

70.
2ef



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**PROCESO PARA ELABORAR ESPECIFICACIONES DE
MATERIALES, EMPLEADOS EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCION
DE SISTEMAS DE TUBERIAS DE ACERO, PARA PLANTAS
INDUSTRIALES**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
ANASTACIO GONZALEZ OLIVARES**

DIRECTOR DE TESIS: ING JESUS ROVIROZA LOPEZ

MEXICO, D. F.

1991



FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	<u>Pag.</u>
INTRODUCCION	1
CAPITULO I CONSIDERACIONES BASICAS	5
CAPITULO II CODIGOS Y NORMAS	12
2.1. Códigos, Estándares y/o Especificaciones de Referencia	15
2.2. Descripción de Códigos y Estándares	18
CAPITULO III PROCEDIMIENTOS Y METODOS DE SELECCION	25
3.1. Lista de Fluidos	26
3.2. Codificación	29
3.3. Selección de Material	32
3.3.4. Factores que determinan la Selección de Materiales	63
3.3.5. Pasos Necesarios en la Selección de Materiales	66
3.3.6. Tablas generales de Selección Rápida	70
3.3.7. Tablas de Especificaciones ASTM más usuales.	80
3.3.8. Materiales más usuales para Cuerpos, Bonetes e Interiores de Válvulas	84

3.4.	Rangos de Temperatura-Presión	92
3.5.	Corrosión Permisible	114
3.6.	Tipos de Extremos en Válvulas Conexiones y Tubería.	116
3.7.	Selección de Bridas	119
3.8.	Cálculo del Espesor de Pared en una Tubería bajo Presión Interna	125
3.9.	Selección de Conexiones	136
3.10.	Selección de Válvulas	139
3.11.	Selección de Empaques	155
3.12.	Selección de Espárragos y Tornillos	170
3.13.	Notas	175
3.14.	Accesorios Especiales	179
3.15.	Concentrado de Información	181
	CAPITULO IV EJEMPLO	183
	CAPITULO V CONCLUSIONES	218
	BIBLIOGRAFIA	222

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

Actualmente existen dos retos que debe de superar la Tecnología Nacional. Uno, la crisis económica que no le permite alcanzar los niveles requeridos por el país, y el otro, el defasamiento existente en cuanto al avance tecnológico universal.

Anteriormente el atraso tecnológico se incrementaba importando tecnología, creando con esto un abismo entre los países desarrollados y el nuestro.

Dadas estas condiciones, en el área de diseño de plantas industriales gran parte de la tecnología se importó.

Así, en cuanto a la especificación de materiales para tubería se refiere, tenemos que:

En las plantas petroquímicas, de refinación del petróleo, en la industria de generación de fuerza, en la industria azucarera, alimenticia, del cemento, etc. se tienen normas y especificaciones que inicialmente se importaron como tecnología y que con el paso del tiempo se van acondicionando por las necesidades y características mismas de cada proceso.

Actualmente en las firmas de ingeniería, donde se desarrolla -

el trabajo de diseño y construcción de plantas industriales, - además de consultoría y asesoramiento. Cuando se hace el trabajo de especificar material para tubería, se realiza de la siguiente forma.

Por las necesidades mismas de cada proyecto y dada la amplia - gama de proyectos, además de su experiencia en estos mismos se desarrolla un trabajo de selección de especificaciones, tomando como base la similitud de las características y de las variables del fluido en estudio.

En segundo término si dentro de su amplia gama de especificaciones no se encuentra la que se adapta a las características y a las variables del fluido en estudio, se procede a elaborar una especificación que satisfaga estas condiciones.

Esta elaboración de especificaciones actualmente se desarrolla sin un procedimiento establecido, sino que se elabora en función de la experiencia del ingeniero que está haciendo la especificación de materiales de tubería, esto trae consigo altos costos de horas-hombre de ingeniería, y posiblemente la especificación de materiales para tubería no sea la óptima, dado que al elaborar la especificación también debe de improvisar un método

todo de elaboración de especificaciones.

En virtud de lo anterior, y tomando en cuenta la importancia que se le debe dar a las especificaciones de materiales para tuberías, de las cuales se obtendrá toda la información requerida para el diseño, adquisición e instalación de los sistemas, éste trabajo tiene como objetivo fundamental presentar un proceso para la elaboración de especificaciones de materiales para tubería, basándose en consideraciones básicas, códigos, normas, descripción de procedimientos, métodos de selección así como un ejemplo y conclusiones.

CAPITULO I
CONSIDERACIONES BASICAS

CONSIDERACIONES BASICAS

Todo trabajo de ingeniería requiere de una base, en la cual se fundamente su desarrollo. En función de esto se establecen un conjunto de consideraciones básicas, las cuales son una serie de lineamientos a seguir para elaborar unas especificaciones.

1.1 MATERIALES

Los materiales que se especifiquen deberán de satisfacer los requerimientos del proceso tales como:

- A) Resistencia Mecánica
- B) Resistencia Química o a la corrosión
- C) Satisfacer condiciones por presión y temperatura., etc.

1.2 CODIGOS Y NORMAS

La elaboración de especificaciones de materiales para tubería, se hará en base a códigos y normas relacionados con este tema, los cuales describen los minimos requerimientos para el diseño, materiales, fabricación, erección, pruebas e inspección.

Una referencia definida a un código o a una norma eli

mina el tener que hacer largas descripciones de los métodos de diseño y fabricación.

1.3 OPERACION Y MANTENIMIENTO

También se debe de tomar en cuenta, los requerimientos de operación y mantenimiento, tales como facilidad en el desmantelamiento de las tuberías cuando éste se requiera, el uso de operadores con engranes para válvulas de gran diámetro, selección de válvulas para venteos y drenajes, etc.

1.4 DISPONIBILIDAD DE MATERIAL

Otro aspecto que se debe considerar es la facilidad en la adquisición de los materiales, puesto que en muchas ocasiones se especifican materiales que son difíciles de adquirir, y que se tienen que importar, ocasionando largos tiempos de entrega que pueden atrasar la construcción y además por la naturaleza de los mismos sus partes de repuesto sean de difícil obtención, entorpeciendo la operación y mantenimiento de la planta.

En tales casos es preferible buscar algún material -

que lo sustituya y que sea de fácil adquisición - aunque su costo sea relativamente mayor.

1.5 FACTOR ECONOMICO

Un factor importante es el económico y muchas veces es el que decide la elección entre varios materiales que satisfacen los requerimientos de proceso. También se puede buscar economía en otras características de los materiales, por ejemplo para servicios no críticos sin costura, puesto que la primera es menos costosa.

También se puede especificar el usar insertos en lugar de tees, con lo cual se ahorrará en el costo de la conexión y en dos soldaduras, otro caso, en tuberías de diámetros mayores, sería emplear válvulas soldables en lugar de válvulas bridadas, evitándose así el uso de dos bridas y ahorrándose en el costo de la válvula etc.

Otros ejemplos como estos se podrían citar, sin embargo en cada caso en particular se deberá analizar si las condiciones de proceso, operación y mantenimiento

de la planta lo permiten.

1.6 DUPLICIDAD DE FUNCIONES

También durante la elaboración de las especificaciones de materiales para tubería hay que eliminar aquellos materiales que tengan duplicidad en sus funciones, por ejemplo; especificar válvulas de compuerta y mariposa para el mismo diámetro de tubería, cuando ambas válvulas tiene como función bloquear las tuberías.

Otro punto es especificar hasta donde sea posible -- solo el material requerido, pues en varias ocasiones se especifican materiales para tuberías hasta 24" de diámetro, cuando solo se requieren hasta 6" de diámetro.

Con todo lo anterior se ahorrará tiempo y recursos en la ingeniería y se evitarán posibles confusiones durante la aplicación de las especificaciones de materiales para tubería.

1.7 CRITERIO LOGICO EN LA VARIEDAD DE LOS MATERIALES

Al preparar un grupo de especificaciones de materiales para tubería es recomendable evitar demasiada variedad en los materiales de las mismas y tratar de usar hasta donde sea posible materiales idénticos para diferentes servicios. Es decir, suponiendo que se estén elaborando especificaciones de materiales para tubería a emplear en servicios de vapor, agua y aceite combustible y estos tienen semejantes condiciones de temperatura y presión, entonces puede ser posible usar el mismo tipo de válvulas, conexiones y tubería en lugar de especificar para cada servicio los materiales para las tuberías con ligeras variantes. Lo mismo puede suceder en el caso donde en varias especificaciones se requieran tuberías sin costura con cédula 40, y existe una que requiere tubería con costura cédula 30, de la cual se estima que su cantidad no sea importante; en tal situación conviene especificar en todos los casos tubería sin costura con cédula 40, aunque aparentemente el costo sea superior. El agrupar varios servicios en una sola especificación y evitar la variedad en los materiales, tal como se ejemplificó en los casos antes citados, tendrá como consecuencia un ahorro significativo durante la ingeniería, compra y construcción de la planta y a largo pla

zo en el costo de los materiales, puesto que al haber menos variedad de materiales, las partes de repuesto para los mismos disminuirán considerablemente.

1.8 ALCANCE DE LA INFORMACION DE UNA ESPECIFICACION

Por último, una especificación de materiales para tubería, debe contener toda la información necesaria para el diseño, adquisición e instalación de las tuberías para una planta industrial.

Esta información se puede dividir en dos partes, la primera en donde se proporciona la información general de la especificación tal como: codificación, servicio, material, condiciones de temperatura, presión, factor de corrosión permisible, etc., y la segunda en donde se proporcionan todas las características de material espesor o clase, extremos, interiores, etc., para tubería, conexiones, bridas, válvulas, empaques y tornillos.

En las siguientes secciones se describirán con detalle como obtener toda la información necesaria para elaborar una especificación de materiales para tubería.

CAPITULO 11
CODIGOS Y NORMAS

CODIGOS Y NORMAS

El 7 de Febrero de 1904, una gran parte de la Ciudad de Baltimore fue destruida por el fuego. El servicio contra incendios pidió la ayuda del servicio de bomberos de la próxima Ciudad de Washington, así como de Nueva York y Philadelphia, aunque estas ciudades respondieron rápidamente a la llamada no pudieron hacer mucho debido a que las conexiones de las mangueras de las otras ciudades no podían ser conectadas a las tomas de agua de Baltimore. Este hecho histórico nos muestra la necesidad de una normalización o standarización; no siempre es tan dramático pero si es una imperiosa necesidad para la industria moderna.

En 1918 cinco de las mayores sociedades de ingeniería se unieron para formar la llamada American Standards Association (ASA) ahora American National Standards Institute (ANSI). Esta asociación consiste en más de 100 sociedades técnicas y comerciales a las cuales sirve legalmente como dueños y utilizados. Los fondos de mantenimiento son previstos fundamentalmente por las compañías miembro.

Para comprender las funciones de la ANSI antes ASA es necesario situarse a principios del siglo XX cuando el imperio industrial americano en crecimiento y sus más vanguardistas compa_

hías sintieron la necesidad de una normalización.

Ciertos problemas de diseño que requieren la aplicación de un cierto juicio en su solución y aparecen con frecuencia, precisan de un criterio común de los expertos de una determinada compañía, con lo cual se ahorran muchas horas-hombre de diseño y costosos retrasos que podrían haber aparecido a causa de la indecisión. Además de esto, la normalización de las partes y componentes normalizados no solo aseguran el éxito de la fabricación en masa, sino también incrementan la confianza del cliente en el equipo para el cual se pueden encontrar rápidamente partes intercambiables.

El standard de tubería más importante y de uso más frecuente es el código para tuberías a presión ANSI B31. Este código es una guía de los mínimos requerimientos de diseño, tal como permitir al diseñador hacer rápidas decisiones en los problemas de diseño con la seguridad de que estas decisiones serán aceptadas no solamente por sus colegas, sino también por las autoridades.

Aunque su utilización no está sancionada por ninguna ley, es de aceptación general, lo cual le hace de una valiosa ayuda al diseñador.

2.1 CODIGOS, ESTANDARES Y/O ESPECIFICACIONES DE REFERENCIA.

Las especificaciones de materiales para tuberías normalmente hacen referencia a algunos de los siguientes códigos, estándares y/o especificaciones.

2.1.1 ANSI (American National Standards Institute) (Instituto Nacional Americano de Estándares).

Los estándares y códigos ANSI anteriormente ASA (American Standards Association), se dividen básicamente en dos partes, la primera compuesta de varios estándares que establecen las dimensiones, tolerancias, rangos de presión, marcado, requerimientos de bisel, tipos de rosca, etc., para tubería, conexiones, bridas, válvulas, empaques y tornillería; y la segunda parte constituida por varios códigos que describen los requerimientos mínimos para el diseño, materiales, fabricación, erección, pruebas e inspección para sistemas de tuberías.

2.1.2 ASME (American Society of Mechanical Engineers) (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)

Los códigos ASME abarcan los materiales, métodos de manufactura, pruebas de materiales, diseño y cálculo

de recipientes y sistemas de tuberías que caen dentro de su jurisdicción.

2.1.3 ASTM (American Society for Testing and Materials)
(Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)

Las especificaciones ASME cubren materiales, métodos de manufactura, tratamiento térmico, pruebas, tolerancias dimensionales, etc. para materiales en general.

2.1.4 API (American Petroleum Institute)
(Instituto Americano del Petróleo)

Los estándares API establecen requerimientos de materiales, métodos de manufactura, tolerancias dimensionales, etc. para sistemas de tuberías relacionados con la industria petroquímica.

2.1.5 AWWA (American Water Works Association)
(Asociación Americana para trabajos del agua)

La AWWA cubre normalmente todo lo relacionado para sistemas de conducción de agua.

2.1.6 MSS (Manufacturers Standardization Society)
(Sociedad de Manufactureros para la Estandarización).

Los estándares de la MSS proveen los requerimientos - de los materiales, dimensiones, tolerancias, etc., de la Industria productora de válvulas, bridas, conexiones, etc.

2.1.7 AISI (American Iron and Steels Institute)
(Instituto Americano del Hierro y los Aceros)

Las normas AISI determinan la composición química de algunos aceros, sobre todo aceros inoxidable.

Estas normas en conjunto con las normas ASTM definen y especifican un material.

2.2 DESCRIPCION DE CODIGOS Y ESTANDARES

A continuación se describen algunos de los códigos y estandares más usuales en las especificaciones de materiales para tuberías.

2.2.1 CODIGOS ANSI PARA TUBERIAS A PRESION

ANSI B31 Formado por 8 secciones que son:

ANSI B31.1. (Power Piping) Tuberías para Gas Combustible.

ANSI B31.2 (Fuel Gas Piping) Tuberías para Gas Combustible.

ANSI B31.3 (Petroleum Refinery Piping) Tubería para Refinerías de Petróleo.

ANSI B31.4 (Liquid Petroleum Transportation Piping Systems) Sistemas de Tuberías para Transportación de Petróleo Líquido.

ANSI B31.5 (Refrigeration Piping System) Sistemas de Tuberías para Refrigeración.

ANSI B31.6 (Chemical Process Piping) Tuberías para Procesos Químicos.

ANSI B31.7 (Nuclear Power Piping) Tuberías para Plantas Nucleares.

ANSI B31.8 (Gas Transmission and Distribution Piping)

Systems) Sistemas de Tuberías para Transmisión y Distribución de Gas.

2.2.2. RELACIONADOS A TUBERIA

ANSI A21.6, A21.7, A21.8 y A.21.9 Diferentes tipos de Tuberías de Fierro Fundido.

ANSI A40.5 Tubería de Fierro Fundido Roscado para Drenajes, Venteos, etc.

ANSI B2.1 Roscado en Tuberías.

ANSI B36.10 Tuberías de Acero y Hierro Forjado

ANSI B36.19 Tuberías de Acero Inoxidable

API 5L Características para Tuberías de Acero

API 5LX Características y Pruebas Rigurosas para tuberías de acero.

AWWA C102, C106 y C108 Tuberías de Fierro Fundido para Conducción de Agua.

2.2.3 RELACIONADOS A CONEXIONES Y BRIDAS

ANSI B16.1 Bridas y Conexiones Bridadas de Hierro Fundido.

ANSI B16.3 Conexiones Roscadas de Hierro Maleable de 150 Lbs.

ANSI B16.4 Conexiones Roscadas de Hierro Fundido de 125 y 250 Lbs.

ANSI B16.5 Bridas y Conexiones Bridadas de Acero

ANSI B16.9 Conexiones Soldables de Acero

ANSI B16.11 Conexiones Roscadas y Socket-Weld de Acero.

ANSI B16.12 Conexiones de Hierro Fundido para Drenajes.

ANSI B16.15 Conexiones Roscadas de Bronce de 125 Lbs.

ANSI B16.17 Conexiones Roscadas de Bronce de 250 Lbs.

ANSI B16.18 Conexiones Soldables de Bronce Fundido

ANSI B16.19 Conexiones Roscadas de Hierro Maleable de 300 Lbs.

ANSI B16.22 Conexiones Soldables forjadas de Cobre y Bronce.

ANSI B16.23 Conexiones de Bronce Fundido para Drena_

jes.

ANSI B16.24 Bridas y Conexiones Bridadas de Bronce

ANSI B16.25 Características para Extremos Soldables a tope.

API 6-A Roscas en Válvulas, Conexiones y Bidas

API 6-B Bidas en Líneas de Tuberías

API 605 Bidas de Acero al Carbón de gran diámetro.

AWWA C100 Conexiones de Fierro Fundido

AWWA C207-54T Bidas de Fierro Fundido

MSS-SP-33 Bidas en Líneas de Tuberías

MSS-SP-48 Conexiones Soldables de Acero de gran Diámetro.

MSS-SP-49 Conexiones Forjadas de Acero.

2.2.4 RELACIONADOS A VALVULAS

ANSI-B16.10 Dimensiones entre caras y entre extremos de válvulas.

- API-6-C Válvulas Bridadas de Acero, Compuerta y Macho para Servicios de Perforación y Producción.
- API-6-D Especificación para Válvulas en Líneas de Tuberías.
- API-597 Válvulas de Compuerta de Acero tipo Venturi.
- API-598 Inspección y Prueba de Válvulas
- API-599 Válvulas tipo Macho de acero
- API-600 Válvulas de Acero de Compuerta Bridadas y Soldables para Servicios en Refinerías.
- API-602 Diseño Compacto para Válvulas de acero de Compuerta para uso en Refinerías.
- API-603 Válvulas de Compuerta resistentes a la Corrosión para uso en Refinerías.
- API-604 Válvulas de Hierro de Compuerta y Macho para Servicios en Refinerías.
- AWWA-C-500 Válvulas de Compuerta para Servicios de Agua.

- MSS-SP-6 Acabados en caras de Bridas para Conexiones y Válvulas.
- MSS-SP-25 Sistema de marcado para Válvulas, Conexiones, Bridas y Uniones.
- MSS-SP-37 Válvulas de Bronce de 125 Lbs.
- MSS-SP-42 Válvulas Bridadas resistentes a la corrosión de 150 Lbs.
- MSS-SP-52 Válvulas de Hierro Fundido
- MSS-SP-61 Pruebas Hidrostáticas para Válvulas de acero.
- MSS-SP-66 Rangos de Presión y Temperatura para Válvulas de Acero Soldable.
- MSS-SP-67 Válvulas de Mariposa
- MSS-SP-70 Válvulas de Compuerta de Hierro Fundido con extremos bridados y roscados.
- MSS-SP-72 Válvulas de Bola para usos generales

2.2.5 RELACIONADOS A EMPAQUES Y TORNILLOS

- ANSI B1.1 Cuerdas y Roscas para tornillos y tuer_

cas.

ANSI B1.4 Cuerdas y Roscas para tornillos y tuer_
cas de alta resistencia.

ANSI B16.20 Empaques tipo Anillo y Ranurado en Bri-
das de acero.

ANSI B16.21 Empaques no Metálicos

ANSI B18.2 Tuercas y Tornillos con cabezas cuadra-
das y hexagonales.

CAPITULO III

PROCEDIMIENTOS Y METODOS DE SELECCION

PROCEDIMIENTOS Y METODOS DE SELECCION

Este capítulo está compuesto principalmente de conceptos relacionados con materiales y elementos de tubería como:

Descripción, características, propiedades, factores y tablas - todos ellos convenientemente preparados en procedimientos y métodos de selección.

3.1 LISTA DE FLUIDOS

El trabajo de elaborar una especificaciones se inicia a partir de la necesidad de determinar como? y con que? conducir varios fluidos en una planta industrial.

El primer paso a seguir en la elaboración de especificaciones de materiales para tubería es hacer una lista de todos los fluidos que han de ser manejados y sus respectivas condiciones de diseño.

El estudio de esta lista permitirá establecer una serie de ciertas categorías lógicas, dentro de las cuales pueden ser divididas las especificaciones en función de la presión y temperatura de diseño, y los ma-

teriales de construcción. Un gran cuidado y juicio - debe ser puesto en juego para la selección del número de tales categorías. Un número excesivo haría el diseño, la construcción y el mantenimiento difícil y - costoso, mientras que, por el contrario, un número ex - cesivamente corto produciría un gran costo inicial.

Una sola especificación diseñada para ser aplicable a todas las tuberías de una planta debe ser hecha para las condiciones más severas y en tal caso todas las - demás tuberías estarían sobre diseñadas.

Es conveniente por lo tanto, preparar una lista de - fluidos para ser usada en conjunción con los materia - a usar, con el fin de determinar las especificacio - nes. Estudiando cada material y los fluidos corres - pondientes es posible desarrollar un agrupamiento ló - gico de fluidos dentro de un número mínimo de especi - ficaciones.

Aunque todos los materiales tiene su importancia las bridas, válvulas y tubería son la clave en la divi - sión de especificaciones de materiales para tube - rías, siendo conveniente considerar las condiciones

más severas para las primeras.

3.2 CODIFICACION

Existen varias reglas para la codificación de las especificaciones de materiales para tubería, sin embargo cualquier codificación deberá indicar como mínimo la presión del servicio, el tipo de material y el número o letra consecutivo. El siguiente sistema indica como codificar una especificación.

Sistema para codificar especificaciones de tubería.

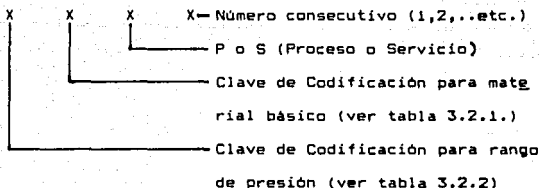


TABLA 3.2.1

CLAVE PARA CODIFICAR MATERIAL DE TUBERIA

CLAVE	MATERIAL
A	Acero al Carbon
B	Acero Inoxidable
C	Acero al Carbon Galvanizado
D	Hierro Maleable

E	Cobre y Bronce
F	Hierro Fundido
G	PVC
H	Fibra de Vidrio (FRP)
I	Acero de Aleación
J	Aluminio
K	Titanio
L	Polipropileno
M	Asbesto
N	Hasteloy
O	Monel
P	Zirconio
Q	Disponible
R	Disponible
S	Disponible
T	Disponible

TABLA 3.2.2

CLAVE PARA CODIFICAR RANGOS DE PRESION

CLAVE	RANGO PSIG.
A	125
B	150
C	250

D	300
E	400
F	600
G	900
H	1500
I	2500
J	75
K	100
L	175

3.3 SELECCION DE MATERIAL

Dada la extensa area dentro de la cual se tiene una amplia gama de materiales usados en Ingenieria, podemos conjuntarlos en dos grupos que son ; metales y no metales.

Dentro de los metales existen los metales ferrosos como; acero al carbon, acero de aleación, hierro fundido, etc. y los no ferrosos como; magnesio, cobre, níquel, etc.

Dentro de los no metales podemos agrupar a todos los plásticos y cerámicos.

La interpretación actual del término materiales de Ingeniería incluye la mayoría de los metales y los plásticos que son sólidos y que tienen resistencia razonable a la temperatura ambiente.

La mayoría de los metales y plásticos se les hace referencia como materiales de ingeniería. Las características de este grupo son las propiedades de relativa resistencia, tenacidad y durabilidad.

El vidrio, la cerámica, la madera, el concreto y los textiles aunque pueden competir con los metales en muchas aplicaciones, usualmente se les excluyen de esos materiales estructurales debido a una diferencia en la combinación de propiedades, una diferencia en los requisitos de proceso y una diferencia en el tipo de artículos producidos.

Como podemos ver acerca de materiales podríamos escribir varios volúmenes, pero este no es nuestro objetivo y nos enfocaremos principalmente a los más usuales en especificaciones de materiales para tubería como son; los metales ferrosos.

Ahora bien, en virtud de que las características de los fluidos son muy variables no se puede establecer una regla para la selección del material, pero si se puede establecer un procedimiento el cual se desarrolla en las siguientes etapas:

3.3.1 Descripción de los materiales más usuales

3.3.2 Efectos de los elementos de aleación en las propiedades finales de los materiales.

3.3.3 Tratamientos térmicos del acero.

3.3.4 Factores que determinan la selección de materiales.

3.3.5 Pasos necesarios en la selección de materiales

3.3.6 Tablas generales de selección rápida

3.3.7 Tablas de especificaciones ASTM más usuales

3.3.8 Materiales más usuales para cuerpos, bonetes e interiores de válvulas.

3.3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES MÁS USUALES

En una planta industrial, el material más usado para su construcción es el hierro, que aleado con carbono obtenemos el acero, de esto se tiene que; Una aleación es una combinación de dos o más elementos que poseen propiedades metálicas como; ductibilidad, dureza, resistencia a la corrosión, etc.

Las aleaciones pueden dividirse en dos clases, ferrosas y no ferrosas. Las primeras que tienen como base el hierro, son las más importantes para nuestro trabajo y en función de esto menciono algunas características muy generales del hierro, para no correr el riesgo de desviarnos del tema.

Una de las características importantes de todos los metales es su cristalinidad, esto es; que sus átomos están colocados en un orden definido que se repite en un arreglo tridimensional.

Algunos metales pueden cristalizar en diferentes formas según la temperatura a la que se encuentren, mientras que otros solo existen con un tipo de cristalización.

El hierro es uno de los metales que pueden cristalizar en diferentes formas como se muestra: de temperatura ambiente y hasta 905 grados centígrados tiene la forma cúbica centrada en el interior y se le designa hierro alfa (α); a esa temperatura la estructura de los cristales cambia a la de cúbica caras centradas - conocida como hierro gama (γ), la que se conserva - hasta 1400 grados centígrados, temperatura a la cual los cristales vuelven a cambiar a la estructura cúbica centrada en el interior o hierro delta (δ), forma que se conserva hasta el punto de fusión (1530 grados centígrados).

Sus otras denominaciones de estas fases sólidas son; hierro alfa (α) o ferrita, hierro gama (γ) o austenita y hierro delta (δ) o delta ferrita.

A continuación presento las características generales de los materiales más usuales en especificaciones para sistemas de tubería.

3.3.1.1 ACERO

Es una aleación a base de hierro puro y carbono prin-

principalmente y a veces otros elementos.

Por su contenido de carbono el acero se clasifica en:

Aceros Hipoeutectóides (Hasta 0.8% de carbono)

Aceros Hipereutectóides (De 0.8 a 2% de carbono).

Los aceros Hipoeutectóides (aceros bajos en carbono) son los más importantes del grupo, principalmente a causa de su alta ductibilidad, tanto en frío como en caliente, lo cual permite que sean procesados en formas con excelente resistencia y tenacidad. Todos los aceros estructurales y para carrocerías de automóviles están dentro de este grupo. La mayoría de las fundiciones en acero también están dentro de esta gama de composiciones.

Los aceros hipereutectóides (acero con alto contenido de carbono) poseen mayor cantidad de la fase de carburo dura y son útiles cuando se requiere mayor resistencia, dureza y resistencia al desgaste.

El acero deberá diferenciarse de las dos clases generales del hierro como son el hierro fundido (alto con

tenido de carburo de 2 a 5%) y los hierros relativamente puros como el hierro dulce o de lingote y el hierro electrolítico (bajo contenido de carbono).

En algunos aceros con contenido extremadamente bajo de carbón, el manganeso es el factor que determina su diferencia. Un acero contiene por lo menos 0.25% de MN, mientras que un hierro dulce contiene considerablemente menos.

En general el acero contiene menos del 2% de carbono y con un porcentaje de otros elementos menor de:

	<u>%</u>
Manganeso	1.65
Fósforo	0.12
Azufre	0.10
Fósforo + Azufre	0.20
Silicio	0.60
Manganeso + Silicio	2.00
Cobre	0.40
Níquel	0.20
Cromo	0.20
Molibdeno	0.05
Vanadio	0.05

Tungsteno	0.20
Cobalto	0.30
Plomo	0.10
Otros elementos considerados separadamente.	0.10 máx

3.3.1.2 FUNDICIONES DE ACERO (STEEL CASTINGS)

Para obtener mayores ventajas de los materiales en su forma final, se emplea el proceso de fundición, el cual consiste en vaciar el material fusionado con la composición especificada en un molde con las características físicas determinadas, esto con la ventaja de que la fundición no sufrirá procesos mecánicos posteriores.

El acero también se puede obtener en forma de fundición, obteniéndose la ventaja de resistencia a la corrosión ocasionada por soluciones acuosas a temperatura ambiente, de gases calientes y líquidos a temperatura de ebullición arriba de 1200 grados fahrenheit.

Algunos de estos materiales definidos por el ASTM son: A-27, A-148 y para bajas aleaciones A-216, A-217

A-356, etc.

Estos aceros son usados en; Hornos para la industria petroquímica, cambiadores de calor, turbinas de gas, etc.

Las fundiciones de acero tienen mayor resistencia al desgaste que los aceros forjados de similar composición.

3.3.1.3 FUNDICIONES DE HIERRO (CAST IRON)

El término general hierro fundido incluye al hierro gris (Gray Iron), fundición blanca (White Iron) y hierro maleable (Malleable and Nodular Iron).

A) Hierro Gris y Fundición Gris

Son aleaciones de hierro, carbón y silicio, las cuales contienen un exceso de carbón (1.7 a 4.5% C y 3% Si) y que tienen la designación ASTM A-48, el cual define los diferentes tipos de acuerdo con el esfuerzo a la tensión.

Algunas otras designaciones ASTM además del A-48 -

son:

- A-74 (Tubería)
- A-126 (Válvulas, Bridas y Accesorios)
- A-142 (Tubo de Alcantarillado) etc.

La resistencia a la corrosión de estas aleaciones se mejora por la adición de níquel, cromo y cobre en combinación con un exceso de silicio mayor del 3%.

B) Hierro Maleable

Son aleaciones de carbón, silicio, manganeso, azufre y fósforo (2.0 a 2.65% C, 0.9 a 1.65% Si, 0.25 al 1.25% MN, 0.05 a 0.18% S y 0.18% P máx.)

Las fundiciones de hierro maleable son seleccionadas porque estos materiales tienen excelente ductilidad, otras ventajas son: dureza, resistencia al impacto y maleabilidad.

La clasificación ASTM para esta fundición es el A-47 con sus diferentes grados, algunas de sus aplicaciones son en parte automotrices como suspen

siones, etc., y también en equipo para agricultura y ferroviario.

La resistencia a la corrosión de estas fundiciones se incrementa por la adición de cobre (generalmente el 1%).

C) Hierro Fundido Nodular (Nodular Cast Iron)

Su composición es similar a la del hierro gris, y tiene aproximadamente 3.2 a 4.1% C, 1.8 a 2.8% Si, arriba del 0.8% Mn, 0.10% P máx. y 0.03% S máx.

Algunas aplicaciones para el hierro nodular son - donde la resistencia al desgaste es importante, - tiene mucha resistencia a la oxidación a temperaturas elevadas (esta resistencia se incrementa al aumentar el contenido de silicio) y tiene mayor resistencia a la oxidación que el hierro gris, el acero y el hierro maleable.

Algunas de las designaciones ASTM para este material son: A-339-55, A-336-58, A-395-56T etc., y son usados en carcazas de bombas, válvulas, ventiladores etc., su resistencia al choque térmico es

importante.

Un alto porcentaje de silicio en los hierros fundidos, (arriba del 3%) promueve la formación de una película superficial protectora la cual reduce la oxidación de superficies expuestas a ácidos.

3.3.1.4 ACEROS ALEADOS O ESPECIALES

Son aceros que contienen cantidades significativas de elementos de aleación (diferentes al carbón) los cuales al adicionarse cambian las propiedades físicas y mecánicas del metal, estos elementos son: el fósforo, molibdeno, manganeso, silicio, cobre, cromo y níquel, generalmente estos aceros sufren menor ataque por corrosión que el observado en los aceros al carbón; sin embargo esto depende del tipo y composición seleccionada. Los porcentajes de los elementos de aleación - en estos aceros serán mayores a los contenidos en los aceros al carbón, además de contener otros elementos que se agregan para modificar sus propiedades y/o mejoras.

A los aceros aleados o especiales se les suele llamar

aceros al manganeso, al silicio al níquel, etc.

A continuación enlisto la clasificación más usual en tuberías y sus respectivos elementos de aleación.

TIPO DE ACERO	PRINCIPALES ELEMENTOS DE ALEACION
SS-302	18% Cr, 8% Ni
SS-304	19% Cr, 9% Ni
SS-304L	19% Cr, 10% Ni
SS-309	23% Cr, 13% Ni
SS-310	25% Cr, 20% Ni
SS-316	18% Cr, 11% Ni
SS-316L	17% Cr, 12% Ni
SS-410	12.5% Cr,
SS-414	12.5% Cr, 2.5% Ni
CARPENTER 20	20% Cr, 29% Ni
HASTELLOY B	67% Ni, 28% Mo, 5% Fe
HASTELLOY C	59% Ni, 16% Mo, 16% Cr, 5% Fe, 4% W.
INCOLOY 800	31.9% (Ni + Co), 20.6% Cr, 46%Fe
INCONEL 600	76.4% (Ni + Co), 15.8% Cr, 7.2%Fe
MONEL	66.1% (Ni + Co), 31.3% Cu, 1.3% Fe.
RED BRASS	85% Cu, 15% Zn.

NAVAL BRASS	60% Cu, 39.2% Zn, 0.8% Sn.
ADMIRALTY	71% Cu, 28% Zn, 1% Sn.
MUNTZ	60% Cu, 40% Zn.

3.3.1.5 ACEROS INOXIDABLES

Son aleaciones a base de hierro en donde el contenido de cromo es de 12 a 30%. Cuando el contenido de cromo es mayor del 30%, estos se usan principalmente para servicios a altas temperaturas.

Los aceros inoxidable se clasifican en cuatro categorías de acuerdo con sus características microestructurales.

A) FERRITICOS

Son aceros al cromo con cerca del 4.5% de níquel son suaves y fácilmente maquinables.

B) MARTENSITICOS

Son aceros al cromo en varios grados, con un porcentaje de cromo hasta del 27% y de carbón hasta del 1.25% tienen alta resistencia a la corrosión, pero no son recomendables para la industria de -

alimentos.

C) AUSTENITICOS

Tienen 20% de cromo y 7% de níquel, son superiores en sus propiedades físicas a bajas temperaturas.

D) DE ENDURECIMIENTO POR PRECIPITACION

Son fabricados por medio de un sistema controlado de apagado con un rociador uniforme de agua presurizada, distribuida uniformemente. Esto proporciona una dureza uniforme que incrementa el esfuerzo a la tensión.

Los aceros inoxidable se clasifican de acuerdo a las designaciones AISI en diferentes series las cuales son:

Serie 200

Son aleaciones austeníticas en la cual la posición del níquel ha sidoemplazada por el manganeso y nitrógeno.

Serie 400

Son aquellos que no contienen níquel, o que contienen más de 2.5%, algunos de la serie 400 pueden ser endurecidos por medio de templado y son aquellos de nombrados como martensíticos, aquellas aleaciones que no corresponden a este tratamiento térmico se clasifican como ferríticos.

Serie 500

Comprende aleaciones que contienen de 4 a 6% Cr.

El término martensítico a veces puede ser mal aplicado a los aceros inoxidable templados o recocidos.

La propiedad de endurecerse no está limitada a los aceros martensíticos, puesto que el endurecimiento por trabajo y precipitación ocurre en los tipos austeníticos y ferrítico.

Estos aceros se fabrican en forma de placas, barras, alambres, tubos, etc.

Algunas de las designaciones para estos aceros son:

Austeníticos: A-201, 304, 304L, 316, 316L, 347 etc.

Martensíticos: 410, 414, 416, 440A, 501, etc.

Ferríticos: 405, 430, 430F.

El primer dígito representa la serie principal y los dígitos siguientes identifican al acero, una letra indica una modificación.

La resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables ferríticos y martensíticos se debe a la presencia de cromo.

Adiciones de 3 al 12% de cromo en los aceros, aumentan progresivamente la resistencia a oxidarse, sin embargo únicamente aquellos aceros que contienen cerca del 12% de Cr. o más tienen cierta pasividad y aún así en algunos de ellos se pueden formar una película oxidada en atmósferas severas, marinas o industriales.

La presencia de níquel en los aceros con alto contenido de cromo mejora la resistencia en medios no oxidados. El níquel incrementa la tendencia de los aceros para convertirse en pasivos en condiciones extre-

madamente oxidantes.

El manganeso tiene un efecto benéfico para el trabajo en caliente de estos aceros sin reducir su resistencia a la corrosión, este también es usado como un -- sustituto del níquel en algunos aceros austeníticos (serie 200) que son usados en ambientes corrosivos.

La presencia del molibdeno en los aceros cromo-níquel (como el tipo 316) mejora notablemente su resistencia a los ácidos sulfúrico, sulfuroso, orgánicos y a las sales halógenas así como a la picadura en agua de -- mar.

3.3.1.6 COBRE Y SUS ALEACIONES

El uso del cobre lo determinan sus características y propiedades como son: conductividad eléctrica, conductividad térmica, resistencia a la corrosión, maquinabilidad, maleabilidad, etc., además de que puede ser soldado. Cuando se desea aumentar cualquiera de -- estas propiedades básicas, principalmente la resistencia sin sacrificar las demás, las aleaciones de este material solucionan el problema.

Sus aleaciones son: los latones, latones al plomo, bronces, aleaciones cobre-niquel, bronces especiales.

A veces el término "latón" y "bronce" se utiliza indistintamente, sin embargo la "American Society for Metals" (ASM) los define como:

Latón (Brass)

Es una aleación que consiste principalmente de cobre (mayor de 50%) y zinc a la cual pueden adicionarse pequeñas cantidades de otros elementos de aleación.

Bronce (Bronze)

Es una aleación rica en cobre y estaño con o sin pequeñas cantidades de otros elementos tales como el zinc y el fósforo, sin embargo algunas aleaciones que no contienen estaño también suelen llamarse bronces, por ejemplo: el bronce-aluminio, el bronce comercial, etc.

Algunos ejemplos son:

A) Cobres

Electrolítico	99.9% Cu	0.04 O
Fosforizado (alto residuo de fósforo)	99.9% Cu	0.02 P
Fosforizado (bajo contenido de fósforo)	99.9% Cu	0.005 P

B) Latones Simples

Latón comercial 90%	90% Cu	10% Zn
Bronce (latón) rojo 85%	85% Cu	15% Zn
Bronce (latón) amarillo 65%	65% Cu	35% Zn
Metal Muntz	60% Cu	40% Zn

C) Bronces de Corte Libre

Bronce comercial-plomo	89% Cu	9.25% Zn 1.75 Pb.
Latón-plomo (tubo) B135-4	66% Cu,	32.4% Zn 1.6% Pb.
Latón-plomo (tubo) B135-3	66% Cu,	33.5% Zn 0.5% Pb.

D) Bronces Miscelaneos

Admiralty	71% Cu,	28.0% Zn 1.0% Sn.
Bronce Naval	60% Cu,	39.25% Zn 0.75% Sn.
Bronce-Aluminio 7%	91% Cu,	7.0% Al 2.0% Fe

Bronce-Aluminio-Silicon	91% Cu, 7.0% Al 2.0% Si.
-------------------------	-----------------------------

E) Aleaciones que contienen Niquel

Cupro-Niquel 10%	85.5% Cu, 10% Ni 1.5% Fe.
Cupro-Niquel 30%	69.5% Cu, 30% Ni 0.5% Fe.

La mayoría de las aleaciones que contienen estaño, - plomo o zinc, tienen moderado esfuerzo a la tensión, - de baja a media dureza y alta elongación, cuando se - requiera elevados esfuerzos, las aleaciones con alu- minio, manganeso o silicón pueden emplearse. El esta ño puede adicionarse a los bronce con manganeso para inhibir la de-zincificación pero deberá ser menor del 0.1% en los de alto esfuerzo; estos bronce son utili zados en propelas de barcos, accesorios, etc.

3.3.1.7 NIQUEL Y SUS ALEACIONES

Se utiliza principalmente en la fabricación del acero inoxidable incrementando en estos su soldabilidad, re sistencia a la oxidación, esfuerzo a elevadas tempera turas y tenacidad a bajas temperaturas.

Las aleaciones que contienen más del 16% de niquel se

emplean para altas temperaturas y son muy resistentes a la corrosión, algunos metales como el cobalto y molibdeno a veces se emplean en estas aleaciones.

El níquel en cantidades mayores del 9% es un componente importante en las aleaciones de acero y es frecuentemente usado con otros elementos de aleación tal -- como el cromo y molibdeno.

Una de las propiedades del níquel es su marcada habilidad para bajar la temperatura a la cual el acero se hace quebradizo.

Algunas de las aleaciones con níquel son:

Monel 67% Ni, 30% Cu

Inconel 76% Ni, 16% Cr, 8% Fe

Hastelloy Alloy C 54% Ni, 17% Mo, 15% Cr, 5% Fe, --
4% W.

3.3.2 EFECTOS DE LOS ELEMENTOS DE ALEACION EN LAS PROPIEDADES FINALES DE LOS MATERIALES.

Los elementos carbón, manganeso, fósforo, azufre, silicio, cobre, cromo y níquel, imparten propiedades particulares al acero, ellos influyen tanto en el método de fabricación como en las propiedades finales.

3.3.2.1. CARBON

La calidad de la superficie en los aceros se deteriora a medida que se incrementa el contenido de carbón, la dureza del acero es impartida principalmente por el carbón a mayor contenido de éste, mayor dureza. La resistencia a la tensión también crece hasta que el contenido de carbón alcanza 0.85% aprox. la ductibilidad y soldabilidad decrecen cuando el contenido de carbón aumenta.

Aceros con contenido de carbón mayor de 0.37% no se consideran soldables a menos que se precalienten.

En los aceros inoxidable la corrosión intergranular puede presentarse cuando el contenido de carbono es mayor de 0.28% . Si se desea tener superficies duras en los aceros inoxidable, para servicios corrosivos,

puede lograrse con mayor adición de níquel o cromo.

3.3.2.2 MANGANESO

Su tendencia a segregarse es menor que la del carbón, y además produce una acción benéfica para la calidad de la superficie en todos los rangos del carbono y particularmente en los aceros con alto contenido de azufre.

El manganeso contribuye a la resistencia y dureza del acero, el incremento de estas propiedades, es función inversa del contenido de carbón, o sea este incremento disminuye conforme aumenta el contenido de carbón.

La ductibilidad y la soldabilidad de un acero disminuye a medida que el contenido de manganeso aumenta.

3.3.2.3 FOSFORO

Generalmente al incrementar el contenido de fósforo se aumenta la resistencia y la dureza del acero, pero decrece la ductibilidad, esto es particularmente cierto en los aceros de alto carbono que son templados.

La presencia de fósforo mejora la resistencia a la co-

rosión atmosférica.

El porcentaje máximo aceptable en la mayoría de los aceros es de 0.04% a excepción de los aceros reforzados en los cuales se puede aceptar límites máximos de 0.12%.

3.3.2.4 AZUFRE

El azufre actúa disminuyendo la calidad de la superficie, en particular en los aceros de bajo carbono y bajo manganeso. En general, un aumento del contenido de azufre tiene como consecuencia una disminución de la ductibilidad, soldabilidad y tenacidad, pero mejora notablemente la maquinabilidad que es la única razón para especificar contenidos de azufre en los aceros.

3.3.2.5 SILICIO

El silicio es uno de los principales desoxidantes empleados en la refinación del acero, el porcentaje de este en el análisis final está relacionado con el tipo de acero, su acción es menos efectiva que la del manganeso en lo que se refiere al incremento de la

resistencia y dureza.

Su incremento disminuye la calidad de la superficie de los aceros de bajo contenido de carbono.

3.3.2.6 COBRE

El cobre perjudica la calidad de la superficie en apreciables cantidades, también perjudica el trabajo en caliente del acero. Las pequeñas cantidades de cobre presentes en los aceros al carbón no afectan de manera significativa sus propiedades mecánicas, sin embargo mejora la resistencia a la corrosión atmosférica cuando está presente en proporciones mayores.

3.3.2.7 CROMO

Después del silicio y el manganeso, el cromo es el metal más utilizado en los aceros aleados.

Este elemento aumenta la resistencia a la corrosión.

El cromo es un energético formador de carburo y en los aceros al alto carbono aumenta la resistencia a la abrasión y por lo tanto al desgaste.

Las principales aplicaciones del cromo son en los aceros inoxidables, que son aceros resistentes a la abrasión, a las altas temperaturas y a la corrosión, se emplea comunmente combinado con níquel y molibdeno.

El acero inoxidable 18-8 (18% Cr, 8% Ni) tiene un contenido de carbón inferior a 0.15% con objeto de evitar la corrosión intergranular, sin embargo, no se permite un contenido de carbón superior a 0.05% si se va a trabajar a temperaturas entre 650 y 850 grados centígrados.

3.3.2.8 NIQUEL

Este elemento no forma carburos y cuando se agrega hasta 5% a algunos aceros, aumenta la resistencia y la dureza sin reducir la ductibilidad.

Es usual agregar pequeñas cantidades de cromo y molibdeno en los aceros al níquel para mejorar sus propiedades físicas. Algunos aceros que contienen níquel son los de grado maquinaria, inoxidable, resistentes a altas temperaturas y a la corrosión, así como los aceros que deben trabajar a bajas temperaturas.

3.3.3 TRATAMIENTOS TERMICOS DEL ACERO

En sentido general un tratamiento térmico puede definirse como una operación o combinación de operaciones que comprenden el calentamiento y enfriamiento de un metal o aleación en el estado sólido, con el objeto de obtener ciertas condiciones o propiedades deseables.

La utilidad del acero se debe en gran parte a la relativa facilidad con que sus propiedades pueden alterarse controlando adecuadamente la manera en que se calienta y enfría; los cambios que se presentan en las propiedades del acero están relacionados directamente con cambios en su estructura final.

Aunque los aceros empleados en la industria no son aleaciones hierro-carbono puras, el diagrama de equilibrio de esas aleaciones puras sirve admirablemente en el estudio del tratamiento térmico del acero y de los cambios estructurales que ocasionan.

Debe recordarse que la presencia de otros elementos altera el diagrama, pero los cambios son muy reducidos cuando se encuentran en pequeñas cantidades; de

cualquier manera, los principios básicos obtenidos - del estudio del diagrama de las aleaciones puras pueden aplicarse a las aleaciones comerciales.

A continuación describo las características generales de estos tratamientos térmicos.

3.3.3.1 ENDURECIMIENTO POR TEMPLADO

El término "endurecimiento", cuando se emplea en tratamientos térmicos del acero, se refiere al proceso - de enfriamiento utilizado para aumentar su dureza.

El acero se temple en algún medio, líquido o gas, a través del cual se le extrae el calor a la velocidad deseada.

3.3.3.2 REVENIDO

Este proceso consiste en calentar a cualquier temperatura debajo de la crítica inferior un acero previamente endurecido y enfriarlo después a la velocidad deseada. El objeto del revenido es reducir la dureza y eliminar los esfuerzos residuales de un acero templado para obtener una ductibilidad mayor que la asocia-

da con la gran dureza de este.

3.3.3.3 NORMALIZACION

La normalización de un acero consiste en calentarlo a una temperatura unos 50 grados centígrados arriba de la crítica superior y en enfriarlo a continuación en aire, es decir, sacándolo del horno de calentamiento y exponiéndolo a la acción enfriadora del aire en un local. La temperatura máxima, su duración y el enfriamiento tienen gran importancia en el resultado final.

3.3.3.4 RECOCIDO

En general, el término recocido se emplea para designar cualquier operación de calentamiento y enfriamiento cuyo objeto sea ablandar el acero.

3.3.3.5 RECOCIDO DEL ACERO TRABAJADO EN FRIO

Los aceros trabajados en frío pueden recuperar su estructura y su ductibilidad originales con un simple calentamiento dentro de los límites.

3.3.3.6 TRATAMIENTO PARA ELIMINAR ESFUERZOS RESIDUALES

Las piezas forjadas y coladas y las estructuras soldadas pueden retener esfuerzos residuales elevados, debido al enfriamiento desigual y a los efectos de contracción, los que pueden ocasionar serias deformaciones e incluso roturas. Estos esfuerzos residuales se eliminan mediante un recocido, pero si éste no es necesario puede lograrse el mismo resultado por medio de un calentamiento a temperatura mucho más baja.

3.3.4 FACTORES QUE DETERMINAN LA SELECCION DE MATERIALÉS

Al especificar un material generalmente se piensa en las siguientes características:

- A) Resistencia mecánica
- B) Tenacidad
- C) Dureza
- D) Resistencia a la corrosión
- E) Conductividad térmica
- F) Factibilidad de formado
- G) Peso relativo
- H) Costo etc.

Sin embargo deberán de tomarse en cuenta otros factores como son:

3.3.4.1. CONDICIONES Y RESTRICCIONES PROPIAS DEL PROCESO

- A) Temperatura
- B) Presión
- C) Fluido (concentración, ácidos, alcalis, etc.)
- D) Contaminación permisible
- E) Corrosión

3.3.4.2 COSTO

- A) Costo del material
- B) Costo de instalacion
- C) Costo de operacion y mantenimiento

3.3.4.3 CALIDAD

- A) Seleccionar la cantidad adecuada según los códigos estándares ASTM, SME, AISI, etc. (composiciones, - pruebas, propiedades).

3.3.4.4 DISPONIBILIDAD

- A) Tipos de materiales disponibles en el mercado.

3.3.4.5 EXPERIENCIA

Basada en:

- A) Información sobre el material especificado o seleccionado en situaciones idénticas y comportamiento observado.
- B) Experiencias en plantas piloto o en plantas industriales.
- C) Pruebas de corrosión en laboratorio

D) Literatura disponible.

3.3.5 PASOS NECESARIOS EN LA SELECCION DE MATERIALES

3.3.5.1 CONDICIONES DE SERVICIO (OPERACION)

Generalmente esta información la proporciona el Ingeniero Químico como base para iniciar nuestro trabajo de selección de material. Esto dependiendo de su alcance, si no es así, entonces se debe proceder a obtener las condiciones de servicio.

Se debe tratar que estas condiciones sean lo más - precisas posibles. Tomar en cuenta contingencias - tales como: paros, arranques, probables condiciones de trastornos y operaciones de limpieza.

Las condiciones extremas frecuentemente crean variaciones en el flujo, presión y/o temperatura y pueden causar fallas en los materiales.

3.3.5.2 CONDICIONES MAXIMAS

Las condiciones máximas de temperatura y presión en las especificaciones de tuberías deberán seleccionarse usando temperaturas y presiones de diseño de acuerdo a los siguientes criterios:

A) Temperatura de Diseño

Será la temperatura máxima esperada durante las condiciones de operación y esta será 25 grados centígrados más que la temperatura de operación.

B) Presión de Diseño

Será por lo menos el 10% mayor pero no menos de 15 Psig. y no más de 50 Psig. arriba de la presión de operación.

3.3.5.3 RESTRICCIONES

Confirmar si no existe restricción de uso de ciertos materiales en el proceso, debido a reglamentaciones gubernamentales locales, requerimientos de seguridad, códigos o por tipo de proceso como ocurre en la industria de alimentos.

3.3.5.4 ORDEN DE SELECCION

Tomando en cuenta los puntos anteriores, seleccionar tipos de materiales recomendables para el manejo del fluido en el siguiente orden:

A) Resistencia a la Corrosión

La corrosión se mide como desgaste en milésimas de pulgada por año.

Confirmar que el material no sufra otra manifestación de corrosión como picaduras, grietas, etc.

B) Resistencia a Temperatura de Operación

Confirmar que no hay restricción de uso del material elegido por temperatura.

C) Resistencia a Esfuerzos Mecánicos

Si el material va a estar sujeto a presión o vacío, confirmar que el material es adecuado para resistir estos esfuerzos.

3.3.5.5 EVALUACION TECNICO-ECONOMICA

Si al aplicar los criterios del punto anterior se tiene como resultado varias alternativas que cumplan técnicamente con el propósito, corresponde tabular comparativamente sus ventajas y desventajas - técnico-económicas, tomando en cuenta:

A) Costo de inversión inicial (incluyendo costo de instalación).

B) Costo de mantenimiento

C) Ventajas y desventajas particulares del material

D) Disponibilidad en el mercado nacional

E) Tiempo de entrega

3.3.6 TABLAS GENERALES DE SELECCION RAPIDA

Dentro de los materiales más usuales en las especificaciones para tubería están:

Acero al Carbón, Acero de Aleación , Acero Inoxida_ ble, Hierro Fundido, etc. y analizando los factores que determinan la selección de materiales observa_ mos que se puede usar como guía para la elaboración de especificaciones de tubería la siguiente informa_ ción tabulada que es:

Resistencia a la corrosión de los materiales contra los fluidos a transportar, basada en la experiencia de los fabricantes y con las cuales se puede obte_ ner una selección rápida, ya que nos da los siguie_ tes criterios para un material.

A = Excelente
B = Bueno
C = Regular
D = Pobre

Otro factor determinante es la temperatura, en este aspecto se pueden seguir las siguientes aplicacio_ nes tentativas de los materiales, pero sin dejar de tomar en cuenta las características de los fluidos.

- A) Para temperaturas de - 50 a 775 Grados F.
Se puede usar acero al carbón.
- B) Para temperaturas de 750 a 875 Grados F.
Se puede usar acero de aleación.
- C) Para temperaturas de 750 a 1050 Grados F.
Se puede usar acero de aleación de 1.25 %
cromo - 0.5% molibdeno.
- D) Para temperaturas de 1050 a 1200 Grados F.
Se puede usar acero de aleación de 2.25% cromo-
0.5% molibdeno.
- E) Para temperaturas de 900 a 1200 Grados F.
Y con servicios de corrosión moderados, se puede
usar acero de aleación de 5% cromo -0.5% molibde
no.
- F) Para temperaturas hasta 1500 Grados F.
Y con servicios de corrosión se debe usar acero
inoxidable.

FLUIDO	BRUCE	ACEITE AL CARBON	FO. NO.	ALUMINIO	MOSEL	101 INDI. 304	AC. INDI. 315	CARPENTER 20	MASTELLOY B	MASTELLOY C	PROPILENO TITILENO	NUMA-M	TEFLON	VITON	PREMIUM	NON-LEAK	LEAK
ACEITE DE ALCOHOL	A	C	C	A	A	B	B	B	A	A	B	A	A	A	C	B	A
ACEITE DE ALQUITRAN	A	B	B	A	C	A	A	B	A	A	B	A	A	A	B	C	A
ACEITE ANIMAL	A	A	B	B	B	A	A	B	A	A	B	A	A	A	B	B	A
ACEITE DE APAGADO	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	C	B	A
ACEITE DE COCO	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	C	B	A
ACEITE COMESTIBLE	B	B	B	B	B	A	A	B	A	A	A	A	A	A	C	B	A
ACEITE DE CREOSOTA	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	C	D	A	A	C	B	A
ACEITE DE LINAZA	B	B	A	A	A	B	B	B	B	B	B	D	A	A	B	B	A
ACEITE LUBRICANTE	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	A	B	A	A
ACEITE DE MANTECA	A	C	C	C	B	B	B	B	B	B	D	A	A	A	B	A	A
ACEITE MINERAL	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	D	A	A	A	B	B	A
ACEITE DE OLIVA	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	B	B	A
ACEITE DE PALMA	B	C	C	C	B	A	A	A	A	A	B	B	A	A	B	B	A
ACEITE DE PESCADO	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	B	A	A	B	B	A
ACEITE DE PINDO	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	D	B	A	A	B	D	A
ACEITE DE RECINO	A	B	B	A	B	A	A	A	A	A	D	A	A	A	B	A	A
ACEITE DE SECADO	C	C	B	C	B	B	B	B	B	B	D	A	A	A	B	A	A
ACEITE DE SILICON	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A
ACEITE DE SOYA	A	C	C	C	B	B	B	B	B	B	C	B	A	A	A	B	A
ACEITE TERMICO	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	D	A	A	A	D	B	A
ACEITE VEGETAL	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	D	D	A	A	B	C	A
ACETALDEHIDO	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	B	D	A	C	D	C	A
ACETATO ANILICO	C	C	C	C	B	A	B	B	B	B	C	D	A	D	D	D	A
ACETATO BUTILICO	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A	C	D	A	D	D	D	A
ACETATO DE CALCIO	A	B	C	D	B	A	A	A	A	A	A	D	A	B	B	C	B
ACETATO DE COBRE	D	D	D	D	D	B	A	B	A	B	A	D	A	A	D	D	A
ACETATO DE ESTILO	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A	B	D	A	A	D	D	A
ACETATO DE NITRO	A	B	B	A	B	A	A	A	A	A	B	D	A	D	D	D	A
ACETATO DE PLOMO	A	D	D	B	B	A	A	A	A	A	B	D	A	A	D	D	A
ACETILENO	D	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A
ACETONA	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	D	A	A	D	D	A
AC. ACETICO (LIBRE DE AIRE)	C	D	D	B	B	B	B	B	B	B	D	D	A	D	D	D	A
AC. ACETICO (CRUDO)	D	D	D	B	C	B	B	B	B	B	D	D	A	D	D	D	A
AC. ACETICO (10%)	C	C	C	B	C	B	A	B	B	A	B	D	A	D	D	D	A
AC. ACETICO (80%)	D	D	D	B	C	B	A	B	B	A	C	D	A	D	D	D	A
AC. ACETICO (PURO)	C	D	D	D	B	C	A	B	B	A	A	D	A	D	D	C	A
AC. ARSENICO	D	D	D	D	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	D	A
AC. BROMICO	B	D	D	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	D	A
AC. BORNICO	B	D	D	B	C	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	D	A
AC. BUTIRICO	C	D	D	B	B	C	A	A	A	A	B	B	A	C	D	A	A

A = EXCELENTE B = BUENO C = REGULAR D = POBRE

3.3.6. TABLA

FLUIDO	BACON	ACERO AL CARBON	FG. TO.	ALUMINIO	MONEL	AC. INOX. 304	AC. INOX. 316	COPPERNICK 20	HASTELLOY B	HASTELLOY C	PROPILENO ETILENO	BUNA-N	NORJIL	NATIL	MICOPORON	MIPALON	NYCA
AC. CARBONICO	D	D	D	A	C	D	A	A	A	B	B	A	A	A	B	A	A
AC. CLORACETICO	C	D	D	A	C	D	D	A	A	B	C	D	A	A	C	C	A
AC. CLOROSULFONICO ANHIDRO	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	D	D	A	C	C	D	B
AC. CLOROSULFONICO HIDRATADO	D	D	D	D	D	D	D	B	A	A	D	D	C	C	C	D	D
AC. FLORHIDRICO (LIBRE DE AIAZ)	D	D	D	D	D	D	D	B	A	A	C	A	B	D	D	D	D
AC. CITRICO	D	D	D	D	D	D	D	B	A	A	B	D	D	D	D	D	D
AC. CROMICO	D	D	D	D	D	D	D	B	A	A	B	D	D	D	D	D	D
AC. ESTEARICO	C	C	C	A	C	A	A	B	A	B	D	D	A	C	C	C	A
AC. FORMICO (CALIENTE)	C	D	D	D	C	C	B	A	D	A	B	A	A	A	A	A	B
AC. FORMICO (FRIO)	A	B	D	D	D	D	D	A	C	C	C	C	A	A	A	A	B
AC. FLORHIDRICO	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	B	B	A	A	A	A	B
AC. FOSFORICO (10% FRIO)	D	D	D	D	D	D	D	B	A	A	B	B	A	A	A	A	B
AC. FOSFORICO (10% CALIENTE)	D	D	D	D	D	D	C	B	D	A	B	B	B	B	B	B	A
AC. FOSFORICO (50% FRIO)	D	D	D	D	D	D	D	B	B	A	A	B	B	A	A	A	B
AC. FOSFORICO (50% CALIENTE)	D	D	D	D	D	D	D	D	A	B	B	B	A	A	A	B	B
AC. FOSFORICO (85% FRIO)	D	B	C	D	D	A	A	A	A	A	B	C	B	A	A	B	B
AC. FOSFORICO (85% CALIENTE)	D	C	C	D	D	A	A	A	B	A	B	A	A	A	B	B	C
AC. GRASO	B	D	D	D	B	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
AC. LACTICO	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	C
AC. MALEICO	B	B	B	B	C	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B
AC. NALICO	B	D	D	C	C	C	D	B	A	A	C	A	A	A	A	A	B
AC. NITRATICO	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	B
AC. NITRICO (10%)	D	D	D	D	D	D	A	A	C	C	C	C	D	A	A	A	B
AC. NITRICO (30%)	D	D	D	D	D	A	B	B	D	D	D	D	A	A	A	A	B
AC. NITRICO (80%)	D	D	D	D	D	B	B	B	D	D	D	D	A	A	A	A	D
AC. NITRICO (100%)	D	C	C	B	D	B	B	B	D	D	D	D	A	A	A	A	B
AC. NITRICO (ANHIDRO)	D	C	C	B	D	A	B	B	D	C	C	C	D	A	A	A	B
AC. NITROSO	D	D	D	D	D	B	B	B	C	A	A	D	C	A	A	A	B
AC. OLEICO	D	C	C	D	C	B	B	B	A	A	A	B	D	A	A	A	B
AC. OXALICO	B	D	D	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B
AC. PIGRICO	B	D	D	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B
AC. PINGUICICO	D	D	D	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B
AC. SALICILICO	C	D	D	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
AC. SULFONICO	C	B	C	A	C	B	B	A	A	A	A	C	C	A	A	A	B
AC. SULFONICO (7%)	D	D	D	C	B	D	C	B	D	A	A	B	B	C	C	C	B
AC. SULFONICO (20%)	C	D	D	B	B	D	D	B	A	A	B	B	C	A	A	A	B
AC. SULFONICO (50%)	D	D	D	D	D	D	D	D	B	A	B	D	C	A	A	A	B
AC. SULFONICO (100%)	C	B	B	D	D	C	C	B	B	A	A	C	D	C	A	A	B
AC. SULFONOSO	D	D	D	C	D	C	B	B	D	A	A	C	A	A	A	A	B
AC. TAMBICO	B	C	B	C	B	B	B	B	A	A	B	A	A	A	A	A	A

A= EXCELENTE B= BUENO C= REGULAR D= POBRE

3.3.6. TABLA

FLUIDO	STONES	ACEO AL CARBON	FO. FO.	ALUMINIO	MO-EL	AC. INOX. 304	AC. INOX. 316	CARPENTER 20	MASTELLOY B	MASTELLOY C	PROPILENOETILENO	UNA-M	TEFLON	VITON	METALON	MIPALON	ALOD
AC. TARTARICO	A	D	D	B	B	A	A	B	A	A	B	C	A	A	B	A	A
ACRILATO DE ETILO	B	D	C	C	B	A	A	A	A	A	D	D	A	D	D	D	A
ACRIDONITRILLO	A	C	C	C	B	A	A	A	A	A	B	D	D	D	D	D	A
AGUA BLANCA	A	D	C	C	B	A	A	A	A	A	B	D	D	D	D	D	A
AGUA CARBONATADA	B	D	C	C	A	A	A	A	A	A	B	D	D	D	D	D	A
AGUA DESTILADA	C	D	D	D	A	A	A	A	A	A	B	D	D	D	D	D	A
AGUA FRESCA	A	C	C	D	C	A	A	A	A	A	B	D	D	D	D	D	A
AGUA DE MAR	C	D	D	D	C	B	B	B	A	B	B	D	D	D	D	D	A
AGUA SALADA	B	D	D	D	B	A	D	B	A	A	B	D	D	D	D	D	A
AIRE	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
ALCOHOLES	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
ALCOHOL ANILICO	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
ALCOHOL BUTILICO	B	B	B	C	B	B	B	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A
ALCOHOL ETILICO	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A
ALCOHOL METILICO	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A
ALCOHOL PROPILICO	A	B	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
ALMIDON	B	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	D	D
ANILINAS	A	B	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	D	D
ANIONICO ACUOSO	D	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	B	B	A	D	C	C
ANIONICO ANHIDRO	D	A	A	B	C	A	A	A	A	A	A	B	B	A	D	C	C
ANIONICO SOLUCIONES	D	A	A	B	B	B	A	A	A	A	B	B	A	A	D	C	C
ANIONICO ACETICO	C	D	D	D	B	B	A	B	A	A	B	C	D	A	C	C	C
ANILINA	D	B	B	B	A	A	A	A	A	A	D	D	D	A	D	D	D
AZUFRE FUNDIDO	D	B	B	A	B	A	A	A	A	A	D	D	A	A	B	D	D
BENCENO	D	B	B	A	B	A	A	A	A	A	D	D	A	A	B	D	D
BENZALDEHIDO	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	D	D	A	D	D	D
BICARBONATO DE POTASIO	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	D	D	A	D	D	D
BICARBONATO DE SODIO	B	C	B	C	B	B	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A
BICROMATO DE SODIO	C	B	B	A	B	B	A	B	A	B	A	B	C	A	A	A	A
BIOXIDO DE AZUFRE	C	B	B	A	C	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A
BIOXIDO DE CARBONO (HUMEDO)	B	C	D	D	A	C	B	A	A	A	D	B	B	A	A	A	A
BIOXIDO DE CARBONO (SECO)	A	B	C	D	A	C	B	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A
BISULFATO DE MAGNESIO	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A
BISULFATO DE CALCIO	B	D	D	D	D	A	B	B	C	B	B	A	A	A	A	A	A
BISULFATO DE POTASIO	C	C	D	C	B	B	A	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A
BISULFATO DE SODIO (TUR)	B	D	D	D	D	B	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	A
BISULFURO DE CARBONO	B	D	D	D	A	C	B	A	B	A	D	D	A	A	A	A	A
BORATO DE SODIO	B	C	C	C	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
BROMURO DE METILO	B	C	C	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
BROMURO DE POTASIO	C	D	D	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A= EXCELENTE B= BUENO C= REGULAR D= POBRE

3.3.6. TABLA

FLUIDO	MODEL	ACERO AL CARBON	FO. FO.	ALUMINIO	TRAP	AC. INCL. 30A	AC. INCL. 316	COPIENTER 20	WASTELLOY 8	WASTELLOY C	INVAR	TEFLON	MONEL	BRASS	13003
BUTADIENO	C	B	B	A	-	A	A	A	A	A	D	D	A	A	B
BUTANO	A	B	B	A	-	B	B	A	A	A	D	D	A	A	B
BUTILENO	A	A	B	A	-	A	A	A	A	A	-	-	A	A	B
CARBONATO DE AMONIO	A	B	A	B	-	A	A	A	A	A	-	-	A	A	B
CARBONATO DE BARIO	-	B	S	-	-	B	B	C	A	B	-	-	A	A	B
CARBONATO DE CALCIO	C	D	C	C	C	A	A	A	B	B	-	-	A	A	B
CARBONATO DE MAGNESIO	-	C	C	-	-	A	A	A	A	A	-	-	A	A	B
CARBONATO DE POTASIO	B	B	B	C	B	B	B	A	A	A	-	-	A	A	B
CARBONATO DE SODIO	B	C	B	B	C	B	B	A	A	A	-	-	A	A	B
CEAULZA	-	C	C	C	-	A	A	A	A	A	-	-	A	A	B
CIANURO DE BARIO	C	D	D	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	A	B
CIANURO DE COBRE	C	D	D	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	A	B
CIANURO DE MERCURIO	D	D	D	D	-	A	A	-	-	-	-	-	A	A	B
CIANURO DE POTASIO	D	A	A	D	-	A	A	A	A	A	-	-	A	A	B
CIANURO DE SODIO	A	B	B	A	-	B	A	A	A	A	-	-	A	A	B
CICLOHEXANO	-	C	C	C	-	A	A	C	-	-	-	-	A	A	B
CLORATO DE CALCIO	-	C	C	C	-	A	A	C	-	-	-	-	A	A	B
CLORATO DE SODIO	-	C	C	C	-	A	A	C	-	-	-	-	A	A	B
CLORITO DE SODIO (20X)	-	D	D	D	-	D	D	D	D	D	-	-	A	A	B
CLORO (HUMEDO)	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	A	A	B
CLORO (SECO)	C	B	B	B	-	B	B	A	A	A	-	-	A	A	B
CLORO BENCENO	B	B	B	B	-	B	B	A	A	A	-	-	A	A	B
CLOROFORMO	B	B	B	B	-	B	B	A	A	A	-	-	A	A	B
CLORURO DE ALILO	-	D	D	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	A	B
CLORURO DE ALUMINIO	C	D	D	B	C	D	C	D	B	C	-	-	A	A	B
CLORURO AMILICO	D	A	A	A	-	A	A	A	A	A	-	-	A	A	B
CLORURO DE AMONIO	D	D	D	D	-	A	A	A	A	A	-	-	A	A	B
CLORURO DE BARIO	B	D	C	C	C	B	A	A	A	A	-	-	A	A	B
CLORURO DE CALCIO	B	C	C	C	C	A	B	B	A	A	-	-	A	A	B
CLORURO DE COBRE	D	D	D	D	-	B	A	A	A	A	-	-	A	A	B
CLORURO DE ETILENO	C	-	B	-	-	A	A	A	A	A	-	-	A	A	B
CLORURO DE ETILO	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	-	-	A	A	B
CLORURO IERICO	D	D	D	D	-	A	A	D	D	A	-	-	A	A	B
CLORURO DE MAGNESIO	B	D	D	D	D	B	B	A	A	A	-	-	A	A	B
CLORURO DE MERCURIO	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	A	A	B
CLORURO DE METILENO	A	B	B	A	-	A	A	B	-	-	-	-	A	A	B
CLORURO DE METILO	B	C	A	D	C	A	B	A	A	A	-	-	A	A	B
CLORURO DE POTASIO	D	D	C	C	B	D	B	A	A	A	-	-	A	A	B
CLORURO DE SODIO	B	D	D	C	B	C	B	A	A	B	-	-	A	A	B
CLORURO DE ZINC	D	D	D	D	C	D	D	-	-	-	-	-	A	A	B

A = EXCELENTE B = BUENO C = REGULAR D = POBRE

3.3.6. TABLA

FLUIDO	BIONCE	ACERO AL CARBON	FO. FO.	ALUMINIO	MOBIL	AC. INDIC. 304	AC. INDIC. 316	CARPENTER 20	MASTELLOTT B	MASTELLOTT C	PAPILINDETILENO	BOHANN	TELON	VITON	MOFEL	MPALON	MOJA
COMBUSTIBLE	B	B	B	A	B	C	A	A	-	-	D	A	A	A	B	B	A
COQUE	C	B	A	-	B	A	A	A	-	-	B	B	A	A	B	B	A
CADMATO DE POTASIO	B	B	C	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C
CRONATO DE SODIO	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C
CRONO	C	B	B	-	A	A	D	-	-	-	D	D	A	A	D	A	A
DETERGENTE	A	B	B	-	A	A	A	A	A	A	B	B	A	C	B	A	A
DICLOROMETANO	-	B	-	-	B	B	A	-	-	-	-	-	A	A	A	A	A
DICROMATO DE POTASIO	C	C	C	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
DIESEL	A	A	C	A	-	B	A	A	A	A	D	A	A	A	C	-	A
DIETILANINA	A	A	A	A	-	A	A	A	A	-	B	C	A	D	B	D	A
DIETILENGLICOL	A	A	A	B	-	A	A	A	A	A	-	-	A	A	A	A	A
DIFOSFATO DE AMONIO	C	D	C	B	-	A	B	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A
DIFOSFATO DE POTASIO	B	A	A	B	-	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
EDTA	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ETANO	A	B	B	B	B	B	B	-	-	-	D	A	A	A	B	B	A
ETANOLANINA	D	B	B	B	C	A	A	-	-	-	A	B	A	D	C	C	A
ETERES	B	A	B	A	C	A	A	A	A	C	C	D	A	D	B	A	A
ETER ETILICO	A	C	C	B	A	B	A	A	A	A	C	D	A	D	B	A	A
ETILENGLICOL	B	B	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
ETILMERCAPTANO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FENOL (AC. CARBOLICO)	B	D	D	A	C	B	B	B	D	A	B	D	A	B	D	C	B
FERRICIANURO DE POTASIO	D	C	C	B	B	B	B	-	B	B	-	A	A	A	A	-	-
FERROCIANURO DE POTASIO	B	C	C	B	B	B	B	-	B	B	-	A	A	A	A	-	-
FLUOR (SECO)	D	D	D	D	-	D	D	-	-	C	B	B	A	A	-	-	-
FLUORURO DE POTASIO	-	A	A	-	-	A	B	A	B	B	-	A	A	A	A	A	A
FLUORURO DE SODIO	C	C	C	C	B	B	A	A	B	B	-	A	A	A	A	A	A
FORMALDEHIDO (CALIENTE)	B	C	C	B	B	B	C	-	B	B	-	B	A	A	-	-	-
FORMALDEHIDO (FRIO)	B	C	C	B	B	B	A	A	-	B	A	A	C	A	C	-	A
FORMIATO DE METILO	A	C	C	C	B	B	B	A	A	A	B	D	A	A	B	B	A
FOSFATO DE AMONIO	D	D	D	-	-	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
FOSFATO DE POTASIO	D	D	D	-	-	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
FOSFATO DE SODIO (META)	C	B	B	A	-	A	B	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A
FREON 11, 112	B	-	C	C	C	-	A	B	-	-	A	D	C	A	D	C	A
FREON 12, 13, 32, 114, 115	A	C	B	A	A	-	B	-	-	-	A	D	B	A	C	D	A
FREON 21, 31	B	C	C	B	B	-	A	-	-	-	D	D	A	D	D	D	B
FREON 22, 113	B	C	C	B	B	-	A	-	-	-	D	D	A	D	D	D	B
FURFURAL	A	A	B	A	-	A	B	-	-	A	A	B	C	C	C	C	B
GAS DE ALUMBRADO	A	A	A	A	-	A	A	-	-	-	A	B	A	A	A	A	B
GAS LP	B	B	B	B	-	A	A	-	-	-	D	A	A	A	A	A	B
GAS NATURAL	B	B	B	B	-	A	A	-	-	-	D	B	A	A	A	A	B

A= EXCELENTE B= BUENO C= REGULAR D= POBRE

3.3.6. TABLA

FLUIDO	BADICE	ACERO AL CARBON	FO. FO.	ALUMINIO	NOBLE	AC. INOX. 304	AC. INOX. 316	CARBONER 20	MATELOY B	MATELOY C	PROPILENO GILFLEO	BUM-N	TEFLON	VITON	NEOPALON	NEPALON	ASPA
CASOS HIDROSOS	D	B	C	B	-	B	B	-	-	-	D	B	A	-	B	-	-
GAS ODOORIZANTE	B	B	A	A	-	B	B	-	-	-	D	B	A	-	B	-	-
GASOLINA CON PLOMO	A	A	A	A	-	A	A	-	-	-	D	B	A	-	B	-	-
GASOLINA SIN PLOMO	A	A	A	A	-	A	A	-	-	-	D	B	A	-	B	-	-
GASOLINA PARA AVIACION	A	A	A	A	-	A	A	-	-	-	D	B	A	-	B	-	-
GASOLINA SULFURADA	B	B	B	A	-	A	A	-	-	-	D	C	A	-	B	-	-
GASOLINA PARA MOTOC	A	A	B	A	-	A	A	-	-	-	D	C	A	-	B	-	-
GELATINA	A	D	D	A	C	A	A	-	-	-	B	A	A	-	A	-	-
GLUCOSA	A	B	B	A	-	A	A	-	-	-	B	A	A	-	A	-	-
GLICERINA	B	B	B	A	-	A	A	-	-	-	B	A	A	-	A	-	-
GLICOLAS	B	B	B	A	-	B	B	-	-	-	D	C	A	-	A	-	-
GRASA	B	A	A	A	-	A	A	-	-	-	D	A	A	-	C	-	-
HEPTANO	A	B	B	B	-	A	B	-	-	-	D	A	A	-	C	-	-
HEXANO	A	B	B	B	-	B	A	-	-	-	D	A	A	-	C	-	-
METANOL TERCIARIO	A	A	A	A	-	A	A	-	-	-	D	A	A	-	A	-	-
HIDRAZINA	-	D	D	A	-	A	A	-	-	-	A	A	A	-	D	-	-
HIDROGENO	B	B	B	A	-	A	A	-	-	-	A	A	A	-	B	-	-
HIDROXIDO DE ALUMINIO	-	D	C	C	-	C	B	A	C	-	A	B	A	-	A	-	-
HIDROXIDO DE AMONIO	D	C	C	C	-	A	B	A	A	-	B	C	A	-	B	-	-
HIDROXIDO DE BARIO	B	C	B	D	B	B	A	A	B	-	A	B	A	-	B	-	-
HIDROXIDO DE CALCIO	A	C	C	D	-	B	B	B	B	-	C	A	A	-	A	-	-
HIDROXIDO DE MAGNESIO(CAL)	D	B	C	D	-	B	A	C	B	-	A	B	A	-	B	-	-
HIDROXIDO DE MAGNESIO(FRIO)	B	B	B	C	B	A	A	-	-	-	B	A	B	-	A	-	-
HIDROXIDO DE POTASIO(CAL)	D	B	B	D	-	B	A	A	B	-	A	B	A	-	C	-	-
HIDROXIDO DE POTASIO(DIL FR)	D	A	B	D	B	B	A	A	B	-	C	B	A	-	A	-	-
HIDROXIDO DE POTASIO(70%CAL)	D	A	B	D	-	A	A	A	A	-	B	A	A	-	A	-	-
HIDROXIDO DE POTASIO(70%FR)	D	A	B	D	-	A	A	A	A	-	B	A	A	-	A	-	-
HIDROXIDO DE SODIO(20%CAL)	B	B	B	D	-	A	B	B	A	-	A	B	A	-	D	-	-
HIDROXIDO DE SODIO(20%FR)	B	B	A	D	B	A	B	D	A	-	A	B	A	-	B	-	-
HIDROXIDO DE SODIO(50%CAL)	B	B	B	D	-	A	C	B	B	-	A	A	A	-	C	-	-
HIDROXIDO DE SODIO(50%FR)	B	A	A	D	B	C	C	B	A	-	A	C	A	-	C	-	-
HIDROXIDO DE SODIO(70%CAL)	D	B	B	D	-	A	C	B	B	-	A	A	A	-	C	-	-
HIDROXIDO DE SODIO(70%FR)	A	B	A	D	-	A	C	B	B	-	A	A	A	-	C	-	-
HIPOCLORITO DE CALCIO	D	D	D	D	D	C	C	C	C	-	D	B	A	-	C	-	-
HIPOCLORITO DE SODIO	D	D	D	D	D	C	C	C	C	-	D	B	A	-	C	-	-
ISO-OCTANO	A	A	B	A	-	A	A	A	A	-	D	A	A	-	B	-	-
NEROSINA	A	B	B	A	-	A	A	A	A	-	D	A	A	-	B	-	-
LICOR DE AZUCAR DE CANA	A	B	B	A	-	A	A	A	A	-	D	A	A	-	B	-	-
LICOR DE AZUCAR DE DONDOLACHA	A	B	B	A	-	A	A	A	A	-	D	A	A	-	B	-	-
LICOR BLANCO	C	C	C	D	A	A	A	-	-	-	B	A	A	-	B	-	-

A= EXCELENTE B= BUENO C= REGULAR D= POBRE

3.3.6. TABLA

FLUIDO	BONICE	ACERO AL CARBON	PO. FO.	ALUMINIO	MONIL	AC. INOX. 304	AC. INOX. 316	CARPENTER 20	WASTELLOY B	WASTELLOY C	ADOPILENCO	ROMAN	TEFLON	VITON	NEOPRENE	NYLON	BRASS
LICOR NEGRO	B	C	C	C	B	B	A	A	-	-	B	C	A	B	B	-	-
LICOR VERDE	B	C	A	C	A	B	A	B	-	-	B	C	A	B	B	-	-
MERCURIO	B	A	A	D	C	A	B	A	A	A	B	A	A	A	B	C	C
METANO	A	B	B	B	B	B	B	B	-	-	D	B	A	A	B	B	B
METIL ACETONA	A	A	A	B	B	A	A	A	-	-	A	D	A	D	D	B	B
METILAMINA	D	B	B	B	-	A	A	A	-	-	B	D	A	D	D	D	B
METILCELULOSOMA (MER)	A	B	A	A	-	A	A	A	-	-	B	D	A	D	D	D	B
MIEL	A	B	A	A	-	A	A	A	-	-	B	D	A	D	D	D	B
MUSTA	B	B	B	A	-	D	A	A	A	A	-	-	A	A	D	D	A
NAFTALENO	B	A	A	B	-	B	A	A	A	A	-	-	A	A	D	D	A
NITRATO DE ALUMINIO	-	-	D	C	-	C	A	A	-	-	-	-	A	D	A	C	A
NITRATO DE AMONIO	D	D	C	B	-	C	A	A	A	D	-	B	A	A	A	A	A
NITRATO DE CALCIO	A	A	C	D	-	C	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
NITRATO FERROSO	D	D	D	D	-	B	B	B	D	B	A	A	A	A	A	A	A
NITRATO DE MAGNESIO	-	-	-	-	-	B	A	A	-	-	A	-	-	A	A	A	A
NITRATO DE NIQUEL	D	D	C	C	-	B	B	A	-	-	A	C	A	A	A	A	A
NITRATO DE PLATA	D	D	D	D	-	B	B	A	-	-	A	C	A	A	A	A	A
NITRATO DE POTASIO	B	B	B	B	-	B	B	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A
NITRATO DE SODIO	B	B	B	B	-	C	B	A	A	B	A	A	C	A	A	B	A
NITROBENCENO	D	A	B	C	D	A	A	A	A	B	A	C	A	A	C	B	A
NITROGENO	A	A	A	A	-	A	A	A	-	-	B	A	A	A	A	A	A
OLEUM	B	C	D	D	-	D	C	B	A	B	B	C	B	A	C	C	A
OXIDO DE ETILENO	A	B	B	A	-	B	B	A	-	-	A	C	D	A	D	D	A
OXIDO NITROSO	D	B	C	A	-	D	B	B	-	-	C	-	-	-	-	-	-
OXIGENO	A	B	B	A	-	C	A	A	-	-	C	C	A	A	B	A	B
OZONO	B	C	C	B	-	A	A	A	-	-	C	C	A	A	B	A	B
PANAFINA	A	B	B	B	-	A	A	A	-	-	-	-	A	A	A	B	B
PENTANO	A	B	B	C	-	A	A	-	-	-	-	-	A	A	A	B	A
PERMANGANATO DE POTASIO	B	B	A	B	-	C	B	B	-	-	C	A	A	A	A	A	A
PEROXIDO DE HIDROGENO	D	D	D	A	-	B	B	B	-	-	C	C	A	A	A	A	A
PEROXIDO DE SODIO	C	C	B	C	-	B	B	A	-	-	B	A	B	A	B	D	A
PETROLIO	B	C	C	B	-	B	B	-	-	-	D	A	B	A	B	D	A
PETROLIO	C	C	C	A	-	A	A	-	-	-	D	A	A	A	B	A	A
PROPANO	A	B	B	A	-	B	B	A	-	-	-	-	A	A	C	A	A
PROPYLENGLICOL	B	B	B	A	-	B	B	A	-	-	D	A	A	A	A	A	A
SILICATO DE SODIO	B	B	B	A	-	A	A	A	-	-	A	A	A	A	A	A	A
SOLUCIONES DE AZUCAR	A	B	B	A	-	A	A	A	-	-	A	A	A	A	A	A	A
SULFATO DE ALUMINIO	C	D	D	A	-	C	B	B	-	-	B	B	A	A	B	D	A
SULFATO DE AMONIO	B	C	C	B	-	B	B	B	-	-	B	A	A	A	A	A	A
SULFATO DE BARIO	C	C	C	D	-	B	B	B	-	-	A	A	A	A	A	A	A

A= EXCELENTE B= BUENO C= REGULAR D= POBRE

3.3.6. TABLA

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

3.3.6. TABLA

79

A= EXCELENTE B= BUENO C= REGULAR D= POBRE

FLUIDO	BROMO	ACEITE AL CARBON	FO. FO.	ALUMINIO	MOUEL	AC. INOX. 304	AC. INOX. 316	CAPLETER 20	MATELLOY B	MATELLOY C	PACTILORITELIMO	BUNAN	TELON	VITON	NEOPRENO	NYLON	EPDM
SULFATO DE CALCIO	C	C	D	B	C	B	A	B	B	A	D	A	A	A	B	A	A
SULFATO DE COBRE	D	D	D	D	D	A	B	A	B	A	D	A	A	A	B	A	A
SULFATO FERRICO	D	D	D	D	C	C	B	A	C	A	D	A	A	A	B	A	A
SULFATO FERROSO	C	D	D	D	C	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	B	A
SULFATO DE MAGNESIO	C	D	A	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	A
SULFATO DE NIQUEL	D	D	D	D	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	A	A
SULFATO DE POTASIO	B	B	B	B	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SULFATO DE SODIO	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A
SULFURO DE AMONIO	-	-	-	-	-	C	C	C	-	-	-	-	-	D	A	A	A
SULFURO DE BARIO	D	C	C	D	-	B	B	A	A	-	A	A	A	A	B	A	A
SULFURO DE POTASIO	D	B	B	B	B	A	A	A	A	A	D	A	A	A	B	D	D
SULFURO DE SODIO	D	B	B	B	B	B	A	A	A	A	D	A	A	A	B	A	A
TETRAACLORURO DE CARBONO	C	C	C	C	C	B	A	B	B	A	D	A	A	B	D	D	D
TINTAS	C	C	D	D	C	-	A	A	-	-	-	A	A	A	A	A	A
TIOSULFATO DE AMONIO	-	-	-	-	-	A	A	A	C	A	A	-	-	-	-	-	-
TIOSULFATO DE SODIO	B	C	C	B	B	B	B	A	A	A	A	D	B	A	A	A	A
TOLUENO	A	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	D	D	A	B	D	D
TRICLORURO DE ANTIMONIO	D	D	D	D	-	D	D	D	C	C	C	C	C	A	B	B	C
TRICLORURO FOSFOROSO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	B	A	A
TRIFOSFATO DE AMONIO	C	D	C	-	-	A	A	A	C	A	B	A	A	A	D	D	A
TRIOXIDO DE AZUFRE	B	B	C	B	A	A	C	-	-	C	B	B	A	A	A	D	A
UREA	C	C	C	B	C	A	B	A	-	C	C	B	C	A	A	A	A
UREA FORMALDEHIDO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	A	A	A
VINILNO	A	B	A	A	-	A	A	A	A	A	D	D	A	A	B	D	D
YODO (SOL)	D	D	D	D	-	A	D	D	-	-	D	D	B	A	A	A	A
YODOFORMO	C	B	C	C	C	A	A	A	-	-	-	-	-	A	A	A	A
WHISKY Y VINOS	D	D	D	D	A	A	A	A	-	-	A	A	A	A	A	A	A

3.3.7 TABLAS DE ESPECIFICACIONES ASTM MAS USUALES

En las siguientes tablas, se enlistan las especificaciones ASTM más usuales en las especificaciones de materiales para tuberías, de acuerdo con los tipos de materiales y a la forma en que se presentan los mismos.

Por ejemplo en la primera tabla se muestran las especificaciones ASTM para los diferentes tipos de aceros al carbón, aceros de aleación (aceros aleados) y aceros inoxidable. En estos casos el material forjado se aplica en válvulas, en conexiones roscadas y socket-weld, y a bridas de cualquier tipo; el material fundido a válvulas bridadas y soldables; el material para conexiones soldables se utiliza únicamente para conexiones soldables a tope, y el material tubular a tuberías de cualquier tipo.

En la segunda tabla se indican las especificaciones ASTM para materiales diversos como aluminio, cobre y sus aleaciones, níquel y sus aleaciones y a las diferentes clases de hierros.

El material forjado se aplica a válvulas y conexio-

nes roscadas y socket-weld, y a bridas de cualquier tipo, el material fundido se usa en válvulas y conexiones roscadas y soldables, y a bridas, dependiendo del caso, el material para conexiones soldables a tope y el material tubular a tubería.

Sin embargo, estas tablas deben considerarse como una guía en la selección de las especificaciones ASTM, pues en muchas ocasiones, es necesario conocer a fondo las especificaciones ASTM para determinar las características de los materiales, tales como:

Composición, esfuerzos permisibles, consideraciones metalúrgicas, etc.

3.3.7 TABLAS DE ESPECIFICACIONES ASTM MAS USUALES

En las siguientes tablas, se enlistan las especificaciones ASTM más usuales en las especificaciones de materiales para tuberías, de acuerdo con los tipos de materiales y a la forma en que se presentan los mismos.

Por ejemplo en la primera tabla se muestran las especificaciones ASTM para los diferentes tipos de aceros al carbón, aceros de aleación (aceros aleados) y aceros inoxidable. En estos casos el material forjado se aplica en válvulas, en conexiones roscadas y socket-weld, y a bridas de cualquier tipo; el material fundido a válvulas bridadas y soldables; el material para conexiones soldables se utiliza únicamente para conexiones soldables a tope, y el material tubular a tuberías de cualquier tipo.

En la segunda tabla se indican las especificaciones ASTM para materiales diversos como aluminio, cobre y sus aleaciones, níquel y sus aleaciones y a las diferentes clases de hierros.

El material forjado se aplica a válvulas y conexio-

3.3.7 TABLA

TABLA DE ESPECIFICACIONES A.S.T.M. PARA ACEROS AL CARBÓN, ACEROS DE ALEACION Y ACEROS INOXIDABLES, APLICABLE EN MATERIALES PARA TUBERIAS.

MATERIAL	FORJADO	FUNDIDO	CONEXIONES SOLDABLES.	TUBULAR
Acero al carbón (Bajo contenido de carbón, hasta .35% C.Máx.)	A-105-I, II A-181-I, II A-350-LF1 A-350-LF2	A216-WCA A216-WCB A216-WCC A352-LCB	A234-WPA A234-WPB A234-WPC	A53-A, B A106-A, B, C. A120 A134* A135-A, B. A119-A, B. A155*
ACERO DE ALEACION	FORJADO	FUNDIDO	CONEXIONES SOLDABLES	TUBULAR
C-Mn (Baja Temp.) 1/2Cr-1/2Mo 1Cr-1/2Mo 1 1/4Cr-1/2Mo 2 1/4Cr-1/2Mo 5Cr-1/2Mo 9Cr-1Mo	A182-F1 A350-LF3 A182-F2 A182-F12 A182-F11 A182-F22 A182-F5 A182-F9	A217-WC1 A352-LC3 A217-WC4 --- A217-WC6 A217-WC9 A217-C5 A217-C12	A-234-WP1 A420-WPL3 A234-WP2 A234-WP12 A234-WP11 A234-WP22 A234-WP5 A234-WP9	A335-P1 A335-3 A335-P2 A335-P12 A335-P11 A335-P22 A335-P5 A335-P9
ACERO INOXIDABLE	FORJADO	FUNDIDO	CONEXIONES SOLDABLES	TUBULAR
18Cr-8Ni 25Cr-20Ni 18Cr-12Ni 18Cr-10NiTi 18Cr-10Ni-Cb	A182-F304 A182-F310 A182-F316 A182-F321 A182-F347	A351-CF8 A351-CK20 A351-CF8M --- A351-CF8C	A403-WP304 A403-WP310 A403-WP316 A403-WP321 A403-WP347	A312-TP304 A312-TP310 A312-TP316 A312-TP321 A312-TP347

C = Carbón Cr = Cromo Ti = Titanio
 Mo = Molibdeno Ni = Niquel Cb = Columbio
 * = Varios Grados.

3.3.7. TABLA

TABLA DE ESPECIFICACIONES A.S.T.M. PARA MATERIALES DIVERSOS,
APLICABLE EN MATERIALES PARA TUBERIAS.

MATERIAL	FORJADO	FUNDIDO	CONEXIONES SOLDABLES	TUBULAR
Aluminio	B-221 ** B-247 **	B-26	B-361 WP *	B-210 ** B-241 **
Bronce		B-61 B-62		
Bronce Rojo				B-43
Cobre				B-42 ** B-68 ** B-75 **
Hastelloy	B-335 B-336	A296-CW-12M A296-N-12M		
Hierro Forjado		A-48 *		A-72
Hierro Fundido		A-126-A, B, C A-278 * A-74		
Hierro Dúctil		A-377 A-395 A-445		
Hierro Maleable		A-47 A-197		
Inconel	B-166	A296-CY-40		B-167
Monel	B-164	A296-N-35		B-165
Niquel	B-160	A-296-CZ100		

* = Varios Grados.

** = Varias Aleaciones.

3.3.8 MATERIALES MAS USUALES PARA CUERPOS, BONETES E INTERIORES DE VALVULAS.

Ya se vió la descripción de los materiales más usuales de una forma genérica, ahora describo las características de los materiales más usuales para válvulas, tanto de cuerpos como de interiores de las mismas .

3.3.8.1 CUERPOS Y BONETES

A) Latón

(Aleación de cobre y zinc)

ASTM B62

Resistencia a la tensión 2100 kg/cm² (30000 Psi).

Punto de cedencia 990 kg/cm² (14000 Psi).

Temperatura Máxima 206 grados C.

B) Bronce

(Aleación de cobre y zinc y otro material que predomine sobre el zinc, tal como el estaño)

ASTM B61

Resistencia a la tensión 2400 kg/cm² (34000 Psi).

Punto de cedencia 1120 kg/cm² (16000 psi)

Temperatura máxima 260 grados C.

C) Fierro Fundido

ASTM A126 Clase A (fundición gris)

Resistencia a la tensión 1480 kg/cm² (21,000 psi).

Temperatura máxima 232 grados C

ASTM A126 Clase B (fundición gris de alta resistencia).

Resistencia a la tensión 2200 kg/cm² (31,000 psi).

Temperatura máxima 232 grados C

(Comercialmente llamado semi-acero o hierro - acerado).

ASTM A395 (hierro ductil o hierro modular)

Resistencia a la tensión 4250 kg/cm² (60,000 psi).

Punto de cedencia 3,150 kg/cm² (45,000 psi)

Temperatura máxima 343 grados C

Temperatura mínima - 29 grados C

D) Acero Fundido

ASTM A216 grado WCB

Resistencia a la tensión 4900 kg/cm² (70,000

Psi)

Punto de cedencia 2540 kg/cm² (36000 psi)

Temperatura máxima 455 grados C

Temperatura mínima - 29 grados C

E) Acero Inoxidable

ASTM A351 Gr CFB ó CF8M

Resistencia a la tensión 4900 kg/cm² (70,000

Psi)

Punto de cedencia 2100 kg/cm² (30000 psi)

ASTM A487 Grado 4N (API 6A tipo 2)

Resistencia a la tensión 6300 kg/cm² (90000
psi)

Punto de cedencia 4250 kg/cm² (60000 psi)

Temperatura máxima 121 grados C.

Temperatura mínima - 29 grados C.

Tanto el hierro fundido como el acero al carbón no se caracterizan por una gran resistencia a la corrosión. Sin embargo, la oxidación inicial forma una capa protectora que mejora su resistencia para

la oxidación subsecuente y los hace aptos para medios relativamente corrosivos, siempre y cuando esa capa no se destruya. Esto se logra en partes estacionarias, como son el cuerpo, bonete, etc, pero en las partes sujetas a movimiento, el roce entre los elementos (compuerta contra asientos, vástago contra el empaque, etc.) cada vez que se opera la válvula se destruye la película protectora y se acelera el proceso de desgaste por corrosión.

Por esta razón, los interiores son generalmente de material distinto al del cuerpo o con recubrimiento que resistan mejor el efecto corrosivo del fluido tales como cromo, monel, disulfuro de molibdeno, estelita, etc.

Cabe mencionar que los espesores de pared para cuerpos de válvulas de acero que especifica la norma API 600 son mayores que los especificados por ANSI B16.5 para paredes de conexiones. Esto se debe a que las normas API 600 conceden un margen de seguridad por el efecto de corrosión en los procesos de refinación.

3.3.8.2 INTERIORES DE VALVULAS

Los interiores son; el vástago, superficie de asiento, superficie de compuerta o disco y buje de asiento del vástago y generalmente se hacen de diversos materiales o con recubrimientos, incluyendo materiales plásticos.

Deberá tenerse en cuenta que la limitación por temperatura en muchos casos no depende solo del material del cuerpo, sino del material utilizado en los interiores.

A) Bronce

Temperatura máxima 288 grados C.

Usado regularmente en interiores de válvulas de hierro de alta presión (clase 250) y en algunas válvulas de acero clase 150#.

B) Disulfuro de Molibdeno

Temperatura máxima 316 grados C.

Posee buenas condiciones anti-fricción y soporta bien la acción de fluidos moderadamente corrosivos.

C) Acero al Cromo

Temperatura máxima 454 grados C.

Se recomienda para aceite, vapores de aceite o -- cualquier otro fluido lubricante. Tiene buenas - propiedades anticorrosivas, pero en servicios no - lubricados, como agua, vapor de agua o gas existen - te, tendencia de adherencia en las superficies pu - lidas, lo que causa desgarramiento al deslizar una - contra otra.

D) Aleación Cobre-Niquel (Monel)

Temperatura máxima 454 grados C.

Se recomienda en servicio de fluidos no lubrican - tes, como agua, vapor, aire, etc. su resistencia a la corrosión es buena. En muchas ocasiones se usa compuerta y disco de monel o recubrimiento de mo - nel, contra asientos de acero al cromo o con recu - brimientos de acero al cromo, en fluidos no lubri - cantes, para evitar la tendencia de las superfi - cies de adherirse y evitar el desgarramiento de - estas.

E) Aleación Cobalto-Cromo Tungsteno

Temperatura máxima 454 grados C.

Recomendable para servicios donde la erosión es --
considerable, tiene buenas propiedades contra la -
corrosión.

F) Plásticos

Algunos tienen muy buenas propiedades antifric_
ción y una gran resistencia a casi cualquier tipo
de fluido.

Entre los termo-deformables se encuentra el nylon
y el teflón; su temperatura máxima es de 66 gra_
dos C. y 150 grados C. respectivamente. Entre los -
termo-fijos se encuentran la baquelita y el plas_
kón; su temperatura máxima varía entre 150 y 200 -
grados C.

G) Hule

Un término más amplio es elastómero.

Se usan con bastante frecuencia como insertos, dis_
cos, empaques. Entre estos se encuentran el Hycar,
Buna N etc.

Ahora bien, después de varios años de experiencia

usando varios materiales, en diferentes condicio_ nes de servicios se ha obtenido un tipo de interio res estandar que son de acero inoxidable 13% Cr.

3.4 RANGOS DE TEMPERATURA-PRESION

Uno de los puntos importantes en la elaboración de especificaciones, es el de determinar, la clasificación ANSI o clase, en función de la temperatura y la presión, esto para cada material y en sus diferentes formas de producción.

De acuerdo a las condiciones máximas de temperatura - presión y tipo de material. Se determina la clasificación ANSI o clase, para bridas, accesorios y válvulas bridadas, para la cual se hace uso de información ya tabulada de rangos de presión contra temperatura - para diferentes clasificaciones de presiones y materiales, basadas en el estandar ANSI B16.5 .

A continuación se muestran las tablas para diferentes clasificaciones de presión (150, 300, 400, 600, 900, 1500 y 2500 Psig.) y diferentes materiales (acero al carbón, aceros de aleación y aceros inoxidables) para temperaturas hasta 1500 grados F.

Las unidades que se emplean en estas tablas son:

Presión; Libras sobre pulgada cuadrada (psig)

Temperatura; Grados Fahrenheit (°F)

Tablas 3.4.1 y 3.4.3

Ejemplo del uso de las tablas

Tenemos las siguientes condiciones y debemos de determinar la clasificación ANSI o clase .

Temperatura máxima 700 grados F.

Presión máxima 150 psig.

Material acero al carbón

Clasificación a determinarse

Explicación

Si se observa en la Tabla 3.4.1 (150 psig), para la temperatura de 700 grados F, la presión es 110 psig que no es suficiente para cumplir con los requerimientos. Por lo tanto, viendo en la siguiente Tabla 3.4.1 (300 psig), para la temperatura de 700 grados F, la presión es de 535 psig. que excede a la requerida, de donde se determina que la clasificación ANSI o clase es de : 300 psig.

TABLE 1A LIST OF MATERIAL SPECIFICATIONS
Applicable ASTM Specifications

Material Groups		Product Forms								
Material Group No.	Nominal Designation Steel	Forgings			Castings			Plates		
		Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes
1.1	Carbon	A 105	...	(1)(2)	A 216	WCB	(1)	A 515	70	(1)
	C-Mn-Si	A 350	LF2	...	...	...	...	A 516	70	(1)
		...	...	...	...	...	...	A 537	Cl.1	...
1.2	Carbon	...	...	...	A 216	WCC	(1)	...	...	...
	2 1/2 Ni	...	...	...	A 352	LCC	...	...	...	...
	3 1/2 Ni	A 350	LF3	...	A 352	LC2	...	A 203	B	...
		...	...	...	A 352	LC3	...	A 203	E	...
1.3	Carbon	...	...	...	A 352	LCB	(1)	A 515	65	(1)
	2 1/2 Ni	...	...	...	...	...	...	A 516	65	(1)
	3 1/2 Ni	...	...	...	...	...	...	A 203	A	...
		...	...	...	...	...	...	A 203	D	...
1.4	Carbon	A 350	LF1	...	...	...	...	A 515	60	(1)
		...	...	...	...	...	...	A 516	60	...
1.5	C-1/2Mo	A 182	F1	(3)	A 217	WC1	(3)(4)	A 204	A	(3)
		...	...	...	A 352	LC1	...	A 204	B	(3)
1.7	C-1/2Mo	...	...	...	...	...	...	A 204	C	(3)
	1/2Cr-1/2Mo	A 182	F2	...	...	...	...	...	...	...
	Ni-Cr-1/2Mo	...	...	...	A 217	WC4	(4)	...	...	...
	Ni-Cr-1Mo	...	...	...	A 217	WC5	(4)	...	...	...
1.9	1Cr-1/2Mo	A 182	F12	(4)	...	...	...	...	...	...
	1 1/2Cr-1/2Mo	A 182	F11	(4)	A 217	WC6	(4)	A 387	11 Cl.2	...
1.10	2 1/4Cr-1Mo	A 182	F22	...	A 217	WC9	(4)	A 387	22 Cl.2	...
1.13	9Cr-1Mo	A 182	F5	...	A 217	C5	(4)	...	...	...
		A 182	F5a	...	...	...	...	...	...	...
1.14	9Cr-1Mo	A 182	F9	...	A 217	C12	(4)	...	...	...
2.1	18Cr-8Ni	A 182	F304	(5)	A 351	CF3	...	A 240	304	(5)(6)
		A 182	F304H	...	A 351	CF8	(5)	A 240	304H	...
2.2	16Cr-12Ni-2Mo	A 182	F316	(5)	...	...	...	A 240	316	(5)(6)
		A 182	F316H	...	...	...	...	A 240	316H	...
	18Cr-13Ni-3Mo	...	...	...	...	...	...	A 240	317	(5)(6)
	18Cr-8Ni-2Mo	...	...	...	A 351	CF3M	...	...	...	...
		...	...	...	A 351	CF8M	(5)	...	...	...

TABLE 1A LIST OF MATERIAL SPECIFICATIONS (CONT'D)
Applicable ASTM Specifications

Material Groups			Product Forms								
Material Group No.	Nominal Designation Steel	Forgings			Castings			Plates			
		Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes	
2.3	18Cr-8Ni	A 182	F304L	...	...	...	...	A 240	304L	...
	16Cr-12Ni-2Mo	A 182	F316L	...	...	...	...	A 240	316L	...
2.4	18Cr-10Ni-Ti	A 182	F321	(5)	...	...	...	A 240	321	(5)(6)
		A 182	F321H	...	...	...	...	A 240	321H	...
2.5	18Cr-10Ni-Cb	A 182	F347	(5)	A 351	CF8C	(5)	A 240	347	(5)(6)	
		A 182	F347H	...	...	...	...	A 240	347H	...
		A 182	F348	(5)	...	...	...	A 240	348	(5)(6)
		A 182	F348H	...	...	...	...	A 240	348H	...
2.6	25Cr-12Ni	...	...	...	A 351	CH8	(5)	...	...	...
	...	...	...	...	A 351	CH20	(5)	...	...	...
	23Cr-12Ni	...	...	...	...	...	...	A 240	309S	(5)(6)
2.7	25Cr-20Ni	A 182	F310	(5)(7)	A 351	CK20	(5)	A 240	310S	(5)(6)(7)	

Material Groups			Product Forms								
Material Group No.	Nominal Designation	Forgings			Castings			Plates			
		Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes	
3.1	Cr-Ni-Fe-Mo-Cu-Cb Alloy 20Cb	B 462	N08020	(8)	A 351	CN7M	(9)	B 463	N08020	(8)	
3.2	Ni Alloy 200	B 160	N02200	(8)(10)	...	...	...	B 162	N02201	(8)
3.3	Ni-Low C Alloy 201	B 160	N02201	(8)(10)	...	...	...	B 162	N02200	(8)
3.4	Ni-Cu Alloy 400	B 564	N04400	(8)	...	...	...	B 127	N04400	(8)
	Alloy 405	B 164	N04405	(8)(10)	...	...	...	...	...	...
3.5	Ni-Cr-Fe Alloy 600	B 564	N06600	(8)	...	...	...	B 168	N06600	(8)
3.6	Ni-Fe-Cr Alloy 800	B 564	N08800	(8)	...	...	...	B 409	N08800	(8)
3.7	Ni-Mo Alloy 82	B 335	N10665	(9)(10)	...	...	...	B 333	N10665	(9)
3.8	Ni-Mo-Cr Alloy C276	B 574	N10276	(9)(10)	...	...	...	B 575	N10276	(8)

(Table 1A continues on next page; Notes follow at end of Table)

TABLE 1A LIST OF MATERIAL SPECIFICATIONS (CONT'D)
Applicable ASTM Specifications

Material Groups		Product Forms								
Material Group No.	Nominal Designation	Forgings			Castings			Plates		
		Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes
3.8 (cont'd)	Ni-Cr-Mo-Cb Alloy 625	B 564	N06625	(8)	...	...	...	B 443	N06625	(8)
	Ni-Mo Alloy B	B 335	N10001	(9)(10)	...	...	...	B 333	N10001	(9)
	Ni-Cr-Mo-Fe Alloy N	B 573	N10003	(8)(10)	...	...	...	B 434	N10003	(8)
	Ni-Mo-Cr Alloy C4	B 574	N06455	(9)(10)	...	...	...	B 575	N06455	(9)
	Ni-Fe-Cr-Mo-Cu Alloy 825	B 425	N08825	(8)(10)	...	...	...	B 424	N08825	(8)
3.9	Ni-Cr-Mo-Fe Alloy X	B 572	N06002	(8)(10)	...	...	...	B 435	N06002	(8)
3.10	Ni-Fe-Cr-Mo-Cd Alloy 700	B 672	N08700	(9)(10)	...	...	...	B 589	N08700	(9)
3.11	Ni-Fe-Cr-Mo-Cu-Low C Alloy 904L	B 649	N08904	(8)(10)	...	...	...	B 625	N08904	(8)
3.12	Ni-Fe-Cr-Mo Alloy 20 Mod.	B 621	N08320	(9)(10)	...	...	...	B 620	N08320	(9)
	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G-3	B 581	N06985	(9)(10)	...	...	...	B 582	N06985	(9)
3.13	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G-2	B 581	N06975	(9)(10)	...	...	...	B 582	N06975	(9)
3.14	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G	B 581	N06007	(9)(10)	...	...	...	B 582	N06007	(9)
3.15	Ni-Fe-Cr Alloy 800H	B 564	N08810	(8)	...	...	...	B 409	N08810	(8)
3.16	Ni-Fe-Cr-Si Alloy 330	B 511	N08330	(8)(10)	...	...	...	B 536	N08330	(8)

TABLE 1A (CONT'D)

GENERAL NOTES:

- (a) For temperature limitations, see Notes in Table 2.
(b) Plate materials are listed only for use as blind flanges (see para. 5.1). Additional plate materials listed in ANSI B16.34 may also be used with corresponding B16.34 Standard Class ratings.
(c) Material Groups not listed in Table 1A are intended for use in valves. See ANSI B16.34.

NOTES:

- (1) Upon prolonged exposure to temperatures above about 800°F, the carbide phase of carbon steel may be converted to graphite.
(2) Only killed steel shall be used above 850°F.
(3) Upon prolonged exposure to temperatures above about 875°F, the carbide phase of carbon-molybdenum steel may be converted to graphite.
(4) Use normalized and tempered material only.
(5) At temperatures over 1000°F, use only when the carbon content is 0.04% or higher.
(6) For temperatures above 1000°F, use only if the material is heat treated by heating it to a temperature of at least 1900°F and quenching in water or rapidly cooling by other means.
(7) Service temperatures of 1050°F and above should be used only when assurance is provided that grain size is not finer than ASTM No. 6.
(8) Use annealed material only.
(9) Use solution annealed material only.
(10) The chemical composition, mechanical properties, heat treating requirements, and grain size requirements shall conform to the applicable ASTM specification. The manufacturing procedures, tolerances, tests, certification, and markings shall be in accordance with ASTM B 564.

TABLE 2 PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1,2}
Pressures Are In psig
Class 150

3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15	3.16	Material Group No.
Nickel and Nickel Alloys																
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu-Cb Alloy 20Cb	Ni Alloy 200	Ni-low C Alloy 201	Ni-Cu Alloys 400, 405	Ni-Cr-Fe Alloy 600	Ni-Fe-Cr Alloy 800	Ni-Mo Alloy 82	Ni Alloys	Ni-Cr-Mo-Fe Alloy X	Ni-Fe-Cr-Mo-Cd Alloy 700	Ni-Fe-Cr-Mo-Cu-Low C Alloy 904L	Alloys 20 Mod. & G-3	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G-2	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G	Ni-Fe-Cr Alloy 800H	Ni-Fe-Cr-Si Alloy 330	Temp., °F
230	140	90	230	275	275	290	290	290	275	245	260	290	275	230	275	-20 to 100
215	140	85	200	260	255	260	260	260	260	230	240	260	245	205	245	100
200	140	85	190	230	230	230	230	230	230	210	225	230	230	195	225	200
185	140	85	185	200	200	200	200	200	200	190	200	200	200	185	200	300
170	140	85	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	400
140	140	85	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	500
125	...	85	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	600
110	...	85	110	110	110	110	110	110	...	110	110	110	110	110	110	650
95	...	80	95	95	95	95	95	95	...	95	95	95	95	95	95	700
80	...	80	80	80	80	80	80	80	...	80	80	80	80	80	80	750
...	...	65	65	65	65	...	65	65	...	...	...	...	65	65	65	800
...	...	50	50	50	50	...	50	50	...	...	...	...	50	50	50	850
...	...	35	...	35	35	...	35	35	...	...	...	...	35	35	35	900
...	...	20	...	20	20	...	20	20	...	...	...	...	20	20	20	950
...	...	20	...	20	20	...	20	20	...	...	...	...	20	20	20	1000

Table 2 continues on next page; Notes follow at end of Table

TABLE 2 PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1,2} (CONT'D)
 Pressures Are in psig
 Class 300

Material Group No.	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	1.10	1.13	1.14	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
	Alloy Steels										Austenitic Steels						
Temp., °F	Carbon Steel				C- 1/2Mo	1/2Cr- Ni-Cr- Mo	1Cr- 1/2Cr- 1/2Mo	2 1/4Cr- 1Mo	5Cr- 1/2Mo	9Cr- 1Mo	Type 304	Type 316	Type 304L 316L	Type 321	Types 347, 348	Type 309	Type 310
	-20 to 100	740	750	695	620	695	750	750	750	750	750	720	720	600	720	720	670	670
200	675	750	655	560	680	750	710	715	750	750	600	620	505	610	635	605	605
300	655	750	640	550	655	730	675	675	730	730	530	560	455	545	590	570	570
400	635	705	620	530	640	705	660	650	705	705	470	515	415	495	555	535	535
500	600	665	585	500	620	665	640	640	665	665	435	480	380	460	520	505	505
600	550	605	535	455	605	605	605	605	605	605	415	450	360	435	490	480	480
650	535	590	525	450	590	590	590	590	590	590	410	445	350	430	480	465	465
700	535	570	520	450	570	570	570	570	570	570	405	430	345	420	470	455	455
750	505	505	475	445	530	530	530	530	530	530	400	425	335	415	460	445	445
800	410	410	390	370	510	510	510	510	500	510	395	415	330	415	455	435	435
850	270	270	270	270	485	485	485	485	440	485	390	405	320	410	445	425	425
900	170	170	170	170	450	450	450	450	355	450	385	395	...	405	430	415	415
950	105	105	105	105	280	345	380	380	260	370	375	385	...	385	385	385	385
1000	50	50	50	50	165	215	225	270	190	290	325	365	...	355	365	335	350
1050	...	...	...	...	...	190	140	200	140	190	310	360	...	345	360	290	325
1100	...	...	...	...	...	...	95	115	105	115	260	325	...	300	325	225	290
1150	...	...	...	...	...	...	50	105	70	75	195	275	...	235	275	170	245
1200	...	...	...	...	...	...	35	55	45	50	155	205	...	180	170	130	205
1250	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	110	180	...	140	125	100	160
1300	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	85	140	...	105	95	80	120
1350	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	60	105	...	80	70	60	80
1400	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	50	75	...	60	50	45	55
1450	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	35	60	...	50	40	30	40
1500	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	25	40	...	40	35	25	25

TABLE 2 PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1,2} (CONT'D)
Pressures Are in psig
Class 300³

3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15	3.16	Material Group No.
Nickel and Nickel Alloys																
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu Alloy 20Cb	Ni Alloy 200	Ni-Low C Alloy 201	Ni-Cu Alloys 400, 405	Ni-Cr-Fe Alloy 600	Ni-Fe-Cr Alloy 800	Ni-Mo Alloy B2	Ni-Alloys	Ni-Cr-Mo-Fe Alloy X	Ni-Fe-Cr-Cd Alloy 700	Ni-Fe-Mo-Cu-Low C Alloy 904L	Alloys 20 Mod. & G-3	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G-2	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G	Ni-Fe-Cr-Si Alloy 800H	Ni-Fe-Cr-Si Alloy 330	Temp., °F
600	360	240	600	720	720	750	750	750	720	640	670	750	720	600	720	-20 to 100
555	360	230	530	670	660	750	750	750	720	600	625	705	645	540	635	200
525	360	225	495	640	625	730	730	680	680	545	585	650	600	505	590	300
480	360	215	480	615	600	705	705	600	640	495	535	635	560	480	550	400
470	360	215	475	595	580	665	665	575	610	455	500	595	535	455	525	500
455	360	215	475	575	575	605	605	580	595	430	475	560	520	440	500	600
450	...	215	475	565	570	590	590	560	570	420	465	555	510	425	490	650
445	...	215	475	555	565	570	570	560	...	410	450	545	505	420	480	700
440	...	210	470	530	530	530	530	...	...	445	530	500	415	470	750
430	...	205	460	510	505	510	510	...	...	430	510	495	410	465	800
...	...	205	340	485	485	...	485	485	...	...	...	485	400	455	850
...	...	140	245	450	450	...	450	450	...	...	...	450	395	445	900
...	...	115	...	325	385	...	385	385	...	...	...	385	385	385	950
...	...	95	...	215	365	...	365	365	...	...	...	365	365	365	1000
...	...	75	...	140	360	...	360	360	...	...	...	325	310	310	1050
...	...	60	...	95	325	...	325	325	...	...	...	320	240	240	1100
...	...	45	...	70	275	...	275	275	...	...	...	...	275	185	1150
...	...	35	...	60	205	...	185	205	...	...	...	...	205	145	1200
...	...	...	...	130	...	...	145	180	...	...	...	...	180	115	1250
...	...	...	...	60	...	...	110	140	...	...	...	...	140	95	1300
...	...	...	...	50	...	...	105	...	...	...	...	...	105	75	1350
...	...	...	...	35	...	...	75	...	...	...	...	...	75	55	1400
...	...	...	...	30	...	...	60	...	...	...	...	...	60	45	1450
...	...	...	...	25	...	...	40	...	...	...	...	...	40	35	1500

(Table 2 continues on next page; Notes follow at end of Table)

TABLE 2 PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1,2} (CONT'D)
Pressures Are in psig
Class 400

Material Group No.	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.10	1.13	1.14	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	
	Alloy Steels										Austenitic Steels							
Temp., °F	Carbon Steel				C- ½Mo	½Cr- ½Mo	1Cr- ½Mo	2½Cr- 1Mo	5Cr- ½Mo	9Cr- 1Mo	Type 304	Type 316	Type 304L	Type 316L	Type 321	Type 347	Type 309	Type 310
	-20 to																	
100	990	1000	925	825	925	1000	1000	1000	1000	1000	960	960	800	960	960	895	825	
200	900	1000	875	750	905	1000	950	955	1000	1000	800	825	675	815	850	805	805	
300	875	970	850	730	870	970	895	905	970	970	705	745	605	725	785	780	760	
400	845	940	825	705	855	940	880	865	940	940	630	685	550	660	740	710	710	
500	800	885	775	665	830	885	855	855	885	885	585	635	510	610	690	670	670	
600	730	805	710	610	805	805	805	805	805	805	555	600	480	585	655	635	635	
650	715	785	695	600	785	785	785	785	785	785	545	590	470	570	640	620	620	
700	710	755	690	600	755	755	755	755	755	755	540	575	460	560	625	610	610	
750	670	670	630	530	710	710	710	710	710	710	530	565	450	555	615	595	595	
800	550	550	520	495	675	675	675	665	675	665	525	555	440	550	610	580	580	
850	355	355	355	355	650	650	650	650	650	650	520	540	430	545	590	565	565	
900	230	230	230	230	600	600	600	600	600	600	510	525	420	540	575	555	555	
950	140	140	140	140	375	460	505	505	350	465	500	515	...	515	515	515	515	
1000	70	70	70	70	220	285	300	355	285	390	430	488	...	475	485	450	465	
1050	...	...	...	...	...	250	185	265	150	250	410	480	...	460	480	390	445
1100	...	...	...	...	...	...	130	150	140	150	345	430	...	400	430	300	390
1150	...	...	...	...	...	...	70	140	90	100	260	365	...	315	365	230	330
1200	...	...	...	...	...	...	45	75	60	70	205	275	...	240	230	175	276
1250	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	148	248	...	185	185	135	215
1300	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	110	185	...	140	125	105	180
1350	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	88	140	...	110	80	80	105
1400	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	88	100	...	80	70	80	75
1450	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	48	80	...	65	55	40	50
1500	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	30	65	...	60	45	30	30

TABLE 2 PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1,2} (CONT'D)Pressures Are in psig
Class 400

3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15	3.16	Material Group No.
Nickel and Nickel Alloys																
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu-Cb Alloy 20Cb	Ni Alloy 200	Ni-Low C Alloy 201	Ni-Cu Alloys 400, 405	Ni-Cr-Fe Alloy 600	Ni-Fe-Cr Alloy 800	Ni-Mo Alloy B2	Ni Alloys	Ni-Cr-Mo-Fa Alloy X	Ni-Cr-Mo-Cd Alloy 700	Ni-Fe-Cr-Mo-Cu-Low C Alloy 904L	Alloys 20 Mod. & G-3	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G-2	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G	Ni-Fe-Cr Alloy 800H	Ni-Fe-Cr-Si Alloy 330	Temp., °F
800	480	320	800	960	960	1000	1000	1000	960	855	895	1000	960	800	960	-20 to 100
740	480	305	705	895	885	1000	1000	1000	960	800	830	940	860	720	850	200
700	480	300	660	850	830	970	970	905	905	725	780	885	795	875	785	300
640	480	290	635	820	800	940	940	795	855	660	715	845	750	640	735	400
625	480	290	635	790	770	885	885	770	815	610	665	790	715	610	700	500
605	480	290	635	765	755	805	805	745	790	575	635	750	690	585	670	600
600	...	290	635	750	760	785	785	745	760	590	620	735	680	565	655	650
595	...	290	635	740	750	755	755	745	...	545	600	725	675	560	645	700
585	...	280	625	710	710	710	710	710	...	...	590	710	670	550	625	750
575	...	270	610	675	675	675	675	675	...	...	575	675	660	545	620	800
...	...	270	455	650	650	...	650	650	...	...	...	...	650	530	605	850
...	...	185	430	600	600	...	600	600	...	...	...	...	600	530	590	900
...	...	150	...	435	515	...	515	515	...	...	...	...	515	515	515	950
...	...	125	...	290	485	...	485	485	...	...	...	...	485	485	485	1000
...	...	100	...	185	480	...	480	480	...	...	...	...	...	435	410	1050
...	...	80	...	125	430	...	430	430	...	...	...	...	...	430	320	1100
...	...	60	...	90	365	...	365	365	...	...	...	...	...	365	245	1150
...	...	50	...	80	270	...	245	275	...	...	...	...	...	275	195	1200
...	...	...	...	...	175	...	195	245	...	...	...	...	...	245	155	1250
...	...	...	...	...	80	...	145	185	...	...	...	...	...	185	130	1300
...	...	...	...	...	65	...	...	140	...	...	...	...	...	140	100	1350
...	...	...	...	...	45	...	...	100	...	...	...	...	...	100	75	1400
...	...	...	...	...	40	...	...	80	...	...	...	...	...	80	60	1450
...	...	...	...	...	35	...	...	55	...	...	...	...	...	55	45	1500

(Table 2 continues on next page; Notes follow at end of Table)

TABLE 2 PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1, 2} (CONT'D)
Pressures Are in psig
Class 600

Material Group No.	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	1.10	1.11	1.14	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	
	Alloy Steels										Austenitic Steels							
Temp., °F	Carbon Steel				C- ½Mo	½Cr- ½Mo, Ni-Cr- Mo	1Cr- ½Mo	2½Cr- ½Mo	5Cr- 1Mo	9Cr- 1Mo	Type 304	Type 316	Type 304L 316L	Type 321	Types 347, 348	Type 309	Type 310	
	-20 to																	
100	1480	1500	1390	1235	1390	1500	1500	1500	1500	1440	1440	1200	1440	1440	1345	1345		
200	1350	1500	1315	1125	1360	1500	1425	1430	1500	1500	1200	1240	1015	1220	1270	1210	1210	
300	1315	1455	1275	1095	1305	1455	1345	1355	1455	1455	1055	1120	910	1090	1175	1140	1140	
400	1270	1410	1235	1060	1280	1410	1315	1295	1410	1410	940	1030	825	990	1110	1065	1065	
500	1200	1330	1165	995	1245	1330	1285	1280	1330	1330	875	955	765	915	1035	1010	1010	
600	1095	1210	1065	915	1210	1210	1210	1210	1210	1210	830	905	720	875	985	955	955	
650	1075	1175	1045	895	1175	1175	1175	1175	1175	1175	815	890	700	855	960	930	930	
700	1065	1135	1035	885	1135	1135	1135	1135	1135	1135	805	865	685	840	935	910	910	
750	1010	1070	945	885	1065	1065	1065	1065	1065	1065	795	845	670	830	920	895	895	
800	825	825	780	740	1015	1015	1015	1015	1015	995	1015	790	830	660	825	910	870	870
850	575	525	535	535	975	975	975	975	975	880	975	780	810	645	815	890	850	850
900	345	345	345	345	900	900	900	900	900	705	900	770	790	...	810	865	830	830
950	205	205	205	205	560	685	755	755	520	740	750	775	...	775	775	775	775	775
1000	105	105	105	105	330	425	445	535	385	585	645	725	...	715	725	670	700	700
1050	...	...	...	...	...	380	275	400	280	380	620	720	...	695	720	585	665	665
1100	...	...	...	...	...	...	190	225	205	225	515	645	...	805	645	445	585	585
1150	...	...	...	...	...	...	105	205	140	150	390	550	...	475	550	345	495	495
1200	...	...	...	...	...	...	...	70	110	90	310	410	...	365	345	260	410	410
1250	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	220	365	...	280	245	200	325	325
1300	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	165	275	...	210	185	160	240	240
1350	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	125	205	...	165	135	115	160	160
1400	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	90	150	...	125	105	90	110	110
1450	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	70	115	...	95	80	60	75	75
1500	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	50	85	...	75	70	50	55	55

TABLE 2 PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1,2} (CONT'D)
Pressures Are in psig
Class 600

3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15	3.16	Material Group No.
Nickel and Nickel Alloys																
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu Alloy 20Cb	Ni Alloy 200	Ni-Low C Alloy 201	Ni-Cu Alloys 400, 405	Ni-Cr-Fe Alloy 600	Ni-Fe-Cr Alloy 800	Ni-Mo Alloy B2	Ni-Alloys	Ni-Cr-Mo-Fe Alloy X	Ni-Mo-Cd Alloy 700	Ni-Fe-Cr-Mo-Cu-Low C Alloy 90AL	Alloys 20 Mod. & G-3	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G-2	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G	Ni-Fe-Cr Alloy 800H	Ni-Fe-Cr-Si Alloy 330	Temp., °F
1200	720	480	1200	1440	1440	1500	1500	1500	1440	1280	1345	1500	1440	1200	1440	-20 to 100
1115	720	455	1055	1345	1325	1500	1500	1500	1440	1200	1245	1410	1290	1080	1270	100
1045	720	445	990	1275	1250	1455	1455	1360	1360	1085	1175	1325	1195	1015	1175	200
960	720	430	955	1230	1200	1410	1410	1195	1280	995	1075	1265	1125	990	1105	400
935	720	430	950	1185	1155	1330	1330	1150	1225	915	1000	1190	1070	910	1050	500
910	720	430	950	1145	1145	1210	1210	1190	865	865	950	1125	1035	880	1005	600
900	...	430	950	1130	1140	1175	1175	1120	1140	840	930	1105	1020	850	980	650
890	...	430	950	1115	1130	1135	1135	1120	...	820	900	1085	1015	840	955	700
880	...	420	935	1065	1065	1065	1065	...	...	885	1065	1005	995	825	940	750
865	...	410	915	1015	1015	1015	1015	...	...	865	1015	995	915	815	925	800
...	...	410	680	975	975	...	975	975	...	...	...	...	975	795	905	850
...	...	380	495	900	900	...	900	900	...	...	...	...	900	790	885	900
...	...	230	...	655	775	...	775	775	...	...	...	...	775	776	775	850
...	...	185	...	430	725	...	725	725	...	...	...	...	725	725	725	1000
...	...	150	...	280	720	...	720	720	...	...	...	...	...	650	615	1050
...	...	125	...	185	645	...	645	645	...	...	...	...	...	640	480	1100
...	...	95	...	135	550	...	550	550	...	...	...	...	...	550	370	1150
...	...	75	...	125	405	...	370	410	...	...	...	...	...	410	290	1200
...	...	...	...	260	...	...	295	365	...	...	...	...	...	365	235	1250
...	...	...	...	125	...	...	215	275	...	...	...	...	...	275	190	1300
...	...	...	...	100	...	...	205	...	...	...	...	...	...	205	150	1350
...	...	...	...	70	...	...	150	...	...	...	...	...	...	150	110	1400
...	...	...	...	60	...	...	115	...	...	...	...	...	...	115	95	1450
...	...	...	...	50	...	...	85	...	...	...	...	...	...	85	70	1500

(Table 2 continues on next page; Notes follow at end of Table)

TABLE 2 PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1,2} (CONT'D)
Pressures Are in psig
Class 900

Material Group No.	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.10	1.13	1.14	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7				
	Alloy Steels																Austenitic Steels				
Temp., °F	Carbon Steel				C- 1/2Mo	1/2Cr- 1/2Mo	1Cr- 1/2Mo	2 1/4Cr- 1Mo	5Cr- 1/2Mo	9Cr- 1Mo	Type 304	Type 316	Type 304L	Type 316L	Type 321	Type 347	Type 309	Type 310			
	-20 to	2220	2250	2085	1850	2085	2250	2250	2250	2250	2250	2160	2160	1800	2160	2160	2015	2015			
100	2025	2250	1970	1685	2035	2250	2135	2150	2250	2250	1800	1860	1520	1830	1910	1815	1815				
200	1970	2185	1915	1640	1955	2185	2020	2030	2185	2185	1585	1680	1360	1635	1765	1705	1705				
300	1900	2115	1850	1585	1920	2115	1975	1945	2115	2115	1410	1540	1240	1485	1665	1600	1600				
400	1795	1995	1745	1495	1865	1985	1925	1920	1995	1995	1310	1435	1145	1375	1555	1510	1510				
500	1640	1815	1600	1370	1815	1815	1815	1815	1815	1815	1245	1385	1000	1310	1475	1435	1435				
650	1610	1765	1570	1345	1765	1765	1765	1765	1765	1765	1225	1330	1050	1280	1440	1395	1395				
700	1600	1705	1555	1345	1705	1705	1705	1705	1705	1705	1210	1295	1030	1260	1405	1370	1370				
750	1510	1510	1420	1325	1595	1595	1595	1595	1595	1595	1195	1270	1010	1245	1385	1340	1340				
800	1235	1235	1175	1110	1525	1525	1525	1525	1490	1525	1180	1245	985	1240	1370	1305	1305				
850	805	805	805	805	1460	1460	1460	1460	1315	1460	1165	1215	965	1225	1330	1275	1275				
900	515	515	515	515	1350	1350	1350	1350	1060	1350	1150	1180	...	1215	1295	1245	1245				
950	310	310	310	310	845	1030	1130	1130	780	1110	1125	1160	...	1160	1160	1160	1160				
1000	155	155	155	155	495	640	870	805	575	875	965	1090	...	1070	1090	1010	1050				
1050	...	...	...	...	...	565	410	595	420	565	825	1040	...	1040	1080	875	1000	
1100	...	...	...	...	...	...	290	340	310	340	770	965	...	905	965	670	875	
1150	...	...	...	...	...	...	155	310	205	225	585	825	...	710	825	515	740	
1200	...	...	...	...	...	...	105	165	135	155	465	620	...	545	515	390	620	
1250	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	330	545	...	420	370	300	485	
1300	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	245	410	...	320	280	235	380	
1350	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	185	310	...	245	206	175	235	
1400	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	145	225	...	185	155	135	165	
1450	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	105	175	...	145	125	95	115	
1500	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	70	125	...	115	105	70	70	

TABLE 2 PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1,2} (CONT'D)
Pressures Are In psig
Class 900

3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15	3.16	Material Group No.	
Nickel and Nickel Alloys																	
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu Alloy 20Cb	Ni Alloy 200	Ni-Low C Alloy 201	Ni-Cu Alloy 400, 405	Ni-Cr Alloy 400, 600	Ni-Cr-Fe Alloy 600	Ni-Mo Alloy B2	Ni-Al alloys	Ni-Cr-Mo-Fe Alloy X	Ni-Fe-Cr-Mo-Cd Alloy 700	Ni-Fe-Cr-Mo-C Alloy 904L	Ni-Fe-Cr-Mo-C Alloy 904L	Ni-Cr-Fe-Mo-C Alloy 20 Mod. & G-3	Ni-Cr-Fe-Mo-C Alloy G-2	Ni-Fe-Cr Alloy G	Ni-Fe-Cr Alloy 800H	Ni-Fe-Cr-Si Alloy 330	Temp., °F
1800	1080	720	1800	2160	2160	2250	2250	2250	2160	1920	2015	2250	2160	1800	2160	-20 to 100	
1670	1080	685	1585	2015	1930	2250	2250	2250	2160	1805	1870	2115	1935	1620	1910	200	
1570	1080	670	1485	1915	1810	2165	2185	2040	2040	1630	1760	1985	1795	1520	1765	300	
1445	1080	650	1435	1845	1800	2115	2115	1795	1920	1490	1610	1900	1610	1440	1655	400	
1405	1080	650	1435	1780	1735	1995	1995	1730	1835	1370	1500	1780	1605	1370	1575	500	
1385	1080	650	1425	1720	1720	1815	1815	1680	1780	1295	1425	1685	1555	1320	1505	600	
1350	...	650	1435	1690	1705	1765	1765	1880	1705	1265	1395	1680	1535	1275	1470	650	
1335	...	650	1435	1670	1690	1705	1705	1680	...	1230	1350	1630	1520	1260	1445	700	
1320	...	635	1405	1595	1595	1595	1595	...	...	1200	1595	1505	1240	1410	1410	750
1285	...	610	1375	1520	1520	1520	1520	...	...	1295	1525	1490	1225	1390	1390	800
...	...	610	1020	1460	1460	...	1460	1460	...	...	...	...	1460	1195	1360	850
...	...	415	740	1350	1350	...	1350	1350	...	...	...	...	1350	1180	1330	900
...	...	345	...	980	1160	...	1160	1160	...	...	...	...	1180	1160	1160	950
...	...	280	...	650	1090	...	1090	1090	...	...	...	...	1090	1090	1090	1000
...	...	220	...	415	1080	...	1080	1080	...	...	...	...	...	...	975	925
...	...	185	...	280	965	...	965	965	...	...	...	...	...	...	965	720
...	...	140	...	205	825	...	825	825	...	...	...	...	...	...	825	555
...	...	110	...	185	610	...	555	620	...	...	...	...	...	...	620	435
...	...	...	...	...	390	...	440	545	...	...	...	...	...	...	545	350
...	...	...	...	...	185	...	325	410	...	...	...	...	...	...	410	285
...	...	...	...	...	150	...	...	310	...	...	...	...	...	...	310	220
...	...	...	...	...	100	...	...	225	...	...	...	...	...	...	225	165
...	...	...	...	...	85	...	...	176	...	...	...	...	...	...	175	140
...	...	...	...	...	75	...	...	125	...	...	...	...	...	...	125	100

(Table 2 continues on next page; Notes follow at end of Table)

TABLE 2—PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1,2} (CONT'D)
Pressures Are in psig
Class 1500

Material Group No.	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9	1.10	1.13	1.14	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7		
	Alloy Steels																Austenitic Steels		
Temp., °F	Carbon Steel				C- ½Mo	½Cr- ½Mo	1¼Cr- ½Mo	2¼Cr- 1Mo	5Cr- ½Mo	9Cr- 1Mo	Type 304	Type 316	Type 304L Type 316L	Type 321	Types 347, 348	Type 309	Type 310		
	-20 to																		
100	3705	3750	3470	3085	3470	3750	3750	3750	3750	3600	3600	3000	3600	3600	3360	3360			
200	2375	3750	3280	2910	3395	3750	3560	3580	3750	3750	3000	3095	2530	3050	3180	3025			
300	3280	2640	3190	2735	3260	3640	3365	3285	3640	3640	2795	2270	2725	2940	2945	2845			
400	3170	3530	3085	2645	3200	3530	3790	3240	3530	3530	2350	2570	2045	2470	2770	2665			
500	2895	3275	2910	2490	3105	3325	3210	3200	3325	3325	2185	2390	1910	2290	2590	2520			
600	2735	3025	2685	2285	3025	3025	3025	3025	3025	3025	2075	2255	1600	2185	2460	2390			
650	2685	2940	2615	2245	2940	2940	2940	2940	2940	2940	2040	2220	1750	2135	2400	2330			
700	2665	2840	2590	2245	2840	2840	2840	2840	2840	2840	2015	2160	1715	2100	2340	2280			
750	2520	2520	2365	2210	2660	2660	2660	2660	2660	1990	2110	1680	2075	2205	2230	2230			
800	2060	2060	1935	1850	2540	2540	2540	2540	2485	2540	1970	2075	1645	2065	2260	2170			
850	1340	1340	1340	1340	2435	2435	2435	2435	2195	2435	1945	2030	1610	2040	2220	2125			
900	860	860	860	860	2245	2245	2245	2245	1785	2245	1920	1970	...	2030	2160	2075			
950	515	515	515	515	1405	1715	1885	1885	1305	1850	1870	1930	...	1930	1930	1930			
1000	260	260	260	260	825	1065	1115	1340	960	1460	1610	1820	...	1785	1820	1880			
1050	...	...	...	...	...	945	885	995	705	945	1545	1800	...	1730	1800	1460
1100	...	...	...	...	...	...	480	865	515	865	1285	1610	...	1510	1610	1115
1150	...	...	...	...	...	...	260	515	345	380	980	1370	...	1185	1370	860
1200	...	...	...	...	...	...	170	275	225	260	770	1030	...	810	855	650
1250	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	550	910	...	706	615	495
1300	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	410	685	...	530	485	395
1350	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	310	515	...	410	345	290
1400	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	240	380	...	310	255	225
1450	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	170	290	...	240	205	185
1500	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	120	205	...	180	170	120

TABLE 2 PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1,2} (CONT'D)Pressures Are in psig
Class 1500.

3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15	3.16	Material Group No.
Nickel and Nickel Alloys																
Cr-Ni-Fe-Mo-Cu-Nb	Ni Alloy 200	Ni-Low C Alloy 201	Ni-Cu Alloy 400	Ni-Cr-Fe Alloy 600	Ni-Fe-Cr Alloy 800	Ni-Mo Alloy B2	Ni-Alloys	Ni-Cr-Mo-Fe Alloy X	Ni-Fe-Cr-Mo-Cu Alloy 700	Ni-Fe-Cr-Mo-Cu Alloy 904L	Alloys 20 Mod. & G-3	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G-2	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G	Ni-Fe-Cr Alloy 800H	Ni-Fe-Cr-Si Alloy 330	Temp., °F
3000	1800	1200	3000	3600	3600	3750	3750	3750	3600	3205	3360	3750	3600	3000	3600	-20 to 100
2785	1800	1140	2640	3360	3310	3750	3750	3750	3600	3005	3115	3530	3230	2700	3180	200
2615	1800	1115	2470	3190	3120	3640	3640	3395	3400	2720	2935	3310	2990	2530	2940	300
2405	1800	1080	2390	3070	3000	3530	3530	2990	3205	2485	2680	3170	2810	2400	2760	400
2340	1800	1080	2375	2965	2890	3325	3325	2880	3060	2285	2500	2970	2675	2280	30	500
2275	1800	1080	2375	2870	2870	3025	3025	2795	2970	2160	2375	2810	2590	2195	2510	600
2250	...	1080	2375	2820	2645	2940	2940	2795	2845	2105	2320	2785	2555	2125	2450	650
2225	...	1080	2375	2785	2820	2840	2840	2795	...	2050	2250	2720	2530	2100	2410	700
2200	...	1055	2340	2660	2650	2660	2660	2660	...	...	2215	2660	2510	2065	2350	150
2180	...	1020	2290	2540	2535	2540	2540	2540	...	...	2160	2540	2485	2040	2315	600
...	...	1020	1695	2435	2435	...	2435	2435	...	...	...	...	2435	1930	2270	850
...	...	695	1235	2245	2245	...	2245	2245	...	...	...	...	2245	1980	2215	900
...	...	570	...	1635	1930	...	1930	1930	...	...	...	...	1930	1930	1930	950
...	...	465	...	1080	1820	...	1820	1820	...	...	...	...	1820	1820	1820	1000
...	...	370	...	695	1800	...	1800	1800	...	...	...	...	1625	1645	1050	1050
...	...	310	...	485	1610	...	1610	1610	...	...	...	...	1605	1205	1100	1100
...	...	230	...	340	1370	...	1370	1370	...	...	...	...	1370	825	1150	1150
...	...	185	...	310	1020	...	825	1030	...	...	...	...	1030	725	1200	1200
...	...	...	...	650	...	...	735	910	...	...	...	...	910	585	1250	1250
...	...	...	...	310	...	...	540	685	...	...	...	...	685	480	1300	1300
...	...	...	...	245	...	...	515	...	...	...	...	...	515	370	1350	1350
...	...	...	...	170	...	...	380	...	...	...	...	...	380	280	1400	1400
...	...	...	...	155	...	...	290	...	...	...	...	...	290	230	1450	1450
...	...	...	...	128	...	...	205	...	...	...	...	...	205	170	1500	1500

Table 2 continues on next page; Notes follow at end of Table

TABLE 2 PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1,2} (CONT'D)
Pressures Are in psig
Class 2500

Material Group No.	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.10	1.11	1.14	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	
	Alloy Steels														Austenitic Steels			
	Carbon Steel				C-ViMo	1/2Cr-Ni-Cr-Mo	1/2Cr-ViMo	2 1/2Cr-1Mo	5Cr-ViMo	9Cr-1Mo	Type 304	Type 316	Type 304L-316L	Type 321	Type 347-348	Type 309	Type 310	
Temp., °F																		
-20 to																		
100	6170	6250	5785	5145	5785	6250	6250	6250	6250	6250	6000	5000	5000	5000	6000	5800	5800	
200	5625	6250	5470	4660	5660	6250	5930	5965	6250	6250	5000	5160	4220	5080	5300	5040	5040	
300	5470	6070	5315	4560	5435	6070	5605	5640	6070	6070	4400	4650	3760	4540	4900	4740	4740	
400	5260	5880	5145	4405	5330	5880	5485	5400	5880	5880	3920	4280	3440	4120	4620	4440	4440	
500	4990	5540	4850	4150	5180	5540	5350	5330	5540	5540	3640	3980	3180	3820	4320	4200	4200	
600	4560	5040	4440	3805	5040	5040	5040	5040	5040	3480	3760	3000	3640	4100	3980	3980	3980	
650	4475	4905	4355	3740	4905	4905	4905	4905	4905	3400	3700	2920	3560	4000	3880	3880	3880	
700	4440	4730	4320	3740	4730	4730	4730	4730	4730	3360	3600	2860	3500	3900	3800	3800	3800	
750	4200	4200	3945	3685	4430	4430	4430	4430	4430	3320	3520	2800	3460	3860	3720	3720	3720	
800	3430	3430	3260	3085	4230	4230	4230	4230	4145	3280	3460	2740	3440	3800	3620	3620	3620	
850	2230	2230	2230	2230	4060	4060	4060	4060	3660	4080	3240	3380	2680	3400	3700	3540	3540	
900	1430	1430	1430	1430	3745	3745	3745	3745	2945	3745	3200	3280	...	3380	3600	3480	3460	
950	860	860	860	860	2345	2660	3145	3145	2170	3085	3120	3220	...	3220	3220	3220	3220	
1000	430	430	430	430	1370	1170	1860	2230	1600	2430	2685	3030	...	2870	3030	2800	2915	
1050	...	...	...	...	...	1570	1145	1660	1170	1570	2570	3000	...	2885	3000	2430	2770
1100	...	...	...	...	...	...	800	945	860	945	2145	2685	...	2515	2685	1850	2430
1150	...	...	...	...	...	...	430	860	570	830	1630	2285	...	1870	2285	1430	2080
1200	...	...	...	...	...	...	285	460	370	430	1285	1715	...	1515	1430	1085	1718
1250	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	918	1515	...	1170	1030	830	1345
1300	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	688	1145	...	888	770	660	1000
1350	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	518	880	...	688	570	485	660
1400	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	400	830	...	518	430	370	480
1450	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	288	488	...	400	348	260	318
1500	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	200	348	...	318	288	200	200

TABLE 2 PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS^{1, 2} (CONT'D)Pressures Are In psig
Class 2500

3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15	3.16	Material Group No.
Nickel and Nickel Alloys																
Cr-Ni-Mo, Cu-Cb Alloy 20Cb	Ni Alloy 200	Ni-Low C Alloy 201	Ni-Cu Alloy 400, 405	Ni-Cr-Fe Alloy 600	Ni-Fe-Cr Alloy 800	Ni-Mo Alloy B2	Ni-Alloys	Ni-Mo-Fe Alloy X	Ni-Cr-Mo-Ni Alloy 700	Ni-Fe-Cr-Mo-Low C Alloy 904L	Alloys 20 Mod. & G-3	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G-2	Ni-Cr-Fe-Mo-Cu Alloy G	Ni-Fe-Cr Alloy 800H	Ni-Fe-Cr-Si Alloy 330	Temp., °F
5000	3000	2000	5000	6000	6000	6250	6250	6250	6000	5340	5600	6250	6000	5000	6000	-20 to 100
4640	3000	1800	4400	5800	5520	6250	6250	6250	6000	5010	5190	5880	5380	4500	5300	200
4350	3000	1850	4120	5320	5200	6070	6070	5660	5670	4530	4890	5570	4980	4220	4800	300
4010	3000	1800	3980	5120	5000	5880	5880	4980	5340	4140	4470	5280	4670	4000	4600	400
3900	3000	1800	3960	4940	4820	5540	5540	4800	9100	3810	4170	4950	4450	3800	4380	500
3790	3000	1800	3960	4780	4780	5040	5040	4660	4950	3600	3960	4680	4320	3660	4180	600
3750	...	1800	3960	4700	4740	4905	4905	4660	4740	3510	3670	4605	4260	3540	4080	650
3710	...	1800	3960	4640	4700	4730	4730	4660	...	3420	3750	4530	4220	3500	4020	700
3685	...	1760	3900	4430	4430	4430	4430	...	...	3690	4430	4180	3440	3920	750	
3500	...	1700	3820	4230	4230	4230	4230	...	...	3600	4230	4140	3400	3860	800	
...	...	1700	2830	4060	4060	...	4060	...	...	...	...	4060	3320	3780	850	
...	...	1155	2055	3745	3745	...	3745	...	...	...	...	...	3745	3300	3690	900
...	...	950	...	2725	3220	...	3220	...	...	...	...	...	3220	3220	3220	950
...	...	770	...	1800	3030	...	3030	...	...	...	...	...	3030	3030	3030	1000
...	...	615	...	1155	3000	...	3000	...	...	...	...	...	...	2710	2570	1050
...	...	515	...	770	2685	...	2685	...	...	...	...	...	...	2675	2005	1100
...	...	385	...	585	2285	...	2285	...	...	...	...	...	...	2285	1545	1150
...	...	310	...	515	1695	...	1545	1715	...	...	...	...	...	1715	1210	1200
...	...	...	...	...	1080	...	1220	1515	...	...	...	...	...	1515	975	1250
...	...	...	...	...	515	...	900	1145	...	...	...	...	...	1145	795	1300
...	...	...	...	...	410	...	...	860	...	...	...	...	...	860	615	1350
...	...	...	...	...	285	...	...	630	...	...	...	...	...	630	455	1400
...	...	...	...	...	255	...	...	485	...	...	...	...	...	485	385	1450
...	...	...	...	...	205	...	...	345	...	...	...	...	...	345	285	1500

(Notes follow on next page)

TABLE 2 (CONT'D)

NOTES.

(1) Provisions of Section 2 apply to all ratings.

(2) Temperature notes for all Material Groups, Table 2, Classes 150 through 2500 (see Table 1A for additional information and Notes relating to specific materials):

Material Group No.	Materials (Spec. No. and Grade)	See Notes	Material Group No.	Materials (Spec. No. and Grade)	See Notes
1.1	A 105, A 216 WCB, A 515 70 A 516 70 A 350 LF2, A 537 Cl.1	(a)(b) (a)(c) (d)	2.5	A 182 F347, A 240 347 A 182 F347H, A 240 347H A 182 F348, A 240 348 A 182 F348H, A 240 F348H	(b) ... (b) ...
1.2	A 203 B, A 203 E, A 216 WCC A 350 LF3, A 352 LC2, A 352 LC3 A 350 LCC	(a)(b) ... (d)	2.6	A 240 309S, A 351 CH8, A 351 CH20	...
1.3	A 352 LC8 A 203 A, A 203 D, A 515 85 A 516 85	(a) (a)(b) (a)(c)	2.7	A 182 F310, A 240 310S A 351 CK20	(j) ...
1.4	A 515 60 A 516 60 A 350 LF1	(a)(b) (a)(c) (d)	3.1	B 462 N08020, B 463 N08020 A 351 CN7M	... (n)
1.5	A 182 F1, A 204 A, A 204 B, A 217 WC1 A 352 LC1	(a)(b) (d)	3.2	B 160 N02200, B 162 N02200	...
1.7	A 204 C A 182 F2, A 217 WC4 A 217 WC5	(c) (b) (f)	3.3	B 160 N02201, B 162 N02201	...
1.9	A 182 F11, A 182 F12, A 387 11 Cl.2 A 217 WC8	(g) (h)	3.4	B 564 N04400, B 127 N04400 B 164 N04405	......
1.10	A 182 F22, A 387 22 Cl.2 A 217 WC9	(g) (h)	3.5	B 564 N06600, B 168 N06600	...
1.13	A 182 F5, A 182 F5a, A 217 C5	...	3.6	B 564 N08800, B 409 N08800	...
1.14	A 182 F9, A 217 C12	...	3.7	B 335 N10665, B 333 N10665	...
2.1	A 182 F304, A 182 F304H A 240 304, A 351 CF8 A 351 CF3 A 240 304H	... ... ... ...	3.8	B 574 N10278, B 575 N10278 B 574 N06455, B 575 N06455 B 564 N06625, B 443 N06625 B 335 N10001, B 333 N10001 B 573 N10003, B 434 N10003 B 425 N06825, B 424 N06825	(k) (l) (l)(m) (i) ... (b)
2.2	A 182 F316, A 182 F316H, A 240 316 A 240 317, A 351 CF8M A 351 CF3M A 240 316H	... ... (c) ...	3.9	B 672 N06002, B 435 N06002	...
2.3	A 182 F304L, A 240 304L A 182 F316L, A 240 316L	(i) (c)	3.10	B 672 N06700, B 599 N06700	...
2.4	A 182 F321, A 240 321 A 182 F321H, A 240 321H	(b) ...	3.11	B 649 N08904, B 625 N08904	...
			3.12	B 621 N08320, B 620 N08320 B 581 N06985, B 582 N06985	......
			3.13	B 581 N06975, B 582 N06975	...
			3.14	B 661 N06007, B 662 N06007	...
			3.15	B 564 N08810, B 409 N08810	...
			3.16	B 511 N08330, B 536 N08330	...

TABLE 2 (CONT'D)

NOTES (CONT'D):

- (a) permissible but not recommended for prolonged use above about 800°F;
- (b) not to be used over 1000°F;
- (c) not to be used over 850°F;
- (d) not to be used over 650°F;
- (e) permissible but not recommended for prolonged use above about 850°F;
- (f) not to be used over 1050°F;
- (g) permissible but not recommended for prolonged use above about 1100°F;
- (h) not to be used over 1100°F;
- (i) not to be used over 800°F;
- (j) for service temperature 1050°F and above, should be used only when assurance is provided that grain size is not finer than ASTM 6;
- (k) not to be used over 1250°F;
- (l) not to be used over 1200°F;
- (m) Alloy N05625 in the annealed condition is subject to severe loss of impact strength at room temperatures after exposure in the range of 1000°F to 1400°F.
- (n) not to be used over 300°F.

5 CORROSION PERMISIBLE

La corrosión permisible, es un factor de seguridad - que se considera en el espesor de la tubería por; el roscado, la corrosión y la erosión en las tuberías.

En la Tabla 3.5.1 que se muestra a continuación se - indican los valores de corrosión permisible ("C") -- para las secciones 1, 2, 3, 4 y 5 del código para tuberías a presión ANSI B31.

Los valores de "C" (corrosión permisible) para tube_ rías de acero, estan dados en pulgadas.

TABLA 3.5.1 VALORES PARA LA CORROSION PERMISIBLE

Diámetro Nominal de Tubería (pulg)	Extremos Lisos			Ext.Rosc.
	Secciones 1, 4 y 5	Sección 2	Sección 3	Secciones 1,3,4 y 5
1/8	0.05	0.02*	0	0.05
1/4 y 3/8	0.05	0.02*	0	0.05
1/2 y 3/4	0.05	0.02*	0.05	0.0571
1	0.05	0.05 *	0.05	0.0696
1 1/4 a 2	0.05	0.05*	0.05	0.0696
Mayores a 2	0.05	0.05*	0.05	0.1

* Usese solo como referencia: Depende de las condiciones de corrosión.

NOTA: En algunos casos muy especiales donde el fluido es muy corrosivo y no se maneja con el material adecuado resultan factores por corrosión muy altos, éstos deberán ser determinados por el Ingeniero Químico.

Para la tubería roscada el factor "C" estará compuesto por la suma de la profundidad del roscado más la corrosión permisible (ANSI B31.3 304.1.1 Inciso B y ANSI B2.1 profundidad de roscado).

3.6 TIPOS DE EXTREMOS EN VALVULAS, CONEXIONES Y TUBERIA

Dentro de los tipos de extremos en válvulas, accesorios y tubería mencionaremos los más usuales, así como su aplicación.

A) Extremos Roscados

Se usan básicamente para diámetros menores, esto es de 1 1/2" de diámetro y menor, en tubería, conexiones y válvulas.

Este tipo de extremos se emplea en servicios moderados de temperatura y presión.

B) Extremos Inserto Soldable (socket-weld)

Se usa también para diámetros menores, de 1 1/2" y menor en válvulas y conexiones.

Su selección se basa en servicios severos de temperatura y presión, en donde el peligro de fuga debe ser eliminado.

C) Extremos Planos (lisos)

Se emplea únicamente en tubería para conectar a válvulas y/o conexiones con extremos inserto soldable, en

diámetros de 1 1/2" y menor.

D) Extremos Biselados o Soldable a Tope

Se utiliza normalmente en tubería y conexiones de 2" de diámetro y mayores, en válvulas también se emplea pero no es muy común.

E) Extremos Bridados

Se usan normalmente en válvulas de 2" de diámetro y mayores, en conexiones que requieren continuo mantenimiento, para conectarse a equipos, y en donde no es posible usar conexiones soldables por el tipo de material.

F) Extremos de Campana y Espiga

Este tipo de extremo es común emplearlo en sistemas tales como: Drenajes, conducción de agua, etc., en condiciones moderadas de temperatura y presión.

Ahora bien dentro del proceso de selección o de determinación del tipo de extremo se tiene un límite de un tipo de extremo a otro el cual se determina tomando -

en cuenta las características físicas, económicas y -
de seguridad del sistema de tuberías.

Este límite usualmente en plantas industriales es de
1 1/2" de diámetro y menores para extremos inserto -
soldable o roscados y de 2" de diámetro y mayores pa-
ra extremos biselados.

3.7 SELECCION DE BRIDAS

Una brida es un accesorio que se utiliza para determinar un tipo de extremo y establecer una unión en válvulas, equipos y tuberías.

Para seleccionar una brida se debe de determinar los siguientes conceptos.

- 1o. Material
- 2o. Clase o Rango
- 3o. Tipo de Brida
- 4o. Tipo de Cara

de los cuales los puntos 1o. y 2o. se pueden determinar por:

- 1o. Material (ver punto 3.3 Selección de Material)
- 2o. Clase o Rango (ver punto 3.4 Rangos temperatura-presión).

Los puntos 3o. y 4o. los veremos a continuación.

3.7.1 TIPOS DE BRIDAS

A) Roscada (Threaded)

Este tipo de brida se une a la tubería por medio de rosca y no necesita soldadura, se usa en servicios con presión y temperatura moderada. No es adecuada para servicios que impliquen fatigas térmicas.

B) Deslizante (Slip-On)

Para su instalación se desliza la brida en la tubería y se hacen dos soldaduras, una interior y otra exterior, su costo inicial es menor que el de una de cuello, pero de igual costo instalada, requiere menos destreza en el montaje que la de cuello. La resistencia bajo presión interior y la vida de condiciones de fatiga es menor que para una de cuello.

Por estas características su recomendación de uso es para servicios moderados y particularmente cuando un montaje fácil es una consideración de primer orden.

C) De Cuello (Weldin Neck)

La brida termina en un cubo cónico que coincide con la tubería a la cual se une por soldadura, por esta razón en la brida de cuello debe especificarse su espesor de pared (cédula), el cual debe coincidir con

el de la tubería.

La disminución progresiva hace que se produzca una buena distribución de fatigas, siendo la brida que mejor se adapta a este tipo de esfuerzos.

Sus recomendaciones de uso son para condiciones de servicios severas, alta presión y temperatura.

D) De Traslape (Lapped Joint)

Usada con casquillos para brida loca (stub end), en sistemas que requieren desmantelamiento frecuente y en tubería de acero inoxidable o aleación que admitan por economía bridas locas de acero al carbón.

Por fatiga del material de la brida se considera 1/10 de la brida de cuello.

Para grandes diámetros, en los que la posibilidad de girar la brida es importante. Se debe evitar para condiciones que impliquen fatigas de flexión.

E) Inserto Soldable (Socket Weld)

Tiene dos diámetros interiores escalonados, uno el de orificio de conducción igual al diámetro interior del tubo al cual se conecta y otro un poco mayor que el diámetro exterior del tubo, su unión se hace por medio de una soldadura en el exterior del tubo, se usan para servicios de altas presiones y temperaturas, y donde se requiere estanqueidad.

F) Ciega (Blind Flange)

Es una placa circular que obtura el flujo, se usa principalmente para taponar válvulas, boquillas, cables y conexiones futuras.

G) De Orificio (Orifice Flange)

Básicamente es igual a la brida de cuello excepto que la de orificio tiene una conexión perpendicular al flujo, roscado o inserto soldable, para conectar el dispositivo de medición.

Se usa para contener una placa de orificio la cual nos dará las condiciones en el flujo para medir las variables de presión, gasto, etc.

3.7.2 TIPO DE CARA

El tipo de cara está determinado por el grado de sellado que se requiere en la junta y estos son:

A) Cara Plana

Normalmente usada en conexiones y válvulas bridadas - de fierro fundido para 125 y 250 psig.

B) Cara Realzada

El tipo de cara más común, se emplea en servicios con condiciones moderadas de temperatura y presión.

C) Cara tipo Anillo

Preferida en servicios para alta presión y temperatura.

D) Cara tipo Macho y Hembra

Usada en servicios especiales en donde se requiere retener el empaque.

E) Cara tipo Ranura y Empaque

Usada en servicios especiales en donde se requiere una gran retención del empaque y eliminar el contacto

con el fluido que se está manejando.

3.8 CALCULO DEL ESPESOR DE PARED EN TUBERIA BAJO PRESION INTERNA.

El espesor de pared o cédula de una tubería se puede obtener mediante varios procedimientos como:

- A) Por fórmula general
- B) Por presiones que producen esfuerzos unitarios de --
10,000 Psig.
- C) Por presiones de trabajo, en tuberías de acero al carbón.
- D) Etc.

pero todos estos métodos tienen ciertas limitaciones --
como:

- A) Por información disponible en la que se basan .
- B) Aplicable a un solo material y a una sección específica del ANSI B31.
- C) El espesor de pared de la tubería debe ser menor que un sexto del diámetro, esto es $t < D/6$.

Donde:

t = espesor de pared en la tubería

D = diámetro de la tubería

D) Etc.

Aunque existen varios procedimientos todos tienen en común la siguiente base teórica.

Una tubería que contenga un fluido a presión interna está sometida a fuerzas de tensión según sus secciones longitudinales y transversales, y las paredes han de resistir estas fuerzas para evitar que falle.

La figura 1 muestra una sección en tubería donde se indican las fuerzas actuantes.

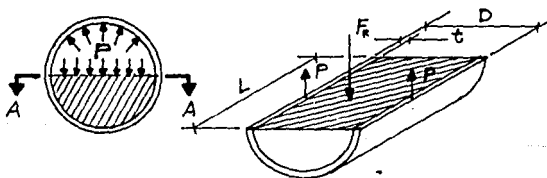


Figura 1

Sección A-A

De la figura 1 tenemos que:

$$F = PA = PDL \quad (1)$$

El esfuerzo puede ser evaluado de la siguiente forma:

$$S = F/A \quad (2)$$

si $F = PDL$ (ecuación 1)

y $A = tL$ pero, como se tienen dos secciones

$$A = 2tL$$

sustituyendo en la ecuación (2) los valores de F y A

$$S = \frac{PDL}{2tL} = \frac{PD}{2t}$$

tenemos que, el esfuerzo denominado circunferencial - será:

$$S = \frac{PD}{2t}$$

El esfuerzo calculado mediante la expresión anterior es el esfuerzo medio para tubería en la cual, la pared tenga un espesor menor que $D/6$; este esfuerzo - medio calculado es prácticamente igual al esfuerzo máximo que se tiene en la superficie interior y exterior de la tubería.

Ahora bien, para nuestro objetivo y en función de que es un procedimiento fundamentado en el ANSI B31.3 edición 1984 optamos por el siguiente método.

3.8.1 PROCEDIMIENTO POR FORMULA GENERAL

ALCANCE

Este procedimiento sirve para determinar el espesor de pared para tuberías de acero al carbón (carbón - steel), acero de aleación (alloy steel) y acero inoxidable (stainless steel), y es aplicable a las secciones 1, 3, 4 y 5 del código de referencia.

3.8.1.1 INFORMACION

La información requerida para determinar el espesor de pared de la tubería es la siguiente:

- A) Especificación y/o material de la tubería
- B) Fluido que maneja
- C) Sección a la que corresponde, según el código de referencia.
- D) Presión máxima
- E) Temperatura máxima
- F) Diámetro de la tubería

3.8.1.2. ESPESOR COMERCIAL

A excepción de las tuberías de gran diámetro, el espesor comercial de las tuberías está determinado por la cédula de una tubería, y mediante esta forma se expresarán los espesores de las tuberías que se obtengan.

3.8.1.3 ESPESOR MINIMO PERMISIBLE

Representa el mínimo espesor para consideraciones de esfuerzos.

Si el espesor requerido para contener la presión es menor que el mínimo permisible, deberá considerarse este último.

A continuación se enlistan los valores de espesores mínimos permisibles en tuberías con extremos planos y roscados para diferentes diámetros.

<u>Diámetro de Tubería</u>	<u>Espesor mínimo p/ Tubs.c/ext.planos</u>	<u>Espesor mínimo p/ Tubs.c/ext.rosca.</u>
1/2"	0.06	0.03
3/4"	0.06	0.04
1"	0.06	0.045

	130	
1 1/2"	0.06	0.05
2"	0.06	
3" Y 4"	0.06	
6" Y 12"	0.09	
14" Y 24"	0.12	

Por razones de resistencia mecánica es costumbre en muchas plantas utilizar un mínimo de cédula 80 para tuberías de acero al carbón roscadas o inserto soldable para tamaños de 1 1/2" de diámetro y menores o para tuberías con extremos planos, el espesor mínimo permisible, es el espesor remanente después de la reducción del espesor nominal de la tubería por tolerancia del molino y corrosión permisible y para tuberías con extremos roscados, es el espesor remanente después de la reducción del espesor nominal de la tubería por tolerancia del molino, roscado y corrosión permisible.

Por lo tanto, se deberán añadir los espesores por los conceptos mencionados al espesor mínimo permisible -- para obtener el espesor total requerido.

3.8.1.4. FORMULA GENERAL

Para el cálculo del espesor en tubería sometida a presión interna, el código ANSI B31 para tuberías establece lo siguiente.

$$A) \quad t = \frac{PD}{2(SE+PY)} \quad \text{cuando } t < D/6 \text{ ó } P/SE < 0.385$$

$$B) \quad t = \frac{D}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{SE-P}{SE+P}} \right)$$

cuando $t \geq D/6$ ó $P/SE \geq 0.385$

en donde para la ecuación del inciso B) se deberá de tomar en cuenta también factores del material y de diseño tales como, la teoría de falla, fatiga y esfuerzos térmicos.

C) Con el valor de t determinar el valor de \bar{T} entonces tenemos:

$$t_m = t + c$$

$$T_N = t_m + TF$$

finalmente $T_N \rightarrow \bar{T}$

donde:

- t = Espesor mínimo requerido por presión
- P = Presión de diseño o presión máxima de trabajo.
- D = Diámetro exterior (ANSI B36.10 y B36.19)
- SE = Esfuerzo máximo permisible y factor de eficiencia de junta (apendice "A" de ANSI -- B31.1)
- Y = Factor de corrección (tabla 3.8.1)
- tm = Espesor mínimo requerido incluyendo tolerancias mecánicas, corrosión y erosión.
- C = Suma de tolerancias mecánicas, de corrosión y erosión (tabla 3.3.1)
- TN = Espesor nominal promedio
- TF = Tolerancia de fabricación * (tabla 3.8.2)
- \bar{T} = Espesor comercial inmediato superior

* Dependiendo de la especificación del material, la tolerancia de fabricación será un porcentaje o una cantidad adicional al espesor mínimo tm.

TABLA 3.8.1.

FACTOR DE CORRECCION "Y"

MATERIALES	TEMPERATURAS GRADOS F (GRADOS C)					
	900 (485) y Men.	950 (510)	1000 (540)	1050 (560)	1100 (595)	1150 (620) y May.
Aceros Ferríticos	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
Aceros Austeníticos	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
Otros Metales Ductiles	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Fundiciones	0.0	-	-	-	-	-

para cuando $t \geq D/6$ $Y = \frac{d}{d + D}$ donde:

d = diámetro interior $d = D - 2(T - C)$

TABLA 3.B.2
 TOLERANCIA DE FABRICACION

Especificación de Materiales ASTM	Tolerancia de Fabricación	Rango de Diámetros de fabricación	
		DE	A
A-53	12.5%	0.125"	26"
A-106	12.5%	0.125"	26"
A-120	12.5%	0.125"	16"
A-134	0.010"	16" y mayores	
A-135	12.5%	2"	30"
A-139	12.5%	4"	92"
A-155	0.010"	16" y mayores	
A-211	-	4"	48"
A-252	12.5%	Todos	
A-312	12.5%	0.125"	30"
A-333	12.5%	Todos	
A-335	12.5%	16" y mayores	
A-336	-	Todos	
A-358	0.010"	8" y mayores	
A-369	0.125"	Todos	
A-376	12.5%	Todos	
A-381	0.010"	16" y mayores	
A-405	12.5%	Todos	

CONTINUACION TABLA 3.8.2
TOLERANCIA DE FABRICACION

A-409	0.018"	14"	30"
A-426	0.063"		Todos
A-430	0.125"		Todos
A-451	0.063"		Todos
A-452	0.125"		Todos
A-671	0.010"	16" y mayores	
A-672	0.010"	16" y mayores	
A-691	0.010"	16" y mayores	
B-165	10%	0.75"	4"
B-165	12.5%	6"	8"
B-337	12.5%	0.125"	12"
B-464	12.5%	0.125"	30"

3.9 SELECCION DE CONEXIONES CONEXIONES O ACCESORIOS

Son todos aquellos elementos que se utilizan para realizar un cambio de dirección en la tubería, una derivación, una reducción de diámetro, un acoplamiento, etc.

Los cuales se conocen con los nombres de:

Codo 90 grados

Codo 45 grados

Te Recta

Te Reducción

Reducción Concéntrica

Reducción Excéntrica

Suaje Concéntrico

Suaje Excéntrico

Cople

Medio Cople

Inserto Reductor

Tapón Cachucha

Tapón Macho

Reducción Bushing

Etc.

3.9.1 DETERMINACION DE LA PRESION Y CEDULA PARA CONEXIONES

La presión y la cédula son dos de los datos fundamentales que debe cubrir las especificaciones de materiales.

El valor de la presión para bridas, válvulas y conexiones o accesorios bridados se determina mediante la clasificación ANSI para rangos de presión (ver punto 3.4.).

Para conexiones o accesorios de extremos biselados o soldable a tope (2" y mayores) el espesor o cédula debe ser el mismo que se calculó para la tubería (ver punto 3.8).

Para conexiones o accesorios de diámetro menor (1 1/2" y menores) se clasifican por presión, el valor de ésta se determina por una equivalencia con el espesor o cédula de la tubería de acuerdo al material de las conexiones - según se muestra a continuación.

Espesor o Cédula de Tubería	Tipo de Extremo en la Conexión	Designación de clase o Presión en Lb/Plg ² a Conexiones de Ac.Forjado.
80 (XS)	Roscado	2,000
160 -	Roscado	3,000
- (XXS)	Roscado	6,000
80 (XS)	Inserto Soldable	3,000

160 -	Inserto Soldable	6,000
- (XXS)	Inserto Soldable	9,000

Con esta información y la del punto dedicado a tipos de extremos se determina la clase o rango de presión para las conexiones o accesorios.

3.10 SELECCION DE VALVULAS

DEFINICION

Una válvula es un dispositivo mecánico que nos permite - controlar los fluidos que se conducen o manejan por tuberías.

Este control que ejerce la válvula sobre los fluidos se desarrolla en tres formas que son:

A. Obturar o permitir el flujo; esto es hermeticidad total o hermeticidad relativa .

B. Regular el flujo; esto se da en sus diferentes variables como son:

Volúmen

Temperatura

Presión

Dirección

C. Prevenir retroceso del flujo; esto es, cierran automáticamente cuando el flujo cambia de sentido.

Un punto de vista importante es que :

Dentro de la inversión total en la instalación de una planta se estima que las válvulas representan de un -

6% a un 8% . Con esto nos damos cuenta que representan una parte considerable tanto en la inversión total que se efectúa cuando se construye o amplía una planta , como en el costo del mantenimiento de la misma.

Por este motivo se debe poner un gran interés en la correcta selección y aplicación de las válvulas.

En la industria de los hidrocarburos, aproximadamente el 60% de las válvulas instaladas son del tipo compuerta, el 20% válvulas macho, el 10% válvulas de globo y el 10% restante lo conforman válvulas de retención, mariposa, etc.

1.10.1 TIPOS DE VALVULAS

Existe una gran diversidad de válvulas para lograr los objetivos señalados, entre los más comunes encontramos los siguientes tipos:

GRUPO COMPUERTAS

Válvulas de Compuerta sólida tipo cuña

Válvulas de Compuerta flexible tipo cuña

Válvulas de Compuerta partida tipo cuña

Válvulas de Compuerta doble disco y asientos paralelos.

Válvulas de Compuerta sólida caras paralelas

Etc.

GRUPO GLOBO

Válvulas de globo disco esférico

Válvulas de globo disco cónico

Válvulas de aguja

Válvulas de ángulo

Válvulas de pistón

Etc.

GRUPO RETENCION

Válvulas de retención tipo columpio

Válvulas de retención tipo pistón

Válvulas de retención de balín

Válvulas de pie

Etc.

GRUPO MACHOS

Válvulas de macho cónico

Válvulas de macho cilíndrico

Válvulas de macho esférico o bola

Válvulas macho de varias vías

Etc.

GRUPO MARIPOSA

Válvulas de mariposa

GRUPO DE DIAFRAGMAS

Válvula de diafragma

GRUPO DE AUTOMATICAS

Válvulas reguladoras de presión y/o temperatura

Válvulas de seguridad y alivio

Válvulas selenoide

Trampas de vapor

Etc.

3.10.2. CLASIFICACION

Como puede verse, existe una gran variedad de válvulas con nombres diferentes, estos responden en algunas ocasiones a la forma exterior (globo, bola, etc), - en otras al uso (reguladoras de presión, de alivio) - en otros casos al mecanismo que opera la válvula (selenoide), en otros el mecanismo de obturación (com_

puerta, diafragma, etc.) .

Mediante una clasificación de tipos de válvula, basada en la forma en que el elemento regulador actúa sobre el flujo, prácticamente todos los tipos de válvulas pueden quedar comprendidas en siete grupos básicos, los cuales se describen a continuación mencionando sus características y variables.

3.10.2.1. VALVULAS DE COMPUERTA

Las válvulas de compuerta se caracterizan porque su cierre o apertura se efectúa mediante un elemento móvil que se desliza en plano paralelo a los asientos de la válvula cortando el flujo transversalmente.

Esta válvula se usa en la industria únicamente para interrumpir o restablecer el flujo totalmente; por lo que su posición es 100% abierta ó 100% cerrada.

En virtud de no ofrecer grandes cambios de dirección y de que el paso por lo general es completo, ofrecen poca resistencia al paso del flujo y su

caída de presión es muy pequeña, por lo que respecta al vástago este puede ser: Vástago saliente-rosca interior o vástago saliente-yugo y rosca exterior.

El primero tiene la ventaja de poderse apreciar la posición de la compuerta por la posición del vástago y las desventajas de que el volante cambia de altura y la rosca queda en contacto con el fluido.

El segundo tiene las ventajas anteriores además de quedar la rosca fuera del fluido y tener el volante siempre a la misma altura.

3.10.2.2 VALVULAS DE GLOBO

Las válvulas de globo se caracterizan porque la regulación del flujo se efectúa mediante un elemento móvil que se aleja o se acerca del asiento en la misma dirección del flujo.

El uso de esta válvula es obturar y/o regular el flujo; puede utilizarse totalmente abierta, parcialmente abierta o totalmente cerrada.

En cuanto a su caída de presión es bastante considerable, esto debido al paso restringido y a los cambios de dirección que experimenta el fluido al pasar por la válvula.

3.10.2.3. VALVULAS DE RETENCION

Las válvulas de retención se caracterizan porque permiten el flujo en un solo sentido mediante un elemento móvil que se aleja o se acerca del asiento.

Su uso es básicamente prevenir el retroceso del flujo.

Su caída de presión es de las más altas sobre todo en las de tipo pistón.

3.10.2.4 VALVULAS MACHO O ESFERICAS

Las válvulas tipo macho o esféricas se caracterizan por que el corte o cambio de dirección del flujo se efectúa mediante un elemento móvil, con uno o varios conductos y que gira sobre su eje, de manera que en determinadas posiciones estos conductos quedan comunicados o incomunicados con los con

ductos del cuerpo de la válvula.

El uso de este tipo de válvula es obturar, permitir o cambiar la dirección del flujo.

Su caída de presión es variable, en machos de paso reducido es alta, en machos tipo venturi es menor y en machos de paso completo es muy pequeña.

Por su forma de sello existen dos clases los lubricados y los no lubricados.

3.10.2.5. VALVULAS DE MARIPOSA

Las válvulas de mariposa se caracterizan porque la regulación del flujo se efectúa mediante un eje - acetado giratorio, cuya forma es igual al contorno interior del cuerpo de la válvula.

Su uso es obturar, permitir o regular el flujo, su caída de presión es muy pequeña, ya que totalmente abierta, su diámetro es casi igual al de la tubería.

Se recomienda especialmente en servicios donde el

fluido contiene gran cantidad de sólidos en suspensión, ya que por su forma es difícil que se acumulen en la válvula entorpeciendo su funcionamiento.

3.10.2.6 VALVULAS DE DIAFRAGMA

Las válvulas de diafragma se caracterizan porque la regulación del flujo se efectúa mediante una membrana deformable que al ser presionada, corta el flujo transversalmente.

Se usa para obturar, permitir y regular el flujo - su caída de presión es relativamente alta, debido - al paso restringido y trayecto que debe seguir el fluido.

Son muy herméticas y no existe peligro de corrosión en el vástago porque queda aislado por la membrana, que a la vez sirve de empaque entre el cuerpo y el bonete.

Son recomendables para baja presión y temperatura, muy especialmente para servicios de vacío.

3.10.2.7 VALVULAS AUTOMATICAS

Las válvulas automáticas se caracterizan por ser - válvulas que integran los elementos de cierre, actuación y medición que les permite regular, en forma automática, presión, temperatura, flujo, nivel o velocidad del fluido, no se consideran válvulas automáticas a ningún tipo de válvula manual descrita anteriormente a la cual se le adapte un operador, ya sea eléctrico, de selenoide, de pistón - neumático o hidráulico, etc., ya que en este caso no sería más que una válvula de operación manual - con operador, pero que no se auto-opera, en virtud de que no cuenta con elementos propios de señal.

Cabe mencionar que este tipo de válvulas generalmente queda fuera del alcance de las especificaciones de materiales para tubería, ya que las especifica un ingeniero especialista en instrumentación.

3.10.3 SELECCION

Seleccionar la válvula correcta para una aplicación - específica, no es una tarea sencilla, ya que se tiene una amplia gama de tipos de válvulas. Algunas de las cuales se mencionaron anteriormente, cuenta además -

con una diversidad de materiales para el cuerpo y el bonete de la válvula, tales como fierro fundido, acero al carbón, acero de aleación, latón, bronce, etc.

Asimismo se pueden escoger recubrimientos interiores de vidrio, plástico, hule, etc. para el cuerpo.

Las guarniciones (vástago, compuerta o disco, asientos y buje de asiento de vástago), pueden ser de material diferente al del cuerpo o con recubrimientos especiales de cromo, monel, estelita, disulfuro de molibdeno, etc.

Sin embargo, el conocimiento de los factores deben tomarse en consideración para una correcta selección y el conocimiento de las características principales de las diversas válvulas disponibles en el mercado serán un valioso auxiliar en hacer la mejor selección posible, aunque en muchas ocasiones esta elección será una transacción entre lo óptimo y lo satisfactorio, tomando en cuenta el factor economía.

3.10.4 FACTORES

Al seleccionar una válvula deberán tenerse en cuenta los siguientes factores:

A) Tipo de Servicio

Esto es obtener o permitir flujo, regular flujo, - cambiar dirección de flujo, evitar retroceso del - flujo.

En este factor se debe considerar; grado de hermeticidad, caída de presión, tipo de regulación deseada, velocidad de cierre, dirección de flujo.

B) Naturaleza del Fluido

Sus variantes pueden ser; aceite, vapores de aceite, gas, vapor de agua, compuestos químicos, productos alimenticios, etc. y se debe considerar; - acción corrosiva, acción erosiva, peligro de fugas (toxicidad, inflamabilidad, etc.) densidad, contaminación, etc.

C) Temperatura del Fluido

Esta puede ser máxima, mínima o bajo cero y se debe considerar el efecto de la temperatura sobre -

los materiales (cuerpo, guarniciones, empaques, - lubricantes ,etc.).

D) Presión del Fluido

La presión máxima o de vacío se debe considerar para la resistencia de los materiales, efecto de - la temperatura sobre la presión de trabajo posibilidad de golpe de ariete.

E) Tamaño de la Válvula

Sus variantes pueden ser: paso completo, paso completo y continuado, paso restringido, venturi y se debe considerar gasto, caída de presión, distancia entre extremos.

F) Conexión a la Tubería

Esta puede ser bridada (cara realzada, junta tipo anillo, etc.) cajas para soldar, biselada para soldar y rosca. Se debe de tomar en cuenta hermeticidad de la conexión, presión de trabajo , permanencia en la línea, tamaño, tiempo de instalación.

G) Colocación de la Válvula

Esta puede ser en el piso, elevada, enterrada en espacio limitado, bajo el agua, en lugar inaccesible y se debe considerar cambios de temperatura, corrosividad del medio ambiente, posibilidad de operación (cadena, extensión del vástago) dimensiones, resistencia estructural, etc.

H) Operación de la Válvula

Esto es manual, transmisión de engranes, cadena, motor eléctrico o de aire, etc. y se debe considerar frecuencia de operación, presión diferencial máxima, ubicación, etc.

I) Normas

Sus variantes son para servicio de refinarias, servicio contra incendio, servicio en calderas, servicio en producción de hidrocarburos, servicios en plantas químicas, servicios en productos alimenticios, etc., y se debe de tomar en cuenta el diseño de la válvula, seguridad, intercambiabilidad, reglamentos, etc.

J) Costo

Por tipo de válvula, materiales especiales para el cuerpo, interiores, empaques, tamaño, etc., y se debe considerar costo inicial, costo de mantenimiento, costo de reposición.

Teniendo en cuenta los factores mencionados, se determina la válvula que más se acerque al cumplimiento de todos los requisitos necesarios. Deberá tenerse muy en cuenta el diseño propio de los fabricantes de la válvula para asegurar que ésta cumple con las normas establecidas, que su rigidez estructural sea adecuada para los esfuerzos mecánicos a que va a estar sometida en la línea y que, en caso de incendio, si existiera esa posibilidad, la válvula siga reteniendo sus características de funcionamiento y sello.

En cuanto a la clase o rango se determina igual que un elemento bridado con información de fabricantes.

Para válvulas con extremos inserto soldable o rosados su clase o rango se determina de igual for-

ma que una bridada, pero en base al API-602.

RANGOS DE PRESION-TEMPERATURA (*1) API 602

TEMPERATURA DE SERVICIO		PRESION DE TRABAJO EN lb/pulg ² CLASE 800		
°C	°F	ASTM (*2) A-105N ACERO AL CARBON	ASTM (*3) A-182 Gr. F5 a 5% Cr. ½% Mo.	ASTM A-182, Gr. F316 18% Cr. 8% Ni y Mo.
-29 a 38	-20 a 100	1975	2000	1920
94	200	1800	2000	1655
149	300	1750	1940	1495
205	400	1690	1880	1370
260	500	1595	1775	1275
316	600	1460	1615	1205
344	650	1430	1570	1185
371	700	1420	1515	1150
399	750	1345	1420	1130
427	800	1100	1325	1105
455	850	715	1170	1080
482	900	460	940	1050
510	950	275	695	1030
538	1000	140	510	970
566	1050	—	375	960
594	1100	—	275	860
621	1150	—	185	735
649	1200	—	120	550
677	1250	—	—	485
705	1300	—	—	365
732	1350	—	—	275
760	1400	—	—	200
788	1450	—	—	155
816	1500	—	—	110

(*1) Estos rangos están sujetos a las restricciones aplicables de los estándares y normas vigentes.

(*2) Los rangos para las Válvulas de Acero al Carbón A.S.T.M. A-105 N fueron extraídos de la norma API 602 "Válvulas de Compuerta Compactas de Acero al Carbón", como fueron publicadas por el Instituto Americano del Petróleo.
El acero al carbón no se recomienda para usos prolongados arriba de los 800°F (427°C).

(*3) Se debe tomar en cuenta la posibilidad de oxidación excesiva arriba de los 1,100°F (593°C).

3.11 SELECCION DE EMPAQUES

Un empaque es un elemento de sello el cual tiene ciertas características como el ser suave, deformable, resistente a la corrosión, resistente a la compresión, resistente a la temperatura, etc.

Su aplicación en sistemas de tuberías es en juntas o uniones bridadas, ya que existe la posibilidad de fugas o pérdidas si no se tiene un buen sellado en estas.

Para lograr un sellado eficiente en juntas o uniones bridadas se puede realizar por medio de dos formas.

La primera se requiere que los elementos de unión, en este caso las bridas tengan un acabado finísimo tipo espejo para que en el momento de ensamble se desarrolle la característica de adherencia y una vez realizado el apriete de los tornillos no existan fugas.

Otros de los requerimientos de este tipo de sellado es que la tubería esté 100% estática, esto es que no existan deflecciones, expansiones, etc.

También se requiere que las bridas se manejen con mucho

cuidado antes y durante el ensamble, ya que cualquier rayón o despostilleo en las bridas las haría inadecuadas para el sellado.

La desventaja de este tipo de sellado es el tener un alto costo en el acabado de las bridas, además de que es imposible que exista una tubería 100% estática, o que sus elementos no sufran algún rayón o deterioro en las caras antes y durante el ensamble.

La segunda forma de sellado y la más adecuada para plantas industriales es, la de utilizar el empaque entre bridas.

Esta forma de sellado es mucho más económica que la anterior, ya que se puede disponer de diferentes tipos de acabado en las caras de las bridas.

También se dispone de diferentes materiales para el empaque el cual tiene las características de ser deformable, resistente a la compresión, etc. y así poder introducirse en los acabados de las bridas o compensar las tolerancias del mecanizado de las mismas.

3.11.1 TIPOS DE EMPAQUE

Existen cinco tipos básicos de empaques algunos de los cuales se pueden usar con uno o más materiales dependiendo de las condiciones a las que trabajen.

El diseño más común es descrito como una junta libre, normalmente este diseño es usado para presiones y servicios moderados.

Un segundo diseño es conocido como ranura y lengüeta. Aquí el empaque es rodeado en tres lados por la ranura en una brida y por un cuarto lado por la lengüeta en la brida unión.

Este diseño es adaptado para empaques metálicos.

Un tercer diseño es una variación del segundo tipo, - en este arreglo el empaque está limitado por dos - lados y un lado fuera del borde, antes de apretar los tornillos este se puede mover en una sola dirección.

Y es frecuentemente usado en caras de bridas tipo macho-hembra para aplicaciones de vacío.

Otro tipo es el de junta de anillo, donde se requiere que no se mueva el empaque, la forma del empaque en su sección transversal es octagonal u oval, y se usa para crear un alto grado de sello.

El quinto tipo de empaque es comunmente llamado autoenergizado, como el nombre lo indica, en el diseño el sellado no depende de la fuerza aplicada en el tornillo, sino que en lugar de esto, el empaque es precionado por la fuerza del líquido a contener y automáticamente se crea el sello.

Este tipo es comunmente usado en calderas, calentadores de agua y accesorios para calderas.

Ahora bien para desarrollar el proceso de selección se dividen en tres grupos que son:

GRUPO I Bridas deslizables, de ancho igual al de la cara realzada. En este grupo el diámetro interior del empaque es igual al diámetro exterior del tubo correspondiente, y el diámetro exterior del empaque es igual al diámetro exterior de la cara

realizada de la brida.

GRUPO II De ancho igual al de la lengüeta larga.

GRUPO III De ancho igual al de la lengüeta corta
esto es: $0.03 \text{ pulg.} \leq \text{ancho} \leq 0.18 \text{ pulg.}$

El grupo II y III tienen el diámetro interior igual al diámetro exterior del tubo correspondiente.

Estos grupos tienen subgrupos los cuales se muestran en la tabla.

En los subgrupos IIa y IIIa los empaques están diseñados para ser usados cerca del diámetro interior y con esto se obtiene una máxima flexibilidad a la junta bridada.

Los subgrupos IIb y IIIb se localizan en el diámetro exterior de la cara realizada para el fácil alineamiento del empaque fuera del centro del anillo.

3.11.2 SELECCION DEL EMPAQUE

Para seleccionar el empaque se toma en cuenta varios factores que son determinantes los cuales son; la naturaleza del fluido, la temperatura del fluido, la presión de cierre en las tuercas, la presión interna, la presión hidrostática y la fuerza de escurrimiento en el empaque.

A) Material

La naturaleza del fluido a manejar determina el material del empaque.

Todo material para empaques disponible a la industria tiene ciertas limitaciones inherentes que tienden a restringir el campo de aplicación a cada material, muchas de estas limitaciones pueden ser parcial o totalmente eliminadas por medio de varios métodos, incluyendo la inserción de refuerzos combinando varios materiales dependiendo de la aplicación en particular.

Los materiales para empaques están generalmente agrupados como sigue:

1. Asbesto comprimido
2. Hules con o sin refuerzos

3. Fibra Vegetal
4. Teflón
5. Metal
6. Semi-metálico

B) Aplicaciones

Algunas de las aplicaciones de estos son:

Para la mayoría de los ácidos se tienen buenos resultados con el teflón, asbesto comprimido con hule o el acero inoxidable con teflón, dependiendo de la temperatura y presión.

Para algunos gases como el halógeno , el amoniaco se puede usar el teflón con sus diferentes combinaciones.

Para el petróleo y algunos solventes se puede usar fibra vegetal, teflón y acero inoxidable dependiendo de su temperatura y presión.

Para el vapor se puede usar el asbesto comprimido o el acero inoxidable dependiendo de su temperatura, etc.

Si se tiene un fluido específico fuera de lo común se debe de consultar la información técnica comercial existente.

C) Temperatura

En cuanto a la temperatura del fluido a manejar tenemos que:

Los hules en sus diferentes combinaciones tienen un rango de temperatura de -20 grados F a 400 grados F.

La fibra vegetal tiene un rango de -20 grados F a 200 grados F.

El teflón en sus diferentes combinaciones tiene un rango de -60 grados F a 450 grados F.

El asbesto comprimido en sus diferentes combinaciones tiene un rango de -20 grados F a 750 grados F.

Los metálicos o semimetálicos en sus diferentes -

combinaciones tienen un rango de -250 grados F a 1900 grados F.

D) Presiones

La presión de cierre en las tuercas es la fuerza que mete a la junta dentro de los vacíos de la brida para un sello perfecto.

La presión interna del fluido es la fuerza que actúa sobre la parte de la junta expuesta al lado de presión del fluido y ésta tiende a expulsar el empaque fuera de la brida.

La presión hidrostática es la fuerza que tiende a separar las bridas cuando existe una presión interna .

Ahora bien , la presión de cierre en las tuercas, la presión interna del fluido y la presión hidrostática están involucradas en el factor "M".

El factor "M" es la relación de la fuerza residual de la junta a la presión interna del sistema.

La fuerza de escurrimiento en el empaque es el factor "Y" que debe ser aplicada a la junta en el área de contacto para que esta escurra y llene los huecos.

El factor "Y" es totalmente independiente de la presión interna. Es la fuerza mínima para que la junta selle perfectamente.

En la tabla correspondiente a empaques los valores de "M", "Y" están referidos a la carga de compresión (código ASME Secc.VIII Div.1), los cuales fueron definidos para el diseño de una brida y pueden ser usados para el diseño de una junta de determinado servicio. Para juntas pequeñas a baja presión el valor "Y" será preferencial, pero para bridas grandes y altas temperaturas el factor "M" es mandatorio.

Para el objetivo de este trabajo empleo una regla muy sencilla, la cual determina si un material se puede emplear o no.

Como regla general, si se multiplica la presión de operación (psi) por la temperatura de operación (grados F) y resulta un producto que no exceda de los siguientes valores se puede emplear con absoluta seguridad el material del valor comparado.

VALORES DE PXT (máximos)

PXT	
15,000	Natural Rubber (NR)
15,000	Neoprene
15,000	Nitrile or Buna N (NBR)
15,000	Styrene or Buna S (SBR)
15,000	Silicone
15,000	Fluoro Carbon Rubber (FPM)
40,000	Vegetable Fiber
75,000	Solid Virgin TFE (Tetrafluoroethylene)
75,000	TFE Impregnated with Ceramic Asbestos or Graphite
75,000	TFE Envelope with three Layers of Asbestos
75,000	TFE Envelope with Corrugated steel between two layers of Asbestos
250,000	Compressed (white) Asbestos with SBR or CR Binder
250,000	Compressed (blue african) asbestos with SBR or NBR Binder
250,000	Grafoil (All graphite)
Arriba de 250,000	Spiral Wound tipe 304 SS with TFE Filler
Arriba de 250,000	Spiral wond monel with TFE Filler
Arriba de 250,000	Spiral wound tipe 304 SS with white Asbestos Filler
Arriba de	Spiral wound tipe 304 SS with blue

250,000	asbestos filler.
Arriba de 250,000	Spiral wound tipe 304 L or 316L SS whit Asbestos Filler
Arriba de 250,000	Spiral wound monel with grafoil or ceramic filler.
Arriba de 250,000	Spiral wound inconel 600 with grafoil or ceramic filler.

Estos valores son una guía y no debe de olvidarse de otras variables como la máxima temperatura a la que trabaja determinado material , o las características químicas del fluido, etc.

E)Espesores

Donde las superficies o las bridas están perfectamente limpias y planas, una junta delgada, generalmente es mejor que una gruesa. Donde las superficies estén asperas o no estén alineadas perfectamente, una junta gruesa efectúa un mejor trabajo.

Los siguientes espesores son usualmente los más comunes con sus respectivos materiales y fueron la base para determinar los valores de PXT.

Elastomers

1/16 in

Vegetable Fiber	1/16 in
TFE	1/16 in
TFE Envelope	3/16 in
Compressed Asbestos	1/16 in
Grafoil	0.015 in
Spiral Wound	0.175 in

Considerando estos factores y con información técnica comercial se selecciona el empaque.

TABLE 3.1.1 EMPAQUES

Gasket Group Number	Gasket Material	Gasket Factor m	Minimum Design Sealing Stress γ , psi	Sketches		
Ia	Self-sealing types: O-rings, metallic, elastomer, other gasket types considered as self-sealing	0	0			
	Elastomer without fabric or a high percentage of asbestos fiber: Below 75 Shore durometer	0.50 1.00	0 200			
	Compressed sheet suitable for the operating conditions	0.12 in. thick 0.06 in. thick	2.00 2.75	1,600 3,700		
	Elastomer with cotton fabric insertion		1.25	400		
	Elastomer with asbestos fabric insertion, with or without wire reinforcement	3 ply 2 ply 1 ply	2.25 2.50 2.75	2,200 2,900 3,700		
	Vegetable fiber		1.75	1,100		
Ib	Spiral-wound metal, with asbestos or other nonmetallic filler	Carbon steel Stainless steel or Monel	2.50 3.00	10,000 10,000		
	Corrugated metal or corrugated metal double jacketed with nonmetallic filler	Soft aluminum Soft copper or brass Iron or soft steel	2.50 2.75 3.00	2,900 3,700 4,500		
	Corrugated metal	Soft aluminum Soft copper or brass	2.75 3.00	3,700 4,500		
	Compressed sheet suitable for the operating conditions	0.03 in. thick	3.50	6,500		
IIa and IIb	Corrugated metal or corrugated metal double jacketed with nonmetallic filler	Monel or 4%-6% chrome Stainless steels	3.25 3.50	5,500 6,500		
	Corrugated metal	Iron or soft steel Monel or 4%-6% chrome Stainless steels	3.25 3.50 3.75	5,500 6,500 7,600		
	Flat metal jacketed with nonmetallic filler	Soft aluminum Soft copper or brass Iron or soft steel Monel 4%-6% chrome Stainless steels	3.25 3.50 3.75 3.50 3.75 3.75	5,500 6,500 7,600 8,000 9,000 9,000		
	Grooved metal	Soft aluminum Soft copper or brass Iron or soft steel Monel or 4%-6% chrome Stainless steels	3.25 3.50 3.75 3.75 4.25	5,500 6,500 7,600 9,000 10,100		
	Solid flat metal	Soft aluminum	4.00	8,800		
	IIIa and IIIb	Solid flat metal	Soft copper or brass Iron or soft steel Monel or 4%-6% chrome Stainless steels	4.75 5.50 6.00 6.50	13,000 18,000 21,800 26,000	
		Ring joint	Iron or soft steel Monel or 4%-6% Chrome Stainless steels	5.50 6.00 6.50	18,000 21,800 26,000	

FIG. E1 GASKET MATERIALS AND CONSTRUCTION

Based upon the ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1.
The details given in this Table are suggested only and are not mandatory.

3.12 SELECCION DE ESPARRAGOS Y TORNILLOS

En el diseño y construcción de plantas industriales se pueden especificar espárragos y tornillos, pero es más común especificar espárragos, debido a su rango de aplicación y a sus características que veremos más adelante.

Un espárrago es una barra cilíndrica roscada en toda su longitud con dos tuercas hexagonales.

Un tornillo es una barra roscada con cabeza cuadrada y una tuerca.

Para seleccionar un espárrago o tornillo se deben de tomar en cuenta varios factores, los cuales ya están normalizados.

3.12.1 FACTORES

Material

Dimensiones

Esfuerzos o Resistencia

El ANSI B16.5 (tabla 1B ed.1988) clasifica a los materiales para espárragos y tornillos en:

Alta Resistencia
Intermedia Resistencia
Baja Resistencia
Aleaciones Especiales

En cuanto a dimensiones el ANSI B18.2.1 y B18.2.2 en coordinación con ANSI B16.5 determinan su diámetro y longitud en función del material y rango de presión de la brida.

3.12.2 DETERMINACION DEL MATERIAL EN FUNCION DE SU APLICACION.

A) Servicios Generales

Para servicios generales se especifica el material ASTM A307 Gr.B para tornillos y tuercas, su rango de temperatura es de -20 grados F a 400 grados F , su aplicación principal es en bridas de hierro fundido 125 libras y 250 libras.

B) Servicios de Alta Presión y Temperatura

Para servicios de alta presión y temperatura los tornillos y espárragos se especifican de acero de aleación ASTM A193 Gr. B7 con tuercas de acero al

carbon ASTM A194 Gr.2H.

Este material es el más adecuado por que se puede usar con todos los materiales y rangos de las bridas, las otras aleaciones son muy específicas como para aplicarse en: pre-apretado especial, condiciones muy severas, mayor dureza, incremento de resistencia a la oxidación o corrosión, etc. El rango de temperatura para el ASTM A193 Gr.B7 es de -20 grados F a 1000 grados F.

C) Servicios de Baja Temperatura

Para servicios de baja temperatura los tornillos y espárragos se especifican de acero de aleación -- ASTM A320 con tuercas de acero al carbón ASTM A194 su rango de temperatura es de -20 grados F a -300 grados F.

D) Casos Especiales

Para casos especiales se puede consultar la Tabla 3.12 y 3.12.1, donde se describen características particulares.

TABLE 1B LIST OF BOLTING SPECIFICATIONS
Applicable ASTM Specifications

Bolting Materials (Note (1))												
High Strength (Note (2))			Intermediate Strength (Note (3))			Low Strength (Note (4))			Nickel and Special Alloy (Note (5))			
Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes	Spec. No.	Grade	Notes	
A 193	B7	...	A 193	B5	...	A 193	B8 Cl. 1	(6)	B 164	...	(7)(8)(9)	
A 193	B16	...	A 193	B8	...	A 193	B8C Cl. 1	(6)				
			A 193	B6X	...	A 193	B8M Cl. 1	(6)	B 166	...	(7)(8)(9)	
A 320	L7	(10)	A 193	B7M	...	A 193	B8T Cl. 1	(6)				
A 320	L7A	(10)	A 193	B8 Cl. 2	(11)	A 193	B8A	(6)	B 335	N10665	(7)	
A 320	L7B	(10)	A 193	B8C Cl. 2	(11)	A 193	B8CA	(6)				
A 320	L7C	(10)	A 193	B8M Cl. 2	(11)	A 193	B8MA	(6)	B 408	...	(7)(8)(9)	
A 320	L43	(10)	A 193	B8T Cl. 2	(11)	A 193	B8TA	(6)	B 473	...	(7)	
A 354	BC	...	A 320	B8 Cl. 2	(11)	A 307	B	(12)	B 574	N10276	(7)	
A 354	BD	...	A 320	B8C Cl. 2	(11)							
			A 320	B8F Cl. 2	(11)	A 320	B8 Cl. 1	(6)				
A 540	B21	...	A 320	B8M Cl. 2	(11)	A 320	B8C Cl. 1	(6)				
A 540	B22	...	A 320	B8T Cl. 2	(11)	A 320	B8M Cl. 1	(6)				
A 540	B23	...				A 320	B8T Cl. 1	(6)				
A 540	B24	...	A 449	...	(13)							
			A 453	651	(14)							
			A 453	660	(14)							

GENERAL NOTE: Bolting material shall not be used beyond temperature limits specified in the governing code.

NOTES:

- (1) Repair welding of bolting material is prohibited.
- (2) These bolting materials may be used with all listed materials and gaskets.
- (3) These bolting materials may be used with all listed materials and gaskets, provided it has been verified that a sealed joint can be maintained under rated working pressure and temperature.
- (4) These bolting materials may be used with all listed materials but are limited to Classes 150 and 300 joints. See para. 5.4.1 for required gasket practices.
- (5) These materials may be used as bolting with comparable nickel and special alloy parts.
- (6) This austenitic stainless material has been carbide solution treated but not strain hardened. Use A 194 nuts of corresponding material.
- (7) Nuts may be machined from the same material or may be of a compatible grade of ASTM A 194.
- (8) Maximum operating temperature is arbitrarily set at 500°F, unless material has been annealed, solution annealed, or hot finished, because hard temper adversely affects design stress in the creep rupture range.
- (9) Forging quality not permitted unless the producer of last heating or working these parts tests them as required for other permitted conditions in the same specification and certifies their final tensile, yield, and elongation properties to equal or exceed the requirements for one of the other permitted conditions.
- (10) This ferritic material is intended for low temperature service. Use A 194 Grade 4 or Grade 7 nuts.
- (11) This austenitic stainless material has been carbide solution treated and strain hardened. Use A 194 nuts of corresponding material.
- (12) This carbon steel fastener shall not be used above 400°F or below -20°F. See also Note (4). Bolts with drilled or undersized heads shall not be used.
- (13) Acceptable nuts for use with quenched and tempered bolts are A 194 Grades 2 and 2H. Mechanical property requirements for studs shall be the same as those for bolts.
- (14) This special alloy is intended for high temperature service with austenitic stainless steel.

TABLE 1C FLANGE BOLTING DIMENSIONAL RECOMMENDATIONS

Product	Carbon Steel	Alloy Steel
Stud bolts	ANSI B18.2.1	ANSI B18.2.1
Bolts smaller than $\frac{1}{2}$ in.	ANSI B18.2.1, square or heavy hex head	ANSI B18.2.1, heavy hex head
Bolts equal to or larger than $\frac{1}{2}$ in.	ANSI B18.2.1, square or hex head	ANSI B18.2.1, heavy hex head
Nuts smaller than $\frac{1}{2}$ in.	ANSI B18.2.2, heavy hex	ANSI B18.2.2, heavy hex
Nuts equal to or larger than $\frac{1}{2}$ in.	ANSI B18.2.2, hex or heavy hex	ANSI B18.2.2, heavy hex
Male threads	ANSI B1.1, Cl. 2A course series	ANSI B1.1, Cl. 2A course series up through 1 in.; eight thread series for larger bolts
Female threads	ANSI B1.1, Cl. 2B course series	ANSI B1.1, Cl. 2B course series up through 1 in.; eight thread series for larger bolts

3.13 NOTAS

Una nota es una aclaración de como, porqué o cuando utilizar un elemento especificado.

Las notas no son propiamente un procedimiento, si no mas bien son un complemento de una especificación, ya que ésta describe específicamente que características, o bajo que condiciones, y/o para que circunstancias emplear uno o varios accesorios de la especificación.

Las notas están en función básicamente del tipo de planta, o área de la misma planta, dado que no se pueden -- aplicar los mismos criterios de diseño, de un sistema de tuberías de cierto fluido en una área de servicios -- (áreas exteriores), como en una área de proceso, por -- ejemplo para un sistema contra incendio en una planta -- fundidora, en las áreas exteriores se requiere que la tubería sea enterrada, que se solde, que se proteja contra la corrosión, que las válvulas tengan registros de concreto o que tengan poste indicador, etc.

Para el área de proceso éste mismo sistema contra incendio requiere que la tubería sea aerea, sea roscada, que se pinten, etc.

En estas condiciones podemos desarrollar una sola especificación complementándola con notas.

3.13.1 A CONTINUACION SE ENLISTAN ALGUNAS NOTAS

- 1) Los accesorios soldados a tope deberán ser con el diámetro interno, igual al diámetro interno de la tubería y deberán ser sin costura.
- 2) Toda la tubería y conexiones de acero bajo nivel de piso deberá protegerse contra la corrosión.
- 3) Las conexiones roscadas podrán usarse cuando la tubería no exceda de 93 grados C.
- 4) En los insertos a los cabezales deberá verificarse si se requiere placa de refuerzo de acuerdo al ANSI B31.3.
- 5) Las válvulas de embutir para soldar (socket-weld) deberán estar cerradas antes de soldarse.

- 6) Emplear este tipo de bridas en donde exista reducción de espacio o donde sea impráctico el uso de bridas cuello soldable.
- 7) Las bridas de acero deberán ser cara plana cuando se usen para conectar a bridas de fierro fundido en equipo, válvulas y conexiones.
- 8) Emplear este tipo de bridas donde es impráctico el uso de bridas deslizable.
- 9) Para las conexiones de instrumentos y los ramales en tubería, debe usarse medio cople 3000 # de acero al carbón forjado ASTM A105.
- 10) Estas válvulas con adaptación para poste indicador, son únicamente para líneas subterráneas.
- 11) En todas las juntas roscadas de tubería deberá usarse como material sellante el compuesto Garlock tipo A o similar.
- 12) Para usarse exclusivamente en hidrantes.

13) No usar válvulas de globo en instalaciones de tubería bajo nivel de piso.

14) Etc.

3.14 ACCESORIOS ESPECIALES

En una planta industrial generalmente existen elementos que son muy poco frecuentes dentro de un sistema de tuberías, a estos elementos se les denomina accesorios especiales.

Los accesorios especiales son todos aquellos elementos que no son comunes en una especificación de materiales para tubería, y que en relación a los demás elementos extraordinariamente son utilizados.

Los accesorios especiales más comunes que pueden ser utilizados en un sistema de tuberías son los siguientes:

Trampas de Vapor

Filtros

Mangueras

Etc.

Para el propósito de este trabajo no se realizará el procedimiento de especificar cada uno de los elementos especiales, ya que esto sería otro trabajo específico, además de que se tendría que contar con características específicas del fluido a manejar.

Usualmente en empresas que desarrollan ingeniería básica y/o de detalle (firmas de ingeniería), algunos elementos especiales los especifica el depto. de proceso (ingenieros químicos) y en consecuencia quedan fuera del alcance de la especificación de tuberías.

3.15 CONCENTRADO DE INFORMACION

En la información que se genera al elaborar las especificaciones de material para tuberías, es necesario realizar un resumen de cada una de las especificaciones, para su mejor manipulación a la hora de utilizarlas en el diseño y construcción del sistema de tuberías.

Este resumen que le llamo concentrado de información de una especificación de materiales para tubería, se divide en dos partes.

La primera que es la parte del encabezado se proporciona la información muy general como; nombre de la planta, número del proyecto, fecha, codificación de la especificación, servicios que cubre ésta, material, condiciones de temperatura y presión, tolerancia por corrosión, etc.

La segunda parte contiene las características generales del material como; tipo de elemento (tubería, conexiones, bridas, válvulas, etc.) , tipos de extremos, diámetros , cédula, rango de presión, descripción, codificación o especificación del elemento y notas.

Para visualizar esto ver el ejemplo en su parte de con_

centrado de información.

CAPITULO IV

EJEMPLO

4.0 EJEMPLO

Un ejemplo siempre es bastante ilustrativo y en este caso lo es, además de ser complementario.

Para empezar nuestro trabajo contamos con una lista de fluidos la cual contiene el nombre del fluido la clave del mismo y sus condiciones de presión y temperatura de diseño.

4.1 Lista de Fluidos

CLAVE FLUIDO	FLUIDO O SERVICIO	CONDICIONES TEMP. °C.	DISEÑO PRESION KG/CM2
SA-C	Acido Sulfúrico Concentrado	53	4.8
ACR	Acrinolitriilo	53	7.3
FPW	Agua contra incendio	58	14.0
DMW	Agua desmineralizada	116	8.5
CWR	Agua de Enfto. Retorno	69	5.9
CWS	Agua de Enfto. Suministro	60	5.9
RWR	Agua refrigerada retorno	46	5.9
RWS	Agua refrigerada sum.	38	5.9
SOF	Agua suavizada	128	13.4
IA	Aire de instrumentación	56	8.8

PA	Aire de Planta	68	8.8
BD	Butadieno	55	8.8
FO	Combustoleo	118	7.0
LPC	Cond. de baja presión	116	4.3
MPC	Cond. de media presión	213	14.0
DIE	Diesel	58	7.0
STY	Estireno	53	9.0
NAOH	Hidróxido de Sodio	53	4.0
N2	Nitrógeno	53	8.8
BB	Purga de Calderas	213	15.9
FS	Sistema de Espuma	58	12.3
LPS	Vapor de Baja Presión	166	4.3
MPS	Vapor de media presión	213	14.0

4.2 AGRUPAMIENTO LOGICO

El primer paso es establecer un agrupamiento lógico de los fluidos para determinar el número de especificaciones, tomando en cuenta como variables principales el material y la presión.

Para establecer el agrupamiento lógico se le asigna a cada fluido el material, para esta asignación nos adelantamos al punto de selección de material en el cual existen factores a tomar en cuenta, así como las tablas de se_

lección rápida basada en la experiencia de los fabricantes.

Así obtenemos la siguiente asignación de material.

<u>FLUIDO O SERVICIO</u>	<u>M A T E R I A L</u>
Acido sulfúrico concentrado	Acero al carbón
Acrilonitrilo	Acero al carbón
Agua contra incendio	Acero al carbón
Agua desmineralizada	Acero inoxidable
Agua de Enfto. retorno	Acero al carbón
Agua de Enfto. suministro	Acero al carbón
Agua Refrigerada retorno	Acero al carbón
Agua Refrigerada suministro	Acero al carbón
Agua suavizada	Acero inoxidable
Aire de instrumentos	Acero al carbón
Aire de planta	Acero al carbón
Butadieno	Acero al carbón
Combustoleo	Acero al carbón
Condensado de baja presión	Acero al carbón
Condensado de media presión	Acero al carbón
Diesel	Acero al carbón
Estireno	Acero al carbón
Hidróxido de sodio	Acero al carbón
Nitrógeno	Acero al carbón
Purga de Calderas	Acero al carbón
Sistema de espuma	Acero al carbón
Vapor de baja presión	Acero al carbón
Vapor de media presión	Acero al carbón

De esta asignación de material nos damos cuenta de una forma general que la mayoría de los servicios se manejan con acero al carbón, pero aún no está determinado un agrupamiento lógico, para esto continuamos con el estudio y nos enfocamos a la variable de la presión que básicamente nos determina el libraje de bridas y válvulas.

De la lista de fluidos, tenemos las condiciones de diseño temperatura y presión, las cuales analizamos empezando por la más alta.

Los valores más altos son 213 grados C. con 14.0 kg/cm². Los valores equivalentes son 415 grados F. y 200 psig - con estos valores entramos a la tabla temperatura-presión, clase 150 psig y vemos que para acero al carbón y a una temperatura de 415 grados F tenemos una presión máxima de trabajo menor de 200 psig, lo cual nos indica que ésta clase de 150 psig no nos garantiza las condiciones de presión-temperatura, por lo cual analizamos la siguiente clase de 300 psig.

Con los mismos valores tenemos que:

Para acero al carbón y a 415 grados F. tenemos una pre -

sión de 629.75 psig que es mayor de 200 psig por lo cual nos garantiza las condiciones de presión-temperatura.

Con esto determinamos que los fluidos que tienen estas condiciones se debe especificar bridas y válvulas clase 300 psig.

De igual forma continuamos el análisis para los fluidos restantes y obtenemos que se debe de especificar rangos de 150 psig.

De esta forma se obtiene un factor más para determinar el agrupamiento lógico.

Ahora, analizaremos el material de las válvulas de el tema selección de válvulas , específicamente material en que se fabrican.

Estudiamos la lista de fluidos contra este punto y designamos que; para la mayoría de los fluidos de agua se puede emplear válvulas de fierro fundido y bronce, mientras que para los fluidos restantes con válvulas de acero al carbón y acero inoxidable.

Esta asignación se hace con la ayuda de una tabla de materiales para válvulas de algún fabricante , información que no anexo por haber infinidad de fabricantes e infinidad de válvulas.

También no debemos de olvidar que esta designación inicial es general y que nos sirve para determinar el agrupamiento lógico y así poder definir el número de especificaciones.

Finalmente estudiaremos el concepto de extremos, principalmente en diámetros menores.

Analizando la lista de fluidos se observa que existen fluidos en que es permisible una fuga, aunque no deseable, pero hay otros en que no es permisible una fuga, - como tampoco deseable y por lo tanto se tienen que manejar con extremos tipo inserto soldable , y los primeros con extremos roscados.

Con esto ya se puede determinar el agrupamiento lógico quedando como sigue:

PRIMER GRUPO

Fluidos: FPW, CWR, CWS, RWR, RWS, IA, PA, FS.

Material: Acero al carbón

Válvulas: Fierro fundido 125 psig
Bronce Roscadas

Conexiones: En diámetros menores roscadas

SEGUNDO GRUPO

Fluidos: LPC, LPS

Material: Acero al carbón

Válvulas: Acero al carbón 150 psig
Bronce Roscadas

Conexiones: En diámetros menores roscadas

TERCER GRUPO

Fluidos: MPC, BB, MPS

Material: Acero al carbón

Válvulas: Acero al carbón 300 psig

Conexiones: En diámetros menores inserto soldable

CUARTO GRUPO

Fluidos: SA-C, ACR, BD, FO, DIE,, STY, NAOH, N2

Material: Acero al carbón

Válvulas: Acero al carbón 150 psig

Conexiones: En diámetros menores inserto soldable

QUINTO GRUPO

Fluidos: DMW, SOF

Material: Acero inoxidable

Válvulas: Acero inoxidable 150 psig

Conexiones: En diámetros menores roscados

4.3 CODIFICACION

El segundo paso a seguir es codificar los grupos, esto es; darle una clave a las especificaciones.

Con ayuda del procedimiento de codificación para el primer grupo se tiene:

Rango: 125 psig	Letra A
Material: acero al carbón	Letra A
Fluido: servicio	Letra S
Número consecutivo:	1

entonces para el primer grupo se tiene la siguiente codificación AASI.

Desarrollando lo mismo para los siguientes grupos se tiene:

Segundo grupo	BAS2
Tercer grupo	DAS3
Cuarto grupo	BAS4
Quinto grupo	BBS5

con esto ya tengo las especificaciones que son:

AAS1

BAS2

DAS3

BAS4

BBS5

De aquí en adelante retomo la especificación DAS3 para -
desarrollarla como ejemplo.

Hasta ahora se ha determinado en forma genérica, que el material es acero al carbón, el rango de presión es 300 psig y que se utilizará en los fluidos de vapor de media presión (MPS), condensado de media presión (MPC) y purga de calderas (BB).

4.4 MATERIAL

De aquí en adelante seguimos con el ejemplo en forma específica y empezamos por el material.

Del capítulo 3.3 (selección de material) consultamos la tabla de especificaciones ASTM para acero al carbón y así se determina que para la tubería es acero al carbón ASTM A53 Gr.B y ASTM A106 Gr.B (para hacer esta determinación se requiere consultar las especificaciones ASTM como guía o hacerlo en base a la experiencia obtenida para estos tipos de fluido).

Entonces tenemos que:

Para tubería de diámetro menor (1/2" a 1 1/2") será acero al carbón ASTM A106 Gr.B sin costura.

Para la tubería de diámetro mayor (2" a 10" máximo espesor) será acero al carbón ASTM A53 Gr.B sin costura.

De la misma tabla se tiene que para conexiones de diámetro mayor será acero al carbón ASTM A234 Gr.WPB y para conexiones de diámetro menor será acero al carbón ASTM A105.

Para el cuerpo de las válvulas tenemos que es acero al -
carbón ASTM A216-WCB.

Con esto se ha determinado la especificación ASTM de los
materiales.

4.5 RANGO TEMPERATURA-PRESION

Ahora pasamos al punto relacionado con rangos de temperatura-presión el cual ya se desarrolló obteniéndose que las bridas y válvulas bridadas son especificadas bajo el rango de 300 psig.

4.6 CORROSION PERMISIBLE

Este factor lo determinamos por el tipo de servicio del fluido, que se clasifica como fluido para plantas de -- fuerza sección 1, del código ANSI B31 y que le asigna un factor de corrosión permisible de 0.05 pulgadas.

4.7 TIPOS DE EXTREMOS EN VALVULAS, CONEXIONES Y TUBERIAS.

Analizando los diferentes tipos de extremos y tomando en cuenta las características de los fluidos de esta especificación (corrosivo, erosivo, nulificación de fugas, - etc.)

Se determina lo siguiente:

En tubería, conexiones y válvulas de 1/2" a 1 1/2" de diámetro el tipo de extremo es; inserto soldable.

Para tubería y conexiones de 2" y mayor, el tipo de extremo es biselado para soldar a tope.

Para válvulas de 2" y mayores el tipo de extremo es bridado.

4.8 TIPO DE BRIDA

Para seleccionar el tipo de brida se analiza las características del fluido como alta presión, alta temperatura esfuerzos severos, etc., contra los factores de selección de bridas y se especifican las siguientes:

En diámetros de 1/2" a 1 1/2"

Brida inserto soldable 300 psig cara realizada ASTM A105.

En diámetros de 2" a 10"

Brida de cuello 300 psig cara realizada ASTM A105.

Brida porta orificio cuello taps. ins. sold. 300 psig C.

R. ASTM A105 en diámetros de 1/2" a 10".

Brida ciega 300 psig cara realizada ASTM A105 en diámetros de 1/2" a 10".

4.9 CALCULO DEL ESPESOR DE LA TUBERIA

Para el cálculo del espesor de tubería se requiere de cierta información que ya se tiene y describo para tener la presente.

Material: Acero al carbón ASTM A106 Gr.B y ASTM A53 - Gr.B.

Fluido: Vapor de media, condensado de media y purga de calderas.

Sección: No.1 Código ANSI B31 la cual especifica 0.05 de corrosión permisible para todos los diámetros.

Presión máxima: 15.9 kg/cm² ~ 227 psig

Temperatura máxima: 213 grados C ~ 415 grados F

Diámetro de la tubería: Variable (ANSI B36.10)

SE = 15,000 de tabla (-20 a 650 grados F. SE=15,000)
apéndice "A" ANSI B31.1

Y = 0.4 (de tabla)

Solución

Cálculo del espesor mínimo requerido por presión

$$t = \frac{PD}{2(SE+PY)}$$

Sustitución: De valores para 4" de diám, 4.5" de diámetro exterior.

$$t = \frac{227(4.5)}{2(15,000 + 227(0.4))} = 0.034 \text{ pulg.}$$

cálculo del espesor mínimo requerido por presión más las tolerancias mecánicas y corrosión.

$$t_m = t + c$$

Sustitución:

$$t_m = 0.034 + 0.05 = 0.084 \text{ pulg.}$$

Cálculo del espesor nominal promedio

$$T_N = t_m + T_F$$

Como TF = 12.5% tenemos que:

$$TN = \frac{tm}{100\% - 12.5\%} = \frac{0.084}{0.875} = 0.096 \text{ pulg.}$$

Selección del espesor comercial inmediato superior.

$$TN \rightarrow \bar{T} = 0.237$$

Céd. Std. o Céd.40

De igual forma se desarrolla el cálculo para los restantes diámetros. Obteniéndose los siguientes resultados.

De 1/2" a 1 1/2" de diámetro los cálculos indican que se puede utilizar una tubería de cédula 40, pero por razones mecánicas y estructurales se determina utilizar céd. 80.

Para diámetros de 2" a 6" los cálculos determinan especificar cédula estandar.

Para diámetros de 8" y 10" los cálculos determinan especificar tubería cédula 20.

A continuación se especifica el rango o cédula de las conexiones.

4.10 DETERMINACION DE LA PRESION Y CEDULA PARA CONEXIONES.

Para todas las conexiones de 2" a 10" la cédula de estas es igual que la calculada para la tubería, esto es:

De 2" a 6" cédula std.

De 8" a 10" cédula 20

y el material para estas conexiones se especifica por equivalencia de la tabla de especificaciones ASTM para aceros al carbón y es el siguiente:

Conexiones de 2" a 10" ASTM A234 Gr.WPB

para todas las conexiones de 1/2" a 1 1/2" de diámetro se especifica su clase o rango por equivalencia del espesor de la tubería o cédula.

Y del capítulo correspondiente se especifica que para una cédula 80 equivale tener conexiones de 3000 psig y de extremos inserto soldable.

Por lo tanto se especifica:

Conexiones de 1/2" a 1 1/2" de diámetro 3000 psig en acero al carbón forjado ASTM A105.

El siguiente punto a especificar son las válvulas.

4.11 ESPECIFICACION DE VALVULAS

TIPO DE VALVULA

Para el servicio requerido (vapor de media , condensado de media y purga de calderas), es práctica normal usar:

Válvulas de Compuerta: Para obturar o permitir el flujo.

Válvulas de Globo: Para regular el flujo

Válvulas de Retención: Para evitar el retroceso.

MATERIALES EN LAS VALVULAS

Como el material es acero al carbón, entonces se especifica para cuerpos y bonetes el siguiente:

Para diámetros de 1/2" a 1 1/2" acero forjado ASTM A105.

Para diámetros de 2" a 10" acero fundido ASTM A216-WCB.

En cuanto a los interiores, se requiere de un material más resistente, ya que estará en contacto directo con el fluido, por lo tanto se especifica:

Interiores de acero inoxidable 13% cromo, que son inte-

riores tipo estandar o de línea.

4.11.1 CARACTERISTICAS PRINCIPALES

De acuerdo a la clasificación ANSI, las válvulas bridadas serán 300 psig como mínimo.

Para válvulas inserto soldable serán 800 psig según API-602.

Para facilidad en su mantenimiento, se especifica bonete bridado para los tipos compuerta y globo, tapa atornillada para el tipo retención.

Para evitar que la rosca del vástago esté en contacto con el vapor, el cual es bastante erosivo, se especifica que el vástago sea del tipo saliente en las válvulas de compuerta y globo.

En el caso de las válvulas de retención, éstas serán del tipo pistón para diámetros menores y del tipo columpio para diámetros mayores.

4.11.2 MARCA

De acuerdo a las características enunciadas, se selecciona una marca reconocida y de fácil adquisición de

sus productos, y para este caso se especifica:

Marca Walworth

Ahora retomando las características enunciadas, se especifican las válvulas:

Válvula de Compuerta, de acero al carbón forjado ASTM A105, 800 psig, extremos inserto soldable, interiores de acero inoxidable 13% cromo, bonete bridado, vástago ascendente, rosca externa, cuña sólida, asientos - renovables, empaquetadura de asbesto, marca Walworth Fig. W950SW ó equivalente, en diámetros de 1/2" a 1 1/2".

Válvula de Globo, de acero al carbón forjado ASTM -- A105, 800 psig, extremos inserto soldable, interiores de acero inoxidable 13% cromo, bonete bridado, vástago ascendente, rosca externa, asiento renovable, empaquetadura de asbesto, marca Walworth Fig. W9520SW ó - equivalente, en diámetros de 1/2" a 1 1/2".

Válvula de Retención tipo pistón, de acero al carbón forjado ASTM A105, 800 psig, extremos inserto soldable, interiores de acero inoxidable 13% cromo, tapa

bridada, asiento renovable, junta de asbesto con acero inoxidable, marca Walworth Fig.W5540SW o equivalente, en diámetros de 1/2" a 1 1/2".

Válvula de Compuerta, de acero al carbón fundido ASTM 216-WCB, 300 psig, extremos bridados cara realizada -- ANSI B16.5, interiores de acero inoxidable 13% cromo, bonete bridado, vástago ascendente, rosca externa, - disco flexible, asientos estelitizados, empaquetadura de asbesto, marca Walworth Fig.5206F-UT o equivalente, en diámetros de 2" a 10".

Válvula de Globo, de acero al carbón fundido ASTM - A216-WCB, 300 psig, extremos bridados cara realizada - ANSI B16.5, interiores de acero inoxidable 13% cromo, bonete bridado, vástago ascendente, rosca externa, - disco esférico , asientos estelitizados, empaquetadura de asbesto, marca Walworth Fig. 5281F-UT o equivalente en diámetros de 2" a 10".

Válvula de Retención tipo columpio, de acero al carbón fundido ASTM A216-WCB, 300 psig, extremos bridados cara realizada ANSI B16.5, interiores de acero -- inoxidable 13% cromo, tapa bridada, anillos solda -

bles, empaquetadura de asbesto, instalación horizon_ tal o vertical, marca Waiworth Fig.5344F ó equivalen_ te, en diámetros de 2" a 10".

4.12 SELECCION DEL EMPAQUE

Para seleccionar el empaque el procedimiento nos indica tomar en cuenta varios factores en los cuales se valoran las variables principales.

Las variables principales son:

Fluido: Vapor, condensado y purga de calderas.

Temperatura: 213 grados C. (415 grados F)

Presión: 14.0 Kg/Cm² (200 psig)

- 1o. En aplicaciones de materiales para empaques se recomienda usar asbesto comprimido o acero inoxidable para el tipo de fluido de este problema.
- 2o. En temperatura máxima para estos materiales el rango establecido es:

Para asbesto comprimido de -20 grados F a 750 grados F.

Para acero inoxidable de -250 grados F a 1900 grados F.

Con esto nos damos cuenta que el material más adecuado es el asbesto comprimido. Porque resiste la

temperatura, su mecanizado es más sencillo y su costo es más bajo.

El siguiente punto es establecer si tiene la resistencia adecuada para este caso y para eso nos auxiliamos del procedimiento que establece:

Si se multiplica la presión por la temperatura y el producto no excede al valor tabulado del material, -- éste se puede emplear con seguridad.

El valor tabulado para el asbesto comprimido es:
250,000

Entonces $415 \times 200 = 83,000$ que es menor que 250,000 lo cual indica que se puede usar.

El siguiente paso es seleccionar el espesor.

En el procedimiento nos indica que una junta delgada trabaja mejor que una gruesa, siempre y cuando las caras de las bridas no estén deterioradas, y que el espesor base para los valores tabulados es $1/16''$ los cuales empleamos para seleccionar el empaque.

Por lo tanto para este caso empleamos empaques de as-

besto comprimido con 1/16" de espesor.

4.13 SELECCION DE ESPARRAGOS

De acuerdo a las condiciones de trabajo a las cuales estarán sometidos los espárragos se selecciona el material adecuado.

Las condiciones de trabajo son:

Alta Resistencia

Alta Presión

Alta Temperatura

No requiere condiciones especiales de instalación etc.

En base a estos requerimientos el código ANSI B16.5 determina usar:

Espárragos de acero de aleación ASTM A193 Gr.B7 con tuercas de acero al carbón ASTM A194 Gr.2H .

Este material es adecuado porque además se puede usar con otros rangos de bridas y otros materiales de bridas.

4.14 NOTAS

Bajo el contexto de que una nota es un complemento de -- una especificación, ya que ésta describe específicamente qué características o bajo qué condiciones, y/o para que circunstancias emplear un elemento de los especificados.

Para este caso se requiere de las siguientes notas:

- 1o. Los accesorios soldados a tope deberán ser con el diámetro interno, igual al diámetro interno de la tubería, y deberán ser sin costura.
- 2o. En los venteos y drenajes para la prueba hidrostática deberán ser roscados, 3000 # y de 3/4" de diám.
- 3o. Las válvulas de extremos inserto soldable deberán estar cerradas antes de soldar.

		CONCENTRADO DE INFORMACION		ESPECIFICACIONES DE TUBERIAS	
				DAS1	
				PAG. DE	
				FECHA	
<p>SERVICIO: VAPOR DE MEDIA, CONDENSADO DE MEDIA, PURGA DE CALDERAS MATERIAL: ACERO AL CARBON RANGO DE BRIDAS: 300 PSIG, C.R. AMSI 816.5 TOLERANCIA DE CORROSION: 0.05" TIPO DE INSPECCION RELEVADO DE ESFUERZOS: TEMPERATURA MAXIMA: 415°F PRESION MAXIMA: 217 PSIG.</p>					
CONCEPTO	DIAMETRO (PULG.)	CEDULA O RANGO	DESCRIPCION	ESPECIFICACION O CODIFICACION	
TUBERIA	Extremos Planos	1/2" - 1 1/2"	80	Ac. al Carbono s/c	ASTM A106 Gr. B
	Extremos Biselados	2" - 6"	STD	Ac. al Carbono s/c	ASTM A33 Gr. B
	Extremos Biselados	8" - 10"	20	Ac. al Carbono s/c	ASTM A53 Gr. B
CONEXIONES	Insero Soldable	1/2" - 1 1/2"	3000#	Ac. al Carbono Forjado	ASTM A105
	Extremos Biselados	2" - 10"	del tubo	Ac. al Carbono s/c	ASTM A234 Gr. WPB
	Tuerca Union	1/2" - 1 1/2"	3000# L.S.	Asientos Integrales	ASTM A105
BRIDAS	Insero Soldable	1/2" - 1 1/2"	300# C.R.	Ac. al Carbono Forjado	ASTM A105
	Cuello Soldable	2" - 10"	300# C.R.	Ac. al Carbono Forjado	ASTM A105
	Porca Orificio Cuello	2" - 10"	300# C.R.	Ac. al Carbono Forjado	ASTM A105
	Ciega	1/2" - 10"	300# C.R.	Ac. al Carbono Forjado	ASTM A105
VALVULAS	Compuerta	1/2" - 1 1/2"	800# L.S.	Ac. al Carbono Int. 13E	
	Compuerta	2" - 10"	300# C.R.	cromo	
	Globo	1/2" - 1 1/2"	800# L.S.		
	Globo	2" - 10"	300# C.R.		
	Ret. Pistón	1/2" - 1 1/2"	800# L.S.		
	Ret. Colector	2" - 10"	300# C.R.		
VARIOS	Repeques	1/2" - 10"	300# C.R.	Asbesto Comprimido	
	Espárragos c/2 tcam.	Todos		Acero de Aleación	ASTM A193-B7 ASTM A194-2H
<p>NOTAS: 1 - Los accesorios soldados a tope deberán ser con el diámetro interno igual al de la tubería y deberán ser sin costura. 2 - Las válvulas de extremos inserto soldable deberán estar cerradas antes de soldarse, 3 - En los vences y drenajes para la Prueba Hidrostática deberán ser roscados, 3000# y de 3/4"</p>					
REVISIONES		REVISO	APROBO	AREA	
				REV	

CAPITULO V
CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Dado el avance tecnológico actual es de vital importancia el adquirir más conocimiento de los elementos , procedimientos , normas, etc. relacionados con el trabajo de especificar materiales para tubería.

Esta adquisición del conocimiento solo se logra mediante el proceso acumulativo de estudiar, discernir, inducir, relacionar, conjuntar, etc., la información técnica, es decir solo se logra mediante la manipulación de la información.

El presente trabajo muestra una guía general culminando su objetivo de formular un proceso acumulativo de la información en sus diferentes etapas, como son; consideraciones básicas, códigos, procedimientos y métodos de selección, las cuales se deben de auxiliar con información comercial.

Haciendo un análisis del proceso para elaborar especificaciones se encontró que básicamente existen tres aspectos fundamentales que son; el servicio, las condiciones de operación y la economía.

El servicio es un factor determinante en la especificación del

material, puesto que influye bastante en la selección de éste, además de tomar en cuenta otras consideraciones.

Las condiciones de operación desempeñan el papel más importante en la especificación de materiales para tubería, dado que con esta información se determina el tipo y rango de bridas, válvulas, conexiones, así como el espesor y material para tubería.

La economía es otro de los aspectos fundamentales que siempre está presente, puesto que se debe de especificar materiales con una visión de ahorro a largo plazo, esto es, se deben de especificar materiales que inicialmente parecen muy costosos, pero que con el paso del tiempo estos resultarán los más económicos.

Ahora bien recapitulando esta serie de conclusiones y pensando en la función primordial de la universidad, de formar profesionales vinculados con las necesidades actuales de la industria nacional, orientándolos hacia las disciplinas en las que existen fuentes de trabajos reales, se presenta éste trabajo, con la finalidad de que sea útil como obra de consulta para aquellos profesionistas que de una u otra forma estén relacionados con el diseño de plantas industriales, fundamentalmente en el

área de sistemas de tuberías.

BIBLIOGRAFIA

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

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE

ANSI B31.1 - 1986 (Power Piping)

ANSI B16.5 - 1988 (Pipe Flanges and Flanged Fittings)

ANSI B16.11 - 1980 (Forged Steel Fittings, S.W. and T.)

PIPING DESIGN AND ENGINEERING

ITT Grinnell Industrial Piping Inc. 1976

PIPING DATALOG

NAVCO 1966

DISEÑO DE TUBERIAS PARA PLANTAS DE PROCESO

HOWARD F. Rase

Editorial Blume 1973

II SEMINARIO DE INGENIERIA MECANICA PETROLERA

ENRIQUE VELAZCO RUEDA

DESCRIPCION DE LAS PRINCIPALES VALVULAS

H.O. CLARK

Empresa Lanzagorta S.A. 1972

NOCIONES DE METALURGIA DE LA SOLDADURA

OSCAR DE BUEN

Instituto de Ingeniería (UNAM) 1969

NORMAS FPD-005 Y PPT-25

BUFETE INDUSTRIAL 1984

CHEMICAL ENGINEERING/DESKBOOK ISSUE

February 1973