26	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
27	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
28	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
29	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
30	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
31	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
32	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
33	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	...
34	138	126	113	107	103	95.7	90.0	85.6	83.9	82.3	80.5	79.2	...	...	...
35	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
36	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8
37	138	138	137	134	130	126	122	116	114	111	109	107	105	103	101
38	138	126	113	107	103	95.7	89.9	85.9	84.1	82.2	80.5	79.2	77.3	76.0	74.8

Tabla 1A ASME Sección II parte D Propiedades de los Materiales-2008 pag. 92

Tabla A3 Rangos Presión-Temperatura para materiales del grupo 2.1

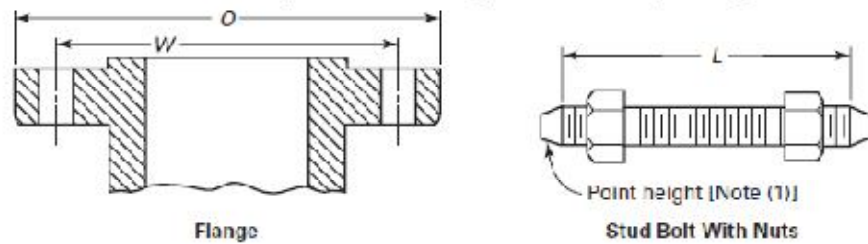
Nominal Designation	Forgings	Castings	Plates
18Cr-8Ni	A 182 Gr. F304 (1)	A 351 Gr. CF3 (2)	A 240 Gr. 304 (1)
18Cr-8Ni	A 182 Gr. F304H	A 351 Gr. CF8 (1)	A 240 Gr. 304H

Working Pressures by Classes, bar							
Temp., °C	Class						
	150	300	400	600	900	1500	2500
-29 to 38	19.0	49.6	66.2	99.3	148.9	248.2	413.7
50	18.3	47.8	63.8	95.6	143.5	239.1	398.5
100	15.7	40.9	54.5	81.7	122.6	204.3	340.4
150	14.2	37.0	49.3	74.0	111.0	185.0	308.4
200	13.2	34.5	46.0	69.0	103.4	172.4	287.3
250	12.1	32.5	43.3	65.0	97.5	162.4	270.7
300	10.2	30.9	41.2	61.8	92.7	154.6	257.6
325	9.3	30.2	40.3	60.4	90.7	151.1	251.9
350	8.4	29.6	39.5	59.3	88.9	148.1	246.9
375	7.4	29.0	38.7	58.1	87.1	145.2	241.9
400	6.5	28.4	37.9	56.9	85.3	142.2	237.0
425	5.5	28.0	37.3	56.0	84.0	140.0	233.3
450	4.6	27.4	36.5	54.8	82.2	137.0	228.4
475	3.7	26.9	35.9	53.9	80.8	134.7	224.5
500	2.8	26.5	35.3	53.0	79.5	132.4	220.7
538	1.4	24.4	32.6	48.9	73.3	122.1	203.6
550	...	23.6	31.4	47.1	70.7	117.8	196.3
575	...	20.8	27.8	41.7	62.5	104.2	173.7
600	...	16.9	22.5	33.8	50.6	84.4	140.7
625	...	13.8	18.4	27.6	41.4	68.9	114.9
650	...	11.3	15.0	22.5	33.8	56.3	93.8
675	...	9.3	12.5	18.7	28.0	46.7	77.9
700	...	8.0	10.7	16.1	24.1	40.1	66.9
725	...	6.8	9.0	13.5	20.3	33.8	56.3
750	...	5.8	7.7	11.6	17.3	28.9	48.1
775	...	4.6	6.2	9.0	13.7	22.8	38.0
800	...	3.5	4.8	7.0	10.5	17.4	29.2
816	...	2.8	3.8	5.9	8.6	14.1	23.8

NOTES:

- (1) At temperatures over 538°C, use only when the carbon content is 0.04% or higher.
- (2) Not to be used over 425°C.

Tabla A4 Patrón de Taladrado de Brida clase 1500.



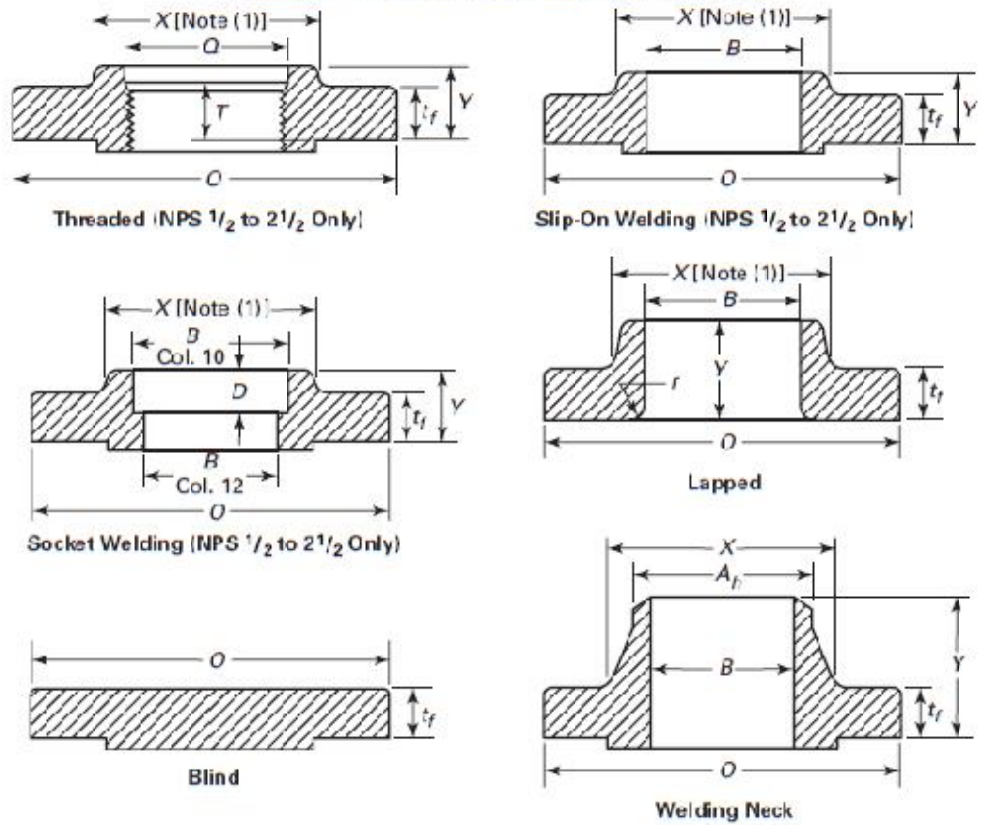
Nominal Pipe Size, NPS	Outside Diameter of Flange, O	Drilling [Notes (2), (3)]			Diameter of Bolts, in.	Length of Bolts, l [Notes (1), (4)]		
		Diameter of Bolt Circle, W	Diameter of Bolt Holes, in.	Number of Bolts		7 mm Raised Face	Male and Female / Tongue and Groove	Ring Joint
1/2	120	82.6	7/8	4	3/4	110	100	110
3/4	130	88.9	7/8	4	3/4	115	110	115
1	150	101.6	1	4	7/8	125	120	125
1 1/4	160	111.1	1	4	7/8	125	120	125
1 1/2	180	123.8	1 1/8	4	1	140	135	140
2	215	165.1	1	8	7/8	145	140	145
2 1/2	245	190.5	1 1/4	8	1	160	150	160
3	265	203.2	1 1/4	8	1 1/8	180	170	180
4	310	241.3	1 1/8	8	1 1/4	195	190	195
5	375	292.1	1 1/8	8	1 1/2	250	240	250
6	395	317.5	1 1/2	12	1 1/8	260	255	265
8	485	393.7	1 1/4	12	1 1/4	290	285	300
10	585	487.6	2	12	1 1/8	335	330	345
12	675	571.5	2 1/8	16	2	375	370	385
14	750	635.0	2 1/8	16	2 1/4	405	400	425
16	825	704.8	2 1/4	16	2 1/2	445	440	470
18	915	774.7	2 1/4	16	2 3/4	495	490	525
20	985	837.8	3 1/8	16	3	540	535	565
24	1170	990.6	3 1/8	16	3 1/2	615	610	650

GENERAL NOTES:

- (a) Dimensions of Table 19 are in millimeters, except for the diameters of the bolts and bolt holes, which are in inch units. For dimensions in inch units, refer to Mandatory Appendix I, Table II-1.9.
- (b) For other dimensions, see Table 20.

NOTES:

- (1) The length of the stud bolt does not include the height of the points (see para. 6.10.2).
- (2) For flange bolt holes, see para. 6.5.
- (3) For spot facing, see para. 6.6.
- (4) Bolt lengths not shown in the table may be determined in accordance with Nonmandatory Appendix C (see para. 6.10.2).



1	2	3	4	5	6			9	10			13	14	15
					Length Through Hub				Minimum Thread Length Threaded Flange, T [Note (3)]	Bore					Corner Bore Radius of Lapped Flange and Pipe, r	Minimum Counterbore Threaded Flange, Q	Depth of Socket, D
Nominal Pipe Size, NPS	Outside Diameter of Flange, O	Minimum Thickness of Flange, t _f	Diameter of Hub, X	Hub Diameter Beginning of Chamfer Welding Neck, A _n [Note (2)]	Threaded/ Slip-On/ Socket Welding, Y	Lapped, Y	Welding Neck, Y	Minimum Slip-On/ Socket Welding, B		Minimum Lapped, B	Welding Neck/ Socket Welding, B			
1/2	120	22.3	38	21.3	32	32	60	23	22.2	22.9	Note (4)	3	23.6	10
3/4	130	25.4	44	26.7	35	35	70	25	27.7	28.2	Note (4)	3	29.0	11
1	150	28.6	52	33.4	41	41	73	29	34.5	34.9	Note (4)	3	35.8	13
1 1/4	160	28.6	54	42.2	41	41	73	31	43.2	43.7	Note (4)	5	44.4	14

Tabla 20 ASME B16.5-2009 pag. 99

1	2	3	4	5	6 7 8			9	10	11	12	13	14	15	
Nominal Pipe Size, NPS	Outside Diameter of Flange, O	Minimum Thickness of Flange, t _f	Diameter of Hub, X	Hub Diameter Beginning of Chamfer Welding Neck, A _h [Note (2)]	Length Through Hub			Minimum Thread Length Threaded Flange, T [Note (3)]	Minimum Slip-On/ Socket Welding, B	Bore		Welding Neck/ Socket Welding, B	Corner Bore Radius of Lapped Flange and Pipe, r	Minimum Counterbore Threaded Flange, Q	Depth of Socket, D
					Threaded/ Slip-On/ Socket Welding, Y	Lapped, Y	Welding Neck, Y			Minimum Lapped, B					
1½	180	31.8	70	43.3	44	44	83	32	49.5	50.0	Note (4)	6	50.6	16	
2	215	38.1	105	60.3	57	57	102	39	61.9	62.5	Note (4)	8	63.5	17	
2½	245	41.3	124	73.0	64	64	105	48	74.6	75.4	Note (4)	8	76.2	19	
3	265	47.7	133	83.9	...	73	117	...	...	91.4	Note (4)	10	...	...
4	310	54.0	162	114.3	...	90	124	...	...	116.8	Note (4)	11	...	...
5	375	73.1	197	141.3	...	105	156	...	...	144.4	Note (4)	11	...	...
6	395	82.6	229	163.3	...	119	171	...	...	171.4	Note (4)	13	...	...
8	485	92.1	292	219.1	...	143	213	...	...	222.2	Note (4)	13	...	...
10	585	108.0	368	273.0	...	178	254	...	...	277.4	Note (4)	13	...	...
12	675	123.9	451	323.8	...	219	283	...	...	328.2	Note (4)	13	...	...
14	750	133.4	495	355.6	...	241	298	...	...	360.2	Note (4)	13	...	...
16	825	146.1	552	405.4	...	260	311	...	...	411.2	Note (4)	13	...	...
18	915	162.0	597	457.0	...	276	327	...	...	462.3	Note (4)	13	...	...
20	985	177.8	641	503.0	...	292	356	...	...	514.4	Note (4)	13	...	...
24	1 170	203.2	762	610.0	...	330	406	...	...	616.0	Note (4)	13	...	...

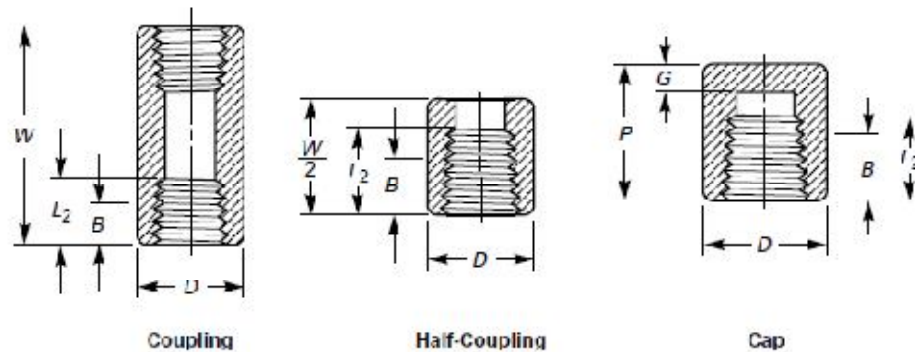
GENERAL NOTES:

- (a) Dimensions of Table 20 are in millimeters. For dimensions in inch units, refer to Mandatory Appendix II, Table I-20.
- (b) For tolerances, see section 7.
- (c) For facings, see para. 6.4.
- (d) For flange bolt holes, see para. 6.5 and Table 19.
- (e) For spot facing, see para. 6.6.
- (f) For reducing threaded and slip-on flanges, see Table 6.
- (g) Blind flanges may be made with or without hubs at the manufacturer's option.
- (h) For reducing welding neck flanges, see para. 6.8.

NOTES:

- (1) This dimension is for the large end of the hub, which may be straight or tapered. Taper shall not exceed 7 deg on threaded, slip-on, socket-welding, and lapped flanges. This dimension is defined as the diameter at the intersection between the hub taper and back face of the flange.
- (2) For welding end bevel, see para. 6.7.
- (3) For thread of threaded flanges, see para. 6.9.
- (4) To be specified by the Purchaser.

Tabla A7 Conexiones Roscadas.



Nominal Pipe Size	End-to-End Couplings, <i>W</i>		End-to-End Caps, <i>P</i>		Outside Diameter, <i>D</i>		Minimum End Wall Thickness, <i>G</i>		Minimum Length of Thread [Note (1)]		
	3000 and 6000	3000	6000	3000	6000	3000	6000	3000	6000	<i>B</i>	<i>L₂</i>
1/8	32	19	...	16	22	4.8	...	5.4	...	5.4	6.7
1/4	35	25	27	19	25	4.8	6.4	8.1	...	8.1	10.2
3/8	38	25	27	22	32	4.8	6.4	9.1	...	9.1	10.4
1/2	48	32	33	28	38	5.4	7.9	10.9	...	10.9	13.6
3/4	51	37	38	35	44	5.4	7.9	12.7	...	12.7	13.9
1	60	41	43	44	57	9.7	11.2	14.7	...	14.7	17.3
1 1/4	67	44	46	57	64	9.7	11.2	17.0	...	17.0	18.0
1 1/2	79	44	48	64	76	11.2	12.7	17.8	...	17.8	18.4
2	86	48	51	76	92	12.7	15.7	19.0	...	19.0	19.2
2 1/2	92	60	64	92	108	15.7	19.0	23.6	...	23.6	28.9
3	108	65	68	108	127	19.0	22.4	25.9	...	25.9	30.5
4	121	68	75	140	159	22.4	28.4	27.7	...	27.7	33.0

GENERAL NOTES:

- (a) Dimensions are in millimeters.
- (b) Class 2000 and NPS 1/8 Class 6000 couplings, half couplings, and caps are not included in this Standard.
- (c) The wall thickness away from the threaded ends shall meet the minimum wall thickness requirements of Table 2 for the appropriate NPS and Class Designation fitting.

NOTE:

- (1) Dimension *B* is minimum length of perfect thread. The length of useful thread (*B* plus thread with fully formed roots and flat crests) shall not be less than *L₂* (effective length of external thread) required by American National Standard for Pipe Threads (ASME B1.20.1; see para. 6.3).

Tabla A8 Relación de clases de conexiones con el número de cédula.

Class Designation of Fitting	Type of Fitting	Pipe Used for Rating Basis [Note (1)]	
		Schedule No.	Wall Designation
2000	Threaded	80	XS
3000	Threaded	160	...
6000	Threaded	...	XXS
3000	Socket-welding	80	XS
6000	Socket-welding	160	...
9000	Socket-welding	...	XXS

NOTE:

- (1) This Table is not intended to restrict the use of pipe of thinner or thicker wall with fittings. Pipe actually used may be thinner or thicker in nominal wall than that shown in Table 7. When thinner pipe is used, its strength may govern the rating. When thicker pipe is used (e.g., for mechanical strength), the strength of the fitting governs the rating.