

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA**

**SISTEMA DE TUBERÍAS Y RAMALEO: CÁLCULO, MONTAJE,
DESMONTAJE, MANTENIMIENTO Y COSTOS DE
INSTALACIÓN**

TESIS MANCOMUNADA

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA**

PRESENTAN

ERIKA HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

MARISOL ORTIZ VILLASEÑOR

MÉXICO, D.F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado asignado:

Presidente	Prof. JOSE ANTONIO ORTIZ RAMIREZ
Vocal	Prof. JUAN JOSE RUIZ LOPEZ
Secretario	Prof. BALDOMERO PEREZ GABRIEL
1er. Suplente	Prof. HUMBERTO RAMIREZ CASTAÑEDA
2º. Suplente	Prof. FULVIO MENDOZA ROSAS

Sitio en donde se desarrolló el tema:

Ciudad Universitaria, Facultad de Química, UNAM

Asesor del tema: I.M.E. BALDOMERO PEREZ GABRIEL

Sustentantes:

ERIKA HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

MARISOL ORTIZ VILLASEÑOR

DEDICO ESTA TESIS,

A mis padres Alejandra y Panchito, les agradezco haberme dado la vida, sus cuidados, sus consejos y sobre todo su paciencia. Siempre han sido un ejemplo de que solo con esfuerzo, dedicación y respeto por uno mismo se pueden lograr lo que se desea. Gracias por hacer todo lo que estuvo a su alcance para que concluyera una carrera profesional.

A mis hermanos Ingrid y Ulises les doy gracias por ser eternos compañeros y por su gran apoyo y cariño.

A mis amigos Mine, Estela, Sayrel, Daniela, Chalini, Maruchan, Bob, Tanya, Cynthia, Anabel, Liliana, Lychis, los ñoñis (Gabriel, Clau y Roger), mi jefazo Manuel, Bonis, Luis Mora, Ross, Chinos y Victor , gracias por todo su apoyo, sus consejos y las gratas experiencias que tuvimos.

A Sra. Patricia Meljem por todo su apoyo durante mi infancia.

A nuestro asesor Ing. Baldomero por su apoyo para la realización de esta tesis.

Y sobre todo mi más sincera gratitud a mi compañera de tesis, amiga y comadre MARISOL.

ERIKA.

Gracias a la vida que me ha dado tanto...

Hay muchas personas a las que tengo que agradecerles su apoyo, sus consejos, sus enseñanzas, sus regaños, etc... Y tengo que empezar por mi mamá y mi papá, por supuesto, quienes me educaron y me dieron dos hermanos que considero más que eso.

Gracias a mis profesores no sólo a los de la facultad sino también gracias a los que tuve desde que comencé a ir a la escuela, que probablemente jamás se enteren de este logro del que también forman parte.

Gracias a las personas con las que he convivido (mis vecinos, por ejemplo) que considero como mi familia.

Gracias a mi comadre, "super Kika", que fue un gran apoyo durante la carrera y durante la realización de esta tesis.

Gracias a Victor que al igual que él, no olvidaré aquellos domingos en la biblioteca.

Gracias a mis amigos: Pablo Téllez, Mayara Ávila, Oscar Arellano, Victoria Vences, Jesús Barco, Gustavo Zelada, Fernando Chalini, Beatriz Juárez, Yobana De los Ángeles, Carmen Rodríguez, José Luis Pedrueza, Rodolfo Arias, Alfonso Rangel, Bernardino Trejo, Arturo Pérez, Hansel Rivera, etc.. Porque he aprendido cosas lindas de ustedes y porque con sus palabras de aliento en momentos en los que me agüitaba ustedes me levantaban el ánimo.

Gracias a mi asesor!

ANA Y JAVI: Les dedico un espacio especial en mis agradecimientos porque los considero casi como mis segundos padres y como mis profesores porque me han corregido y cuidado.

Má tu sabes que te quiero mucho y que pa darte las gracias por todo, pos me tendría que aventar otra tesis!

Gracias a todas las personas que indirectamente han intervenido en mi educación y en la realización de esta tesis.

Gracias a mi universidad y a mi país.

Marisol.

INDICE

	Página
Introducción	2
Antecedentes	2
1. Definición de Tubería.	
1.1 Definición de Tubería.	4
1.1.1 Definición de Ramaleo.	5
1.2 Clases de Tubería.	5
1.3 Diámetros Comerciales	7
1.4 Cédulas	8
1.5 Materiales de Construcción, Propiedades, Ventajas, Desventajas y Aplicaciones	10
2. Tuberías de Acero al Carbón, Acero Inoxidable y PVC.	11
3. Normatividad que rigen la fabricación y aplicaciones de las tuberías de Acero al Carbón, Acero Inoxidable y PVC.	13
4. Ingeniería de Detalle en sistemas de tuberías.	14
5. Evaluación para la selección de los materiales de construcción de las tuberías.	15
6. Resistencia a la presión interior de una tubería de acero al carbón con costura y sin costura y criterios a seguir.	30
7. Guías para el ensamble y tendido de tubo a tubo y accesorios	33
8. Montaje de tuberías subterráneas, aéreas y superficiales	46
8.1 Recomendaciones para la preparación de registros en líneas de tuberías subterráneas	51
9. Soldadura	53
10. Desinstalación de tuberías subterráneas, aéreas y superficiales	68
11. Mantenimiento	69
12. Costos y tiempo de instalación	74
13. Conclusiones	76
14. Apéndice	77
15. Referencias bibliográficas	78

INTRODUCCIÓN

En nuestro trabajo de tesis explicaremos las características de las tuberías de Acero al Carbón, tuberías de Acero Inoxidable y tuberías de PVC (Cloruro de polivinilo) tanto estándar como grado hidráulico.

El objetivo básico de nuestro trabajo va dirigido hacia la ingeniería a efecto de que pueda servir como referencia para trabajos en la industria, el área domiciliaria, la agricultura y otras más. Ya que el contenido de esta tesis pretende ser sencillo y claro para que pueda comprenderse por diversas personalidades.

Definiremos sistemas de tuberías y ramaleo así como los componentes que los conforman, de manera general. Sin embargo estudiaremos un poco más a detalle las tuberías de acero al carbón, acero inoxidable y PVC, por su mayor uso y comercialización sin hacer mención de las tuberías de cobre, de drenaje, gases, etc.

Para el desarrollo de nuestro tema consultaremos distintas fuentes de información como las que proporcionan fabricantes y proveedores de materiales, piezas, etc., y manuales de consulta que en base a la experiencia resultan ser datos, formulas y conocimientos prácticos muy usados en el campo laboral.

ANTECEDENTES

Los sistemas de tuberías son como las arterias y venas, transportan líquidos vitales para las civilizaciones modernas. Suministran agua desde la fuente a distintos puntos de distribución; llevan las aguas residuales de zonas residenciales, comercios, fábricas, etc. para ser tratadas ó a puntos de descarga. De manera similar las líneas de tuberías también transportan crudo desde los pozos a tanques de almacenamiento o directo a las refinerías, para su procesamiento.

El gas natural es transportado y distribuido a través de líneas de tuberías desde la fuente y/o almacén a distintos puntos de utilización.

En fábricas e industrias químicas, las líneas de tuberías llevan líquidos, químicos, mezclas, gases de una localización a otra. Existen redes de tuberías que protegen con líquidos como agua, gases y químicos, del fuego a estas fábricas, edificios comerciales, industriales y conjuntos habitacionales.

En las plantas termoeléctricas las tuberías se encargan de transportar vapor a altas presiones y temperaturas para generar electricidad.

Otros sofisticados sistemas de tuberías son utilizados en el manejo de sustancias peligrosas. En hospitales, los sistemas de tuberías llevan gases y fluidos empleados con fines médicos. Los sistemas de tuberías en los laboratorios conducen gases, químicos, fluidos de investigación o desarrollo.

En resumen, los sistemas de tubería son esenciales y toman parte importante en nuestra civilización tal como las arterias y venas lo son para el cuerpo humano.

El diseño, construcción, operación y mantenimiento de varios sistemas de tuberías involucra entender fundamentos, materiales, condiciones generales y específicas de diseño, instalación, examinación, pruebas de inspección y además regulaciones federales y estatales.

CAPITULO 1 DEFINICIÓN DE TUBERIA

1.1 DEFINICIÓN DE TUBERÍA

Es de gran importancia aclarar la diferencia que existe entre los términos “tubería” y “tubo”, pues comúnmente son confundidos. Las Tuberías corresponden al conjunto conformado por el tubo rígido, tubo flexible, los accesorios, las válvulas, empaques, espárragos, trampas, filtros, instrumentos y dispositivos de alivio así como otros componentes sometidos a presión interna como juntas de expansión, juntas flexibles, mangueras, filtros, etc. que sirven para manejar, conducir, mezclar, separar, descargar, medir, controlar y transmitir presión. También incluyen soportes y otras unidades necesarias para evitar sobreesfuerzos. No incluyen estructuras de soportes tales como marcos, racks, mochetas y edificios.

Mientras que Tubo es una barra hueca tubular con dimensiones ya definidas y de material de uso común.

Las tuberías con destinación industrial tienen una muy amplia aplicación, pues es por medio de ellas que se transportan todos los fluidos (gases, mezclas, líquidos, etc) para optimizar y no limitar los procesos industriales. De acuerdo a los distintos servicios se tienen:

Tubería de desfuegos. Tubería diseñada para conducir hidrocarburos normalmente gaseosos ó en fases gas-líquido, que son relevados de los dispositivos de seguridad hasta los sistemas de recuperación, tratamiento y/o quemado.

Tubería de instrumentos. Es la tubería que conduce fluidos para accionamiento de los instrumentos de control de una planta, el cual generalmente es aire.

Tubería de proceso. Es la tubería que conduce fluidos para suministrar la carga a las unidades de proceso las cuales conectan equipos como cambiadores de calor, acumuladores, separadores, reactores, columnas, calentadores a fuego directo, deshidratadores, compresores, bombas y filtros entre otros equipos que intervienen en los procesos, incluye las tuberías de las unidades de almacenamiento y venta.

Tubería de servicios auxiliares. Son tuberías que conducen fluidos para suministrar los servicios de ayuda a los procesos de las instalaciones industriales. Ejemplos de servicios auxiliares, gas combustible, agua de enfriamiento, vapor, entre otros.

1.1.1. DEFINICIÓN DE RAMALEO

Se le llama RAMALEO cuando dos o más tuberías convergen en uno o más puntos. Por ejemplo el ramaleo para el sistema sprinklers que es un arreglo mecánico e hidráulico utilizado para extinguir un incendio en un área de productos combustibles ejemplo: almacén de pinturas, biblioteca, almacén de producto terminado susceptibles a incendiarse, entre otros.

1.2 CLASES DE TUBERÍA

Las clases fundamentales de tubería se consideran en dos grandes tipos:

- Tuberías Sin Costura
- Tuberías Con Costura

Las **tuberías sin costura**, como designación comercial, se refieren a las tuberías hechas mediante el forjado de un sólido redondo, su perforación mediante la rotación simultánea y el paso obligado sobre una punta perforada y su reducción mediante el laminado y el estiramiento. Sin embargo, se producen también mediante la extrusión, el colado en moldes estáticos o centrífugos, la forja y la perforación. La tubería sin costura tiene la misma resistencia en lb/in² a lo largo de toda la pared. Las tuberías sin costura perforadas tienen con frecuencia la superficie interna excéntrica con relación a la externa, lo que da como resultado un espesor no uniforme en las paredes.

Proceso de fabricación de tubería sin costura

1. Proceso de rolado
2. Proceso de extrusión
3. Forja

Para estos tres procesos, dependiendo del metal que se maneje y si en las características deseables del producto final se requiere de un acabado especial, control dimensional y facilidad de maquinar, se realiza un estirado en frío, cuando esto ocurre la tubería se debe tratar térmicamente para posteriormente pasar por un enderezado.

Proceso de fabricación de tubería con costura

Las **tuberías con costura** (soldadas) se hacen con bandas laminadas conformadas en cilindros y soldadas en las costuras por varios métodos. Se atribuye a las soldaduras del 60 al 100 % de la resistencia de las paredes de la tubería dependiendo de los procedimientos de soldadura e

inspección. Se pueden obtener diámetros mayores y razones más bajas de espesores de las paredes al diámetro en las tuberías soldadas que en las tuberías sin costura (aparte de las coladas). Se obtiene un espesor uniforme de las paredes. Las pruebas hidrostáticas no revelan tramos muy cortos de soldaduras completadas en forma parcial. Esto presenta la posibilidad de que se pueden desarrollar prematuramente fugas pequeñas cuando se manejen fluidos corrosivos o se exponga la tubería a la corrosión externa. Es preciso tomar en consideración la soldadura en los procedimientos de desarrollo para el acomodamiento, el abocinado y la expansión de las tuberías soldadas.

Posterior al proceso de rolado, formado y soldado de la tubería con costura, se procede a un enderezado de la pieza aplicando fuerzas generalmente con rodillos para lograr esfuerzos más allá del límite elástico del material, después se realiza una prueba de Eddy Current que es una prueba electrónica mediante corrientes para eliminar defectos muy pequeños como grieta de soldadura, irregularidad en espeso, fisuras, etc.

1.3 Tabla 1. Diámetros comerciales*

ESPECIFICACIONES DE TUBERIA				
Medida Nominal Pulg.	Diámetro Externo Pulg.	CEDULA	Espesor Pulg.	Diámetro Interior Pulg.
1/8	0.405	40	0.068	0.269
		80	0.095	0.215
¼	0.540	40	0.088	0.364
		80	0.119	0.302
3/8	0.675	40	0.091	0.493
		80	0.126	0.423
½	0.840	40	0.109	0.622
		80	0.147	0.546
¾	1.050	40	0.113	0.824
		80	0.154	0.742
1	1.315	40	0.133	1.049
		80	0.179	0.957
1 ¼	1.660	40	0.140	1.380
		80	0.191	1.278
1 ½	1.900	40	0.145	1.610
		80	0.200	1.500
2	2.375	40	0.154	2.067
		80	0.218	1.939
2 ½	2.875	40	0.203	2.469
		80	0.276	2.323
3	3.500	40	0.216	3.068
		80	0.300	2.900
3 ½	4.000	40	0.226	3.548
		80	0.318	3.364
4	4.500	40	0.237	4.026
		80	0.337	3.826
5	5.563	40	0.258	5.047
		80	0.375	4.813
6	6.625	40	0.280	6.065
		80	0.432	5.761
8	8.625	40	0.322	7.981
		80	0.500	7.625
10	10.750	40	0.365	10.020
		80	0.593	9.564
12	12.750	40	0.406	11.938
		80	0.687	11.376

• Manual SELMEC, (Sociedad Electromecánica), Décimo 3ª Ed., 1985

1.4 CÉDULAS

La Cédula en tuberías y accesorios se refiere al espesor de pared cuyos valores industriales son dentro de los más usados:

- Cédula 40 para servicios generales.
- Cédula 80 tubería reforzada.
- Cédula 120 tubería extra reforzada.

1.5 MATERIALES DE CONSTRUCCION, PROPIEDADES, VENTAJAS, DESVENTAJAS Y APLICACIONES

Dentro de los materiales de construcción para tuberías y accesorios y piezas de acoplamiento comercialmente y los más comunes aplicables son:

- Acero al Carbón.- para usos generales.
- Acero Inoxidable.- muy usados en la industria por su alta resistencia a la corrosión.

Los fabricantes de tuberías en virtud de su experiencia como vitales proponen las siguientes velocidades de flujo de agua promedio en sistemas de bombeo y tuberías.

Tabla 2. Velocidades recomendadas

VELOCIDADES DE FLUJO DE AGUA PROMEDIO EN SISTEMA DE BOMBEO	
DESCRIPCIÓN	pie / seg
Servicios generales	4 – 10
Agua a calderas	8 – 15
Drenajes en ciudad	7
Succión	4
Descarga	7

Tabla 3. Diámetros Comerciales comunes en la industria

1.- Agua tratada	1 ½ " - 2"
2.- Agua Cruda	2 ½ " 4" 8"
3.- Agua Suavizada	3" 8"
4.- Vapor	1 ½ " 2" 3" 4" 8"
5.- Aire Comprimido	¾ " 1" 1 ½ " 2" 4"
6.- Agua Recirculada	3"
7.- Condensados	1" 1 ½ " 2" 3"
8.- Purgas	1"
9.- Combustible	1" 1 ½ " 2" 3"
10.- Gas Combustible	½ "
11.- Amoniaco gas	8" 10"
12.- Amoniaco líquido	2"

Así mismo en materia del cálculo del diámetro de tubería para manejo de líquido de agua y parecidos a ésta como son diesel, gasolina, alcohol, ácidos y otros más, podemos recomendar en base a la experiencia de fabricantes que

$$\Phi = \sqrt{Q}$$

Donde:

$$\Phi = \text{plg} \quad \text{y} \quad Q = \text{lps}$$

Por ejemplo:

¿Qué diámetro de tubería se requiere para un flujo de 200 gpm?

$$Q = 200 \text{ gpm} = 3.33 \text{ lps}$$

$$\Phi = \sqrt{3.33} = 1.82 \quad \therefore \text{ se requiere un diámetro de tubería de 2"}$$

De igual manera, cuando se tiene un una tubería de 4" de diámetro, qué flujo puede manejar.

$$\Phi = 4" \quad \text{Despejando se tiene}$$

$$Q = \Phi^2 = 16 \text{ lps} = 960 \text{ gpm}$$

En seguida mostramos una tabla en donde aparece información sobre los tres principales materiales para construir tuberías esto es Acero al Carbón, Acero Inoxidable y PVC (Cloruro de polivinilo)

Sistemas de Tuberías y Ramaleo: Cálculo, Montaje, Desmontaje, Mantenimiento y Costos de Instalación.
 Tabla 4. Comparación de tres distintos materiales de tuberías

Material de Construcción	Propiedades	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
Acero al Carbón	Resistencia a los esfuerzos mecánicos combinados como son flexión, compresión y vibración.	Tuberías de este material son muy comunes y fáciles de conseguir.	Alto peso y dificultad para trabajo de tendido en obras hidráulicas. Baja resistencia a la corrosión y erosión.	Usos generales tanto al nivel doméstico, industrial y comercial muy utilizado tanto para líquidos como para gases. Manejo de vapor
Acero Inoxidable	Resistencia a los esfuerzos mecánicos combinados como son flexión, compresión y vibración. Resistente al ataque termoquímico.	Bajo peso. Resistente a la corrosión y/o oxidación. No requiere pintura exterior. No se incrusta.	Alto costo	Para conducir líquido en la industria farmacéutica, cervecera, en la industria refresquera, en la industria de la leche, en la industria vinícola. Manejo de vapor
PVC (Cloruro de polivinilo) Grado Hidráulico	Resistente a la presión Interna. No se oxida. No se incrusta. Resistencia mecánica. Ligereza. Baja rugosidad. Flexibilidad. Unión hermética.	La tubería esta diseñada para trabajar dentro de su régimen elástico, por lo tanto, su comportamiento ante la presión interna permanece inalterable. Facilidad para el montaje de tubería y accesorios. No permite infiltración ni exfiltración. No se ve afectado por la agresividad de los suelos. El costo de manejo e instalación se reduce considerablemente, logrando altos rendimientos de mano de obra	Poca resistencia a los esfuerzos mecánicos combinados. Envejecimiento. Poca resistencia al impacto a temperaturas menores de 0°C. Susceptible al daño con elementos punzo cortantes y debe protegerse del manejo inadecuado y rudo. A temperaturas mayores a 25°C el PVC reduce su resistencia a la tracción.	Conducción de agua cruda, agua tratada en circuitos de distribución a nivel domiciliario, comercial e industrial

CAPITULO 2 TUBERÍAS DE ACERO AL CARBÓN, ACERO INOXIDABLE Y PVC.

En relación a este capítulo proyectamos en la página 6 la “Tabla comparativa de 3 distintos materiales de tuberías” que define con simplicidad y práctica los usos y manejos de las tuberías fabricadas con materiales ferrosos como son: acero al carbón y acero inoxidable. Incluyéndose además las tuberías plásticas rígidas e indeformables como es el PVC (cloruro de polivinilo).

Acero al carbón.- En este material el carbono es el elemento que controla en forma esencial las propiedades de las aleaciones, la cantidad de manganeso que proporciona la dureza, está limitada a 1.65% y los contenidos de cobre y silicio son menores a 0.60%, así mismo contienen algunas impurezas como azufre, fósforo y otros elementos. Estas aleaciones se pueden subdividir en tres categorías: acero de bajo carbono (de 0.08% a 0.35% de C), aceros de medio carbono (de 0.35% a 0.50% de C) y los de alto carbono (más del 0.50% de C).

El acero de bajo carbono es relativamente suave y dúctil, representa el tonelaje más alto de producción, se usa para hoja de lata, láminas para carrocería, elementos estructurales. El acero al medio carbono se usa para fundiciones de acero de alta resistencia y para forjas, como ejes de ferrocarril, engranes, etc. El acero de alto carbono sirve para forjas como llaves de tuerca y herramientas en general.

Acero inoxidable.- Como base de su composición tienen hierro y un contenido de al menos un 12% de cromo que es el elemento que proporciona resistencia a la corrosión, formando un óxido superficial que protege la aleación, para producir este óxido el acero inoxidable debe estar expuesto a agentes oxidantes; otros elementos presentes en estas aleaciones son níquel, molibdeno, manganeso, silicio y titanio.

Existen tres clases que reflejan la microestructura del acero y que además de cromo contienen distintos estabilizadores y son:

Austenítico (estabilizadores de austenita): Níquel, manganeso y nitrógeno.

Ferrítico (estabilizadores ferrita): Contiene cromo, no tiene níquel y tolera sólo pequeñas cantidades de carbono.

Martensíticos: contienen cantidades balanceadas de cromo (estabilizador de la ferrita) carbono y níquel (estabilizadores del austenita). De modo que bajo calentamiento el acero se vuelve austenítico, pero bajo enfriamiento tiende a revertir a ferrítico.

Aceros AISI: Contienen 5% de cromo y con pequeñas cantidades de fósforo y cobre le da la propiedad de resistencia a la corrosión.

PVC, Cloruro de polivinilo.- Plástico termoestable, su extenso uso se atribuye a su alta resistencia química y su habilidad única para mezclarse con aditivos para producir un gran número de compuestos con un amplio rango de propiedades físicas o químicas, el alto contenido de cloro del PVC aumenta su resistencia química y a la flama. Los aditivos incluyen plastificantes que le dan flexibilidad a los materiales, estabilizadores de calor para prevenir degradación térmica durante el procesado y aumentar la vida del producto acabado, lubricantes que ayudan a la fluidez e impiden la adhesión a las superficies metálicas, pigmentos para dar color, ya que las tuberías de PVC pueden sufrir decoloración cuando se exponen a la radiación ultravioleta, opacidad y resistencia a la intemperie. El PVC se utiliza en la fabricación de tuberías, juntas, válvulas tipo bola y mariposa, etc.

Este material no soporta demasiado calor y es ampliamente resistente a ácidos, bases y alcoholes, tiene la propiedad de atoxicidad que quiere decir que no aporta color, sabor, ni olor, impide la generación de bacterias, hongos o parásitos que puedan ser nocivos para la salud.

CAPITULO 3 NORMATIVIDAD QUE RIGEN LA FABRICACIÓN Y APLICACIONES DE LAS TUBERÍAS DE ACERO AL CARBÓN, ACERO INOXIDABLE Y PVC.

Es importante señalar que hoy en día cualquier especificación de materiales deberá hacerse sobre las normas y códigos establecidos internacionalmente ya que en ellos se pueden encontrar los requisitos mínimos para el diseño, fabricación, pruebas, etc.

Las principales normas que rigen todo lo concerniente a los sistemas de tuberías y su instalación constituyen las bases de muchas leyes relativas a la seguridad. La norma de mayor envergadura en esta aplicación es el Código ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, por sus siglas en inglés).

Enfatizando en el planteamiento de tuberías a presión, se encuentran diferentes secciones separadas para este código que enmarcan la implantación de estos sistemas:

- Tuberías para Sistemas de Potencia..... B31.1
- Tuberías para Gases Combustibles..... B31.2
- Tuberías Plantas Químicas y Refinerías de Petróleo... B31.3
- Tuberías para transporte de petróleo líquido..... B31.4
- Tuberías para Refrigeración.....B31.5
- Tuberías para transmisión y distribución de Gas..... B31.8
- Tuberías para Servicios en Edificios..... B31.9

Indudablemente existen muchas otras organizaciones que se han dedicado a resaltar los requerimientos en las instalaciones de tuberías como tal. Entre ellas podemos mencionar El Instituto Americano de Petróleo (API), La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), La Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NFPA), El Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI), etc.

La normatividad aplicable para tuberías de PVC es Norma Mexicana NMX - E - 211 – SCFI

CAPITULO 4 INGENIERÍA DE DETALLE EN SISTEMAS DE TUBERÍAS.

Ingeniería de detalle:

Es el diseño detallado, que se desarrolla a partir de las bases de diseño, la ingeniería básica y los requisitos establecidos en las normas.

Ingeniería básica:

Son los documentos en los que se plasma la información principal que se requiere para el desarrollo de diseño de una instalación o planta industrial, tales como: diagramas de balance de materia y energía, diagramas de flujo de proceso, y de tubería e instrumentación, hoja de datos, entre otros.

Y en nuestro caso en materia de tuberías y ramaleo la Ingeniería de Detalle describe:

La clase de tubo a tender que incluye material base, diámetro, cédula, acabado, accesorios con las mismas especificaciones que la tubería, bridas, válvulas, etc. y el tipo de arreglo de acuerdo al servicio del sistema de tuberías.

CAPITULO 5 EVALUACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LAS TUBERÍAS

1. Información requerida:

- Diagramas de flujo de proceso, DFP, (en caso de no contar con un índice de servicios)
- Índice de servicios
- Diámetros de tuberías

2. Índice de servicios

Se basa en el diagrama de flujo de proceso para obtener las condiciones de presión, temperatura y servicio para especificar el sistema de tuberías. Se debe tener especial cuidado en el número de especificaciones ya que un número excesivo haría el diseño, construcción y el mantenimiento difícil y costoso, mientras que un número corto produciría un alto costo inicial además del riesgo de someter materiales a condiciones muy severas que terminarán por dañarlos.

3. Nomenclatura o codificación

Se deberá asignar a cada fluido y especificación un símbolo conveniente para su identificación, el cual es utilizado en diagramas de tuberías e instrumentación, DTI, o en listas de materiales para su almacenamiento durante la construcción. Adicionalmente se le puede asignar un código o símbolo al rango de presión y al material, completando así la codificación. A las válvulas también se les describe por un sistema de numeración, con lo cual se genera el catálogo de válvulas, es común incluir en las especificaciones el número del catálogo de la válvula a usar, agregando las palabras “o equivalente” después del número de la válvula.

4. Selección del material

Como las características de los fluidos son muy variables no se pueden establecer reglas para la selección de materiales, para ello se debe conocer prioridades, limitaciones y usos que tienen los mismos, así como los que se recomiendan en catálogos de proveedores y otras especificaciones

4.1 Factores que determinan la selección de material base

- Características y propiedades del material, tales como la resistencia mecánica y a la corrosión, tenacidad, dureza, conductividad térmica, etc.
- Condiciones y restricciones propias del proceso como la temperatura, presión, fluido a transportar, contaminación permisible, corrosión.
- Medio ambiente en el que se hará la instalación.

- Costo del material, de instalación, operación, mantenimiento y disponibilidad del mismo.
- Calidad y cantidad, es decir, seleccionar la cantidad adecuada y hacerlo sobre la base de los códigos y estándares preestablecidos.
- Experiencia basada en información del material seleccionada para condiciones similares de operación o proceso y el comportamiento observado en plantas piloto, pruebas de corrosión de laboratorio y la literatura disponible.

En general, salvo que se trate de un proceso totalmente nuevo no habrá problema para determinar los materiales de construcción con base a la información existente. Sin embargo, los datos publicados no se deben considerar como definitivos.

4.2 Pasos a seguir en la selección de materiales

1. Obtener las condiciones de servicio, tomando en cuenta contingencias, tales como paros, arranques, condiciones de emergencia y operaciones de mantenimiento. Las condiciones extremas, frecuentemente crean variaciones importantes en el flujo, presión y/o temperatura, por ende pueden causar problemas con los materiales. Las condiciones máximas de temperatura y presión en las especificaciones de tuberías deberán ser las de diseño que se definen a continuación:
 - a) Temperatura de diseño.- Será la temperatura máxima esperada durante las condiciones de operación y será de 25 °C mayor a la temperatura de operación.
 - b) Presión de diseño.- Es por lo menos un 10% mayor pero no menor a 15 psig y no más de 50 psig, arriba de la presión de operación.
2. Confirmar que el material propuesto no tenga restricciones para su uso en reglamentos gubernamentales locales, por seguridad, tipo de proceso o en códigos. Se recomienda seleccionar el material en el siguiente orden:
 - a) Resistencia a la corrosión.- Se mide como desgaste en milésimas de pulgadas por año. Se debe confirmar que el material no sufra otra manifestación de corrosión como picaduras, grietas, etc.
 - b) Resistencia a la temperatura de operación.- Confirmar que no hay restricción de uso por temperatura del material elegido.
 - c) Resistencia a esfuerzos mecánicos.- Si el material estará sujeto a presión o vacío, confirmar que el material sea adecuado para resistir estos esfuerzos.

3. Si al aplicar los criterios anteriores, se obtienen varias alternativas de materiales a seleccionar que cumplan técnicamente, se procede a comparar sus ventajas y desventajas técnico-económicas, tomando en cuenta:

- a) Costo de inversión inicial incluyendo instalación
- b) Costo de mantenimiento
- c) Ventajas y desventajas particulares del material
- d) Disponibilidad en el mercado nacional
- e) Tiempo de entrega
- f) Tiempo de vida útil de la planta

4.3 Tablas generales de selección de materiales.

Como ya se mencionó en la selección de materiales se puede usar como guía de información tabulada de corrosión de materiales en función de los fluidos a transportar, basadas en la experiencia de diversos fabricantes y para con ellas realizar una selección rápida, sobre a base de criterios como uso **“EXCELENTE”**, **“BUENO”**, **“REGULAR”** y **“NO RECOMENDADO”**.

Un factor que puede determinar la selección del material es la **temperatura** para lo cual se encontraron las siguientes recomendaciones prácticas:

Tabla 4. Temperaturas recomendadas para selección de material

Rango de temperatura	Material de tubería
-45°C a 415°C	acero al carbón
415°C a 470°C	Acero de aleación 2 - 3% C, 0 - 1.25% Mn, 0 - 2.3% Si
470°C a 565°C	Acero de aleación de 1.25%Cr – 0.5%Mo
565°C a 650°C	Acero de aleación de 2.25%Cr – 0.5%Mo
482°C a 650°C y con servicios de corrosión moderados	Acero de aleación de 5.00%Cr – 0.5%Mo
Hasta 815°C y con servicios de corrosión	Acero inoxidable 12 - 30% Cr, 0 - 22% Ni y pequeñas cantidades de Nb, Cu, Mo, Se, Ta y Ti

4.4 Tablas ASTM más usuales.

Hay especificaciones ASTM usadas frecuentemente en la selección de materiales sobre todo metálicos. Generalmente el material forjado es usado, en diámetros de 2" y menores, para válvulas, conexiones roscadas o soldadas y bridas de cualquier tipo. El material fundido es aplicado generalmente a válvulas bridadas y para soldar, en diámetros mayores. La misma regla suele aplicarse para materiales como aluminio, cobre y níquel con sus respectivas aleaciones, así como para diferentes clases de hierro.

Tabla 5. Especificaciones ASTM comunes.

Material	Forjado	Fundido	Conexiones soldables	Tubular
Acero al carbón (bajo contenido hasta 0.351 de C máx.)	A-105-I, II A-181-I, II A-350-LF1 A-350-LF2	A-216-WCA A-216-WCB A-216-WCC A-352-LCB	A-234-WPA A-234-WPB A-234-WPC	A-53-A, B A-106-A, B, C A-120 A-134 A-135-A,B A-139-A,B A-155
Acero inoxidable 18Cr-8Ni 25Cr-20Ni 18Cr-12Ni	A-182-F304 A-182-F310 A-182-F316	A-351-CF8 A-351-CK20 A-351-CF8M	A-403-WP304 A-403-WP310 A-403-WP316	A-312-TP304 A-312-TP310 A-312-TP316

4.5 Selección de materiales de válvulas y sus internos

Una vez especificado el material base, se procede a seleccionar el material de válvulas tanto de cuerpo como para bonetes e internos. El material del cuerpo y bonete normalmente es igual al material base, sin embargo para los internos como sellos, vástago, disco y asientos deberá ser de mayor calidad puesto que están en mayor contacto con el fluido y por ende sujetos a efectos de velocidad, corrosión y erosión.

4.5.a. Materiales recomendados en cuerpos y bonetes.

Algunos de los materiales más usados son el latón (hasta 260°C), bronce (hasta 260°C), hierro fundido ASTM A-216 clase A y B (ambos hasta 232°C), hierro fundido ASTM A-395 (hasta 343°C), acero al carbón ASTM A-216 grado WCB (hasta 435°C), acero inoxidable ASTM A-351 grado CFB (hasta 121°C) y acero inoxidable ASTM A-487 grado 4N (hasta 121°C). Tanto el hierro fundido como el acero al carbón se caracterizan por una gran

resistencia a la corrosión pues la oxidación inicial forma una capa protectora que los hace aptos para medios relativamente corrosivos, siempre y cuando esa capa no se destruya. Lo anterior es posible en partes estáticas, pero en el caso de compuertas, vástagos y piezas sujetas a movimiento no, ya que la película protectora se destruye.

4.5.b. Materiales recomendados para internos.

Los internos son el vástago, los asientos, compuerta o disco, fabricados incluso del material base pero con recubrimientos de materiales plásticos, por ello se debe cuidar el límite de temperatura. Algunos de los materiales usados para los internos son el bronce (Temp. max. 288°C), usado regularmente en válvulas de hierro de alta presión y algunas de acero; la aleación acero cromo (Temp. max. 454°C), recomendada para aceite, vapores de aceite o algún otro lubricante; el monel (Temp. max. 454°C), se recomienda para servicios de agua usado en compuertas o disco de monel contra asientos de acero al cromo. Los plásticos como el nylon, teflón, PVC, etc., tienen buenas propiedades antifricción y resistencia a casi cualquier fluido.

Las válvulas con cuerpo de acero al carbón se pueden recubrir de la siguiente manera:

- 13% Cromo.- Material estándar para internos, tiene mayor resistencia contra la oxidación que el acero al carbón.
- 13% Cromo con asientos estilitados.- El recubrimiento de estelita en los asientos les da una dureza superior para evitar el desgaste en los casos donde se desarrolla altas velocidades entre el disco y el asiento, se recomienda para servicios a alta temperatura.
- 13% Cromo con asientos monel.- Estos asientos tienen una resistencia a la corrosión superior a los estilitados y una dureza aceptable, es recomendada para fluidos alcalinos, agua de mar, salmueras y soluciones no oxidantes.
- Acero inoxidable 304, 316, etc.- Este material es recomendado para servicios criogénicos, fluidos corrosivos y donde se requiere evitar contaminación en el producto.

5. Especificación de rangos de presión y temperatura (clasificación ANSI).

Esta clasificación es aplicable en bridas, accesorios y válvulas bridadas, se determina en función de las condiciones máximas de presión y temperatura y tipo de material, se hace uso de información ya tabulada para diferentes clasificaciones en función del material publicados en códigos y estándares como el ANSI B16.5. Es importante mencionar que al momento de realizar la especificación de materiales en un proceso real se debe consultar la última versión

del código. Adicionalmente se deberán revisar las notas que aparecen debajo de cada tabla para verificar que no haya ninguna restricción para el uso del material en ese rango o clase.

6. Especificación de corrosión permisible.

Es el factor de seguridad considerado en el espesor de la tubería por efectos de roscado, corrosión y erosión, estos valores se pueden encontrar tabulados en códigos como ANSI/ASME, específicamente en sus secciones B31.1, B31.2, B31.3, B31.4 y B31.5; en ocasiones, por la naturaleza del fluido se debe incrementar este valor, otro factor es el roscado donde se debe adicionar la profundidad del mismo según el código ANSI B31.3

Tabla 6. Corrosión permisible recomendada

Diámetro Nominal de Tubería (pulg)	EXTREMOS LISOS			EXTREMOS ROSCADOS
	SECCIONES 1,4 y 5	SECCIÒN 2	SECCIÒN 3	SECCIONES 1,3,4 y 5
1/8	0.05	0.02*	0.0	0.05
¼ y 3/8	0.05	0.02*	0.0	0.05
½ y ¾	0.05	0.02*	0.05	0.0571
1	0.05	0.05*	0.05	0.0696
1 ¼ a 2	0.05	0.05*	0.05	0.0696
Mayores de 2	0.05	0.05*	0.05	0.1

*Usar sólo como referencia, dependerá de las condiciones de corrosión

Tabla 7. Recomendaciones para el manejo de líquidos corrosivos y abrasivos.

Fluido	Acero inoxidable	Acero al carbón	Sustancia	PVC tipo I
Ácido acético 50%	Si	No	H ₂ SO ₄ al 10%	Exelente
Ácido cítrico	Si	No	H ₂ SO ₄ al 50%	E
Ácido fosfórico	Si	No	HCl al 10%	E
Alcohol	Si	Si	HNO ₃ al 10%	E
Hidróxido de amonio	Si	No	Ácido acético al 10%	E
Cerveza	Si	No	NaOH al 10%	Bueno
Benceno	Si	No	NaOH al 50%	E
Peróxido de hidrógeno 90%	Si	No	NH ₄ OH	E
Insecticidas	Si	No	NaCl	E
Tintas	Si	Si	FeCl	E
Lactosa	Si	No	CuSO ₄	E
Aceites lubricantes	Si	Si	NH ₄ NO ₃	E
Metano	Si	Si	H ₂ S húmedo	E
Leche	Si	No	Cl ₂ húmedo	Bueno
Pintura	Si	Si	SO ₂ húmedo	E
Propano	Si	Si	Gasolina	E
Jabón líquido	Si	Si	Benceno	E
Carbonatos	Si	Si	CCl ₄	Regular
Sulfatos	Si	No	Acetona	Malo
Tolueno	Si	Si	Alcohol	E
Ceras y emulsiones	Si	Si		
Xileno	Si	No		
Levaduras	Si	No		
Gasolina	Si	Si		
Glicerina	Si	Si		

7. Selección del tipo de inspección de prueba.

Se debe seleccionar la prueba a realizar en el sistema antes de entrar en operación para evitar cualquier posible fuga. Las pruebas más comunes son la hidrostática y la neumática.

La selección de prueba se debe hacer conforme al tipo de material y a las especificaciones ASTM relacionadas como la E-23, E-309, E-165, etc. Ahora mencionaremos algunas desventajas de ambas pruebas, para contemplar el uso de una u otra si el proceso y el factor económico así lo permiten:

1. La prueba hidrostática puede causar daños a los revestimientos o aislamientos internos puede contaminar los procesos originándose situaciones de peligro, corrosión, hacerlos inoperantes ante la presencia de humedad o ser la causa de posibles fracturas por fragilización por la baja temperatura del metal durante la prueba-
2. La prueba neumática puede crear considerable peligro por una posible liberación de energía almacenada en el sistema o una posible fractura por fragilización que existe por la baja temperatura del metal durante la prueba.

8. Selección de equipos de tipos de extremos en tuberías, conexiones y válvulas.

Un punto común en tubería, conexiones o accesorios y válvulas es el tipo de extremo con el que se van a unir o ensamblar. En su selección se cuenta con un límite de aplicación para cada una en función del diámetro, características físicas, económicas y de seguridad del sistema. El límite usualmente es de 1½" de diámetro y menores para extremos inserto soldables o roscados y mayor a 2" para extremos biselados. Los extremos bridados no se recomiendan en condiciones de presión elevada por el peligro de fugas que representan.

9. Especificación de la tubería.

Ya seleccionado el material base a continuación se debe especificar si la tubería contará o no con costura, siendo la última la que ofrece una mayor seguridad al eliminar el riesgo que causa la presencia de costura, su selección dependerá de las condiciones, del costo y su disponibilidad.

9.1 Cálculo del espesor de pared o cédula de una tubería.

Ya seleccionado el diámetro y en base al código ANSI B31.3, se determina la cédula de tubería metálica.

La información requerida para el cálculo es:

- a) Especificación y/o material de la tubería.
- b) Fluido que se maneja
- c) Sección del código a la que corresponde
- d) Presión máxima
- e) Temperatura máxima

f) Diámetro de tubería

Tabla 8. Espesores mínimos recomendados

Diámetro de tubería	Espesor mínimo para tubería con extremos planos	Espesor mínimo para tubería con extremos roscados
1/2"	0.06	0.03
3/4"	0.06	0.04
1"	0.06	0.045
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	

9.1.a. Fórmula general para tuberías metálicas

Para tubos rectos, el espesor de diseño por presión interna "t", no debe ser menor que el calculado con la siguiente formula siempre que "t" sea menor que D/6

$$t = \frac{P * D}{2(SE + PY)}$$

P= presión interna manométrica

D= diámetro exterior del tubo como se indica en las tablas del código ANSI/ASME B 36.10M y ANSI/ASME B 36.19M o equivalente

E= Factor de calidad de junta de la tabla A-1B del ANSI/ASME B 31.3 o equivalente

S= valor del esfuerzo básico permisible el cual corresponde al valor entre 1/3 de σ_u o 2/3 de σ_y indicado en la tabla A-1 del ANSI/ASME B.31.3 o equivalente.

Y= coeficiente de la tabla 9, para los materiales indicados, siempre y cuando "t" sea menor que D/6. Para temperaturas intermedias, el valor de "Y" puede interpolarse.

Cuando t sea igual o mayor que D/6, el valor de "Y" se calcula con la siguiente ecuación

$$Y = \frac{d + 2c}{D + d + 2c}$$

Donde

D = diámetro interno del tubo

y

$$t = \frac{P(d + 2c)}{2[SE - P(1 - Y)]}$$

Los tubos con “t” igual o mayor que D/6 o P/SE mayor que = 0.385, requieren consideraciones especiales tomando en cuenta los factores de diseño y propiedades del material, tales como los mecanismos de falla, fatiga y esfuerzos térmicos.

Tabla 9. Valores de coeficiente “Y” para t < D/6

Materiales	Temperaturas °C (°F)					
	≤ 482 (≤900)	510 (950)	538 (1000)	566 (1051)	593 (1099)	≥621 (≥1150)
Acero ferrítico	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
Acero austenítico	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
Otros metales dúctiles	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Hierro fundido	0.0					

9.1.b. Para tuberías no metálicas

Se trata de una expresión similar a la usada para tuberías metálicas, difiriendo principalmente con especificación ASTM del material y algunas consideraciones especiales

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

t= espesor mínimo requerido por la presión que se ejerce en las paredes

P= Presión de diseño o máxima de trabajo

D= Diámetro exterior

S= esfuerzo de diseño

9.2 Descripción de la tubería.

Será sobre la base de código proporcionando el tipo de material y la especificación ASTM correspondiente

10. Especificación de conexiones y accesorios

Se requiere proporcionar el tamaño o diámetro de tubería, el tipo de extremo y cédula que en ocasiones es manejada también como un rango de presión.

10.1 Determinación de presión y cédula para conexiones-

En el caso de bridas, válvulas y conexiones o accesorios bridados se maneja un rango de presión que corresponde a la clasificación ANSI. Para conexiones o accesorios de extremos biselados o soldable a tope (de 2” de diámetro y mayores) el espesor o cédula debe ser el mismo de la tubería. En conexiones o accesorios de diámetro menor a 1½” y principalmente con extremos roscados e inserto soldable se clasifican por presión, la cual se determina por una equivalencia con la cédula de tubería de acuerdo al material de las conexiones, estas

Tabla 10. Presión para conexiones y accesorios

Espesor o cédula de tubería	Tipo extremo en la conexión	Designación
80 (XS)	Roscado	2000
160-	Roscado	3000
-(XXS)	Roscado	6000
80 (XS)	Inserto soldable	3000
160-	Inserto soldable	6000
-(XXS)	Inserto soldable	9000

11. Especificación de válvulas, factores a considerar:

a) Tipo de servicio. Si será utilizada para obturar o permitir, regular, cambiar de dirección o evitar retroceso de flujo. Considerando grado de hermeticidad, caída de presión, tipo de regulación deseada, velocidad de cierre, dirección de flujo.

b) Naturaleza del fluido. Es decir el servicio a manejar se debe considerar la acción corrosiva y erosiva, el peligro de fugas por toxicidad, inflamabilidad, densidad, contaminación, etc.

c) Temperatura del fluido. Que puede ser máxima, mínimo o bajo cero y se debe considerar el efecto que tenga sobre los materiales del cuerpo, guarniciones, empaques, etc.

d) Presión de fluido. La presión máxima o de vacío se debe considerar para evaluar la resistencia de los materiales, efecto de la temperatura sobre la presión de trabajo, posibilidad de golpe de ariete, etc.

e) Tamaño de la válvula. Puede ser de paso completo, paso completo y continuo, paso restringido; se debe considerar gasto, caída de presión y distancia entre extremos. Lo anterior impacta seriamente en el aspecto económico.

f) Conexión a la tubería. Puede ser bridada (cara realzada, junta tipo anillo, etc.), cajas para soldar, biselada y roscada. Se debe tomar en cuenta la hermeticidad de la conexión, presión del trabajo, permanencia en la línea, tamaño y tiempo de instalación.

g) Colocación de la válvula. Puede ser a nivel de piso, elevada, enterrada en espacio limitado, bajo el agua, en lugar inaccesible y se debe considerar cambios de temperatura, corrosión en el medio ambiente, posibilidad de operación (cadena, extensión del vástago, etc.), dimensiones, resistencia estructura, etc.

h) Operación de la válvula. Manual, con accionador de transmisión de engranes, cadena, motor eléctrico o actuador neumático, extinción u otras, considerando frecuencia de operación, presión diferencial máxima, ubicación, etc. Su selección dependerá de la recomendación del fabricante.

i) Normas. Conocer la normatividad que aplica en función del tipo de planta en que serán instaladas, tomando 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., considerando el costo inicial, mantenimiento y repuestos.

Se debe asegurar que cumplan con normatividad, que su rigidez estructural sea adecuada para lo esfuerzos mecánicos a que estará sometida la línea y que, si en caso de incendio, la válvula siga conservando sus características de funcionamiento y sello.

11.1 Determinación de clase o rango de una válvula.

Si cuenta con un extremo inserto soldable o roscado, su clase o rango se determina igual que una brida con sus condiciones de operación, usando el código API-602

Tabla 11. Rangos de presión-temperatura (*1) API-602 para válvulas

Temperatura de servicio		Presión de trabajo lb/in ² Clase 800		
°C	°F	ASTM (*2) A-105N Acero al carbón	ASTM A-182 Gr.F5 a 5% de Cr, 0.5% Mb	ASTM A-182 Gr.F316 18% de Cr 8% de Ni y Mb
-29 a 38	-20 a 100	1975	2000	1990
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	185
371	700	1420	1515	1150
399	750	1345	1420	1130
427	800	1100	1325	1105
455	850	750	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

(*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 ASTM A-105N fueron extraídos de la norma API-602, el acero al carbón no se recomienda para usos prolongados arriba de los 800°F (427 °C).

12. Consideraciones en la especificación de bridas.

1. Material
2. Clase o rango
3. Tipo de brida
4. Cara de brida

De los conceptos anteriores el primero se cubre con la selección del material base, el segundo corresponde a la determinación de la clase o rango, y los restantes dependerán principalmente de las condiciones de operación y el fluido que se maneje, se puede mencionar que los tipos de bridas más usados son la ciega, de cuello e inserto soldable, en cuanto al tipo de cara la realzada y la de anillo son las más requeridas.

13. Especificación de empaques.

Se debe considerar factores determinantes, como son la naturaleza y temperatura del fluido, presión de cierre de tuercas en tornillos o espárragos, presión interna e hidrostática y fuerza de escurrimiento en el empaque. A continuación se describen estos factores:

a) Material. La naturaleza del fluido a manejar determina el material del empaque. Todo material tiene ciertas limitaciones inherentes que restringen su aplicación, muchas de éstas pueden ser parcial o totalmente eliminadas por varios métodos, incluyendo la inserción de refuerzos o combinando varios materiales dependiendo del caso en particular.

Los materiales para empaques están generalmente agrupados de la siguiente manera:

1. Asbesto comprimido: de uso obsoleto, se sustituya por algunas fibras minerales aglomeradas con elastómeros.
2. Hule con o sin refuerzos. Usado en el manejo de algunos ácidos.
3. Fibra vegetal. Para el manejo de petróleo y algunos solventes.
4. Teflón. Usado para el manejo de ácidos, amoníaco y petróleo.
5. Metal. De ellos el acero inoxidable es usado para manejar ácidos, petróleo y algunos solventes, para vapor dependerá de la temperatura.
6. Semimetálico. Sobre todo si son del tipo espirometálicas.

b) Temperatura. Se trate de un factor determinante para la selección del material del cual se fabricará el empaque. El hule, teflón, termoplásticos y elastómeros usados para este fin cuenta con un límite de temperatura para su uso de acuerdo a sus características.

c) 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 actuó sobre la parte de la junta expuesta a la 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.

- d) Espesores. Cuando las superficies y bridas están perfectamente limpias y planas, una junta delgada generalmente es mejor que una gruesa pero si las superficies son ásperas o no están alineadas, una junta gruesa efectúa mejor trabajo.

Tabla 12. Espesores de empaques

Material	Espesor mínimo
Elastómeros	1/16"
Fibra vegetal	1/16"
PTFE	1/16"
PTFE envuelto	3/16"
Asbestos	1/16"
Grafito	0.015"
Metálicos	0.175"

14. Especificación de tornillos y espárragos.

Los tres factores importantes a considerar conforme a la especificación ASTM correspondiente, son:

- a) Material
- b) Dimensiones
- c) Esfuerzos o resistencia

14.1 La determinación de la cédula y extremo de un tornillo o espárrago no son datos requeridos, pero si el torque de apretado de espárrago, tratamiento térmico y dimensiones como el diámetro, longitud de las 2 puntas y total, acabado y número de hilos por pulgada,

15. Especificación de ramales.

Al integrar un ramal, la tubería se debilita y a menos que su espesor este excedido para soportar la presión es necesario reforzar la unión. Existen ciertas condiciones de ramales que tienen resistencia adecuada o se refuerzan al construirse, siempre y cuando:

- a) El ramal se efectúa utilizando una conexión como una te, una lateral o una cruz.
- b) El ramal se conecta soldado directamente a la tubería principal utilizando un tipo y tamaño mínimo de soldadura apropiado y el ramal no exceda a 1½" de diámetro nominal.
- c) El ramal sea mediante la soldadura de una conexión integralmente reforzada, siempre y cuando la conexión que se surta demuestre que es cuando menos igual de resistente al cabezal o tubo de ramal

Consideraciones adicionales para el diseño de ramales:

- a) Además de las cargas por presión se aplican fuerzas externas y momentos a la conexión del ramal originados por expansión y contracción por cargas vivas y muertas así como movimientos de terminales y soportes de tuberías. Debe darse especial consideración en el diseño para resistirlos.
- b) Bajo las siguientes circunstancias se deberán evitar las conexiones de ramal directamente al cabezal.
 - 1. Cuando el diámetro del ramal se aproxime al del cabezal
 - 2. Donde puedan imponerse esfuerzos repetitivos sobre la conexión, por medio de vibración, presión pulsante, ciclaje térmico, etc.
- c) Deberá suministrarse una adecuada flexibilidad en líneas de diámetros mayores a fin de que absorban la expansión térmica y otros movimientos de la línea mayor.

CAPITULO 6 RESISTENCIA A LA PRESIÓN INTERIOR DE UNA TUBERÍA DE ACERO AL CARBÓN CON COSTURA Y SIN COSTURA Y CRITERIOS A SEGUIR.

Para este capítulo, es necesario conocer:

- a. Cuál código se aplica al sistema
- b. Las condiciones de presión y temperatura de diseño
- c. Las especificaciones del material
- d. El diámetro de tubería y el espesor de pared de cada componente del sistema
- e. El esquema del sistema incluyendo dimensiones y movimientos térmicos en cualquier punto
- f. Limitaciones de reacciones finales en los puntos, tales como las establecidas por los fabricantes de equipos

Teniendo determinadas las bases del problema, el código aplicable podría establecer los requerimientos mínimos de seguridad para el material a las condiciones de presión y temperatura de diseño. Algunos códigos especifican los factores de expansión térmica y el módulo de elasticidad para materiales comúnmente usados en tuberías, así como también proporcionan las fórmulas para determinar los factores de intensificación de esfuerzos y los factores de flexibilidad para los componentes del sistema.

El análisis de flexibilidad de tuberías consiste en determinar si una línea posee la suficiente capacidad para absorber las cargas que inciden sobre ella tales como el propio peso de la tubería, la expansión térmica, las fuerzas

La resistencia a la presión interna de una tubería dependerá del servicio en la que se emplee, el espesor de pared y el tipo de material, etc. Por lo tanto no es posible definir un rango exacto de la resistencia a la presión interna de la tubería con y sin costura. En el ASTM existe una clasificación de tuberías que para diferentes servicios te garantiza la presión de operación demandada.

Existen varias tablas de clasificaciones de tuberías donde se pueden consultar la descripción de las tuberías de acuerdo al servicio. A continuación mostramos algunos ejemplos:

La resistencia interna a la presión de una tubería esta dada por su clase, por ejemplo: una tubería de hierro colado de clase 50 (cualquier diámetro) resiste 50 lb/in^2 , clase 350 resiste 350 lb/in^2 .

Tabla 13. Comparación de la resistencia a la presión interna de la tubería de acero al carbón con costura y sin costura

Tabla 13.a Tubería de acero al carbón con costura

Diámetro Nominal		Diámetro Exterior		Espesor de Pared		Peso Teórico	Presiones de prueba hidrostática			
pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	ced.	Kg/m	ASTM A 53 Gr A		ASTM A 53 Gr B	
							lb/pulg2	kg/cm2	lb/pulg2	kg/cm2
1/2"	13	0.840	21.3	0.090	L-200	1.07	700	49		
				0.109	40-Std	1.27	700	49	700	49
				0.147	80-(XS)	1.69	850	60	850	60
3/4"	19	1.050	26.7	0.195	L-200	1.44	700	49		
				0.113	40-Std	1.69	700	49	700	49
				0.154	80 (XS)	2.20	850	60	850	60
1	25	1.315	33.4	0.104	L-200	2.00	700	49		
				0.133	40-Std	2.50	700	49	700	49
				0.179	80 (XS)	3.24	850	60	850	60
1 1/4	32	1.660	42.2	0.110	L-200	2.71	1200	84		
				0.140	40-Std	3.39	1200	84	1300	91
				0.191	80	4.47	1800	127	1900	134
1 1/2	38	1.900	48.3	0.115	L-200	3.26	1200	84		
				0.145	40-Std	4.05	1200	84	1300	91
				0.200	80	5.41	1800	127	1900	134
2	51	2.375	60.3	0.120	L-200	4.30	1200	84		
				0.154	40-Std	5.44	2300	162	2500	176
				0.218	80	7.48	2500	176	2500	176
2 1/2	64	2.875	73.0	0.160	L-200	6.91	1950	137		
				0.203	40-Std	8.63	2500	176	2500	176
				0.170	L-200	9.01	1750	123		
3	75	3.500	88.9	0.216	40	11.29	2220	156	2500	176
4	100	4.500	114.3	0.185	L-200	12.70	1500	105		
				0.237	40-Std	16.07	1900	134	2210	155
6	150	6.625	168.3	0.188		19.27	1020	72	1190	84
				0.250		25.36	1360	96	1580	111
				0.280	40-Std	28.26	1520	107	1780	125

Tabla 13.b Tubería de acero al carbón sin costura.

Diámetro Nominal pulg. mm	Diámetro Exterior		Espesor de Pared		Peso Teórico Kg/m	Presiones de prueba hidrostática											
	pulg.	mm	pulg.	ced.		ASTM A 53 Gr A		ASTM A 53 Gr B		API-5L-X-42		API-5L-X-46		API-5L-X-52			
						lb/in ²	kg/cm ²	lb/in ²	kg/cm ²	lb/in ²	kg/cm ²	lb/in ²	kg/cm ²	lb/in ²	kg/cm ²		
3/4"	19	1.050	26.7	0.113	40-Std	1.69	700	49	700	49							
				0.154	80 (XS)	2.20	850	60	850	60							
				0.218	160	2.89											
				0.308	XXS	3.63	1000	70	1000	70							
1	25	1.315	33.4	0.133	40-Std	2.50	700	49	700	49							
				0.179	80 (XS)	3.24	850	60	850	60							
				0.250	160	4.23											
				0.358	XXS	5.45	1000	70	1000	70							
1 1/4	32	1.660	42.2	0.140	40-Std	3.39	1200	84	1300	91							
				0.191	80	4.47	1800	127	1900	134							
				0.250	160	5.60											
				0.382	XXS	7.75	2200	154	2300	161							
1 1/2	38	1.900	48.3	0.145	40-Std	4.05	1200	84	1300	91							
				0.200	80	5.41	1800	127	1900	134							
				0.281	160	7.22											
				0.400	XXS	9.54	2200	154	2300	161							
2	51	2.375	60.3	0.154	40-Std	5.44	2300	162	2500	176	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.218	80	7.48	2500	176	2500	176	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.343	160	11.09	2500	175	2500	176	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.436	XXS	13.44	2500	175	2500	176	3000	211	3000	211	3000	211	
2 1/2	64	2.875	73.0	0.203	40-Std	8.63	2500	176	2500	176	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.276	80	11.40	2500	175	2500	176	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.375	160	14.90	2500	175	2500	176	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.552	XXS	20.37	2500	175	2500	176	3000	211	3000	211	3000	211	
3	75	3.500	88.9	0.216	40	11.29	222C	156	2500	176	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.300	80	15.25	2500	175	2500	176	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.437	160	21.31	2500	175	2500	176	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.600	XXS	27.65	2500	175	2500	176	3000	211	3000	211	3000	211	
4	100	4.500	114.3	0.237	40-Std	16.07	1900	134	2210	155	2650	186	2910	205	3000	211	
				0.337	80	22.29	2700	190	2800	197	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.437	120	28.27	2800	196	2800	197	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.531	160	33.50	2800	196	2800	197	3000	211	3000	211	3000	211	
5	125	5.563	141.3	0.258	40-Std	21.92	1670	117	1950	137	2340	165	2560	180	2890	203	
				0.375	80	30.88	2430	170	2800	197	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.500	120	40.24	2800	197	2800	197	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.625	160	49.04	2800	197	2800	197	3000	211	3000	211	3000	211	
6	150	6.625	168.3	0.250		25.36	1360	96	1580	111	2380	167	2600	183	2940	207	
				0.280	40-Std	28.26	1520	107	178C	125	2660	187	2920	205	3000	211	
				0.432	80	42.67	2350	165	2740	193	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.562	120	54.15	2800	197	2800	197	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.718	160	67.48	2800	197	2800	197	3000	211	3000	211	3000	211	
				0.864	XXS	79.10	2800	197	2800	197	3000	211	3000	211	3000	211	

Como podemos ver, de acuerdo a las pruebas de presión hidrostática, a las que el fabricante (HILSA MEX) somete su producto, en ambos casos, tanto tubería con costura y tubería sin costura, la resistencia es la misma para un mismo diámetro y misma cédula.

Simplemente la diferencia radica en que el proceso de manufactura con costura es de menor costo para tuberías de 3 1/2" de diámetro y menores.

CAPITULO 7 GUÍAS PARA EL ENSAMBLE Y TENDIDO DE TUBO A TUBO Y ACCESORIOS

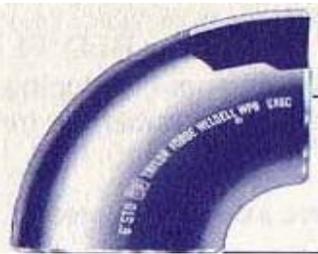
En este capítulo se trabajará sobre los recursos que tiene la ingeniería para el ensamble tubo a tubo, accesorio-accesorio, tubo-accesorio, con el objeto de conducir un fluido de manera técnica y eficaz sin importar la longitud ni el caudal de manejo de tal fluido.

Un punto común en tubería, conexiones o accesorios y válvulas es el tipo de extremo con el que se van a unir o a ensamblar. En su selección se cuenta con un límite de aplicación para cada uno en función del diámetro, características físicas, económicas y de seguridad del sistema. El límite usualmente es de 1½" de diámetro y menores para extremos inserto soldable o roscado y mayor a 2" para extremos biselados. Los extremos bridados no se recomiendan en condiciones de presión elevadas por el peligro de fugas que representan.

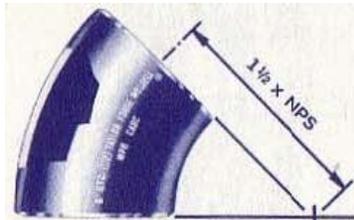
Conexiones y accesorios.

Codos: Conexiones forjadas prefabricadas de 45°, 90° y 180°, con extremos soldables, roscados o caja para soldar, su aplicación facilita cualquier cambio de dirección en el sistema. Por su radio, que es la dimensión que va de su vértice hasta uno de sus arcos, pueden clasificarse en codos de radio corto o largo, codo reductor, mitrado **(a gajos)**, dobles de 3, 4 o 5 diámetros de retorno y extralargo. En el mercado se manejan desde ¼" hasta 120" de diámetro.

Codo extrafuerte. Se requiere debido a que el flujo en las curvas de los codos es más turbulento, por lo que aumenta la corrosión y la erosión.



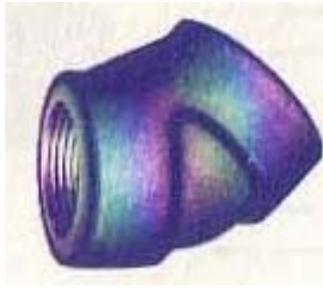
Codo de 90° radio corto



Codo de 45° radio largo



Codo o retorno 180° radio largo.

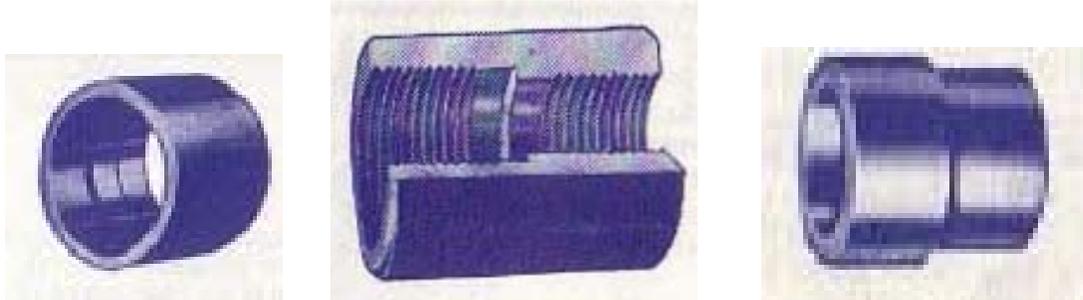


Codo de 45°

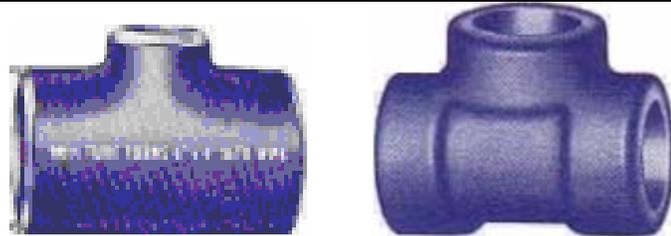


Codo en reducción. Este permite el cambio de dirección y la reducción del tamaño concéntrico en el mismo accesorio.

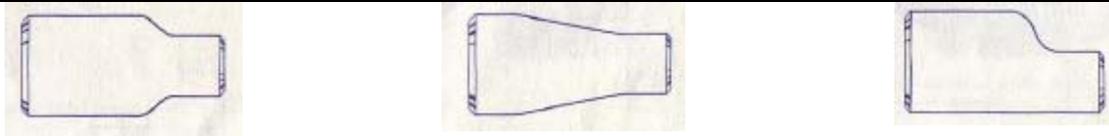
Cople. Une dos tramos de tubo, de fabricación estándar, con extremos de rosca o conexión soldable. El medio cople cuenta con rosca en un extremo y se usa en ramales también se encuentran coples de reducción.

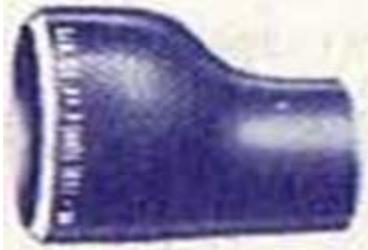
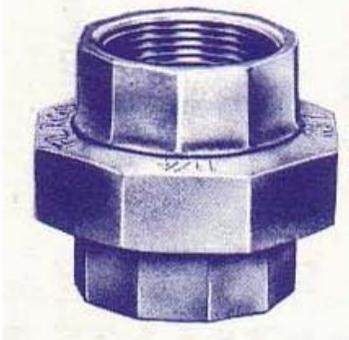
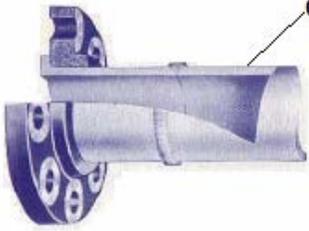


Niple: Tramo de un tubo de no más de 30 cm de largo, con uno o dos extremos para soldar o roscados, pudiendo surgir diversas combinaciones.



Te: Sirve para instalar una derivación de la tubería principal ya sea del mismo diámetro o menor.



Concéntrico	Tipo Venturi	Excéntrico
<p>Suaje: Conexión forjada cuya función es reducir diámetros siempre que el diámetro mayor no exceda de 2", esta fuera de estándar ya que es una pieza prefabricada. Pueden ser de cara plana o de extremos biselados.</p>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>Reducción: Utilizada en tuberías de 2" y mayores, generalmente de extremos biselados, la reducción excéntrica se usa en arreglo de bombas para evitar bolsas de aire en la succión y que no cavite.</p>		
	<p>Tuerca unión: Conexión para diámetros menores la cual tiene una aplicación restringida en varias especificaciones por ser una conexión roscada, su uso facilita la unión de equipos o cierra circuitos, evitando desmantelamiento mayor en operaciones de mantenimiento o sustitución.</p>	
 <p>Tuerca reducción: Conexión roscada interior y exteriormente. Su aplicación es la de conectar tubería roscada de diferente diámetro.</p>	 <p>Casquillo</p> <p>Conexión de acero inoxidable con un extremo biselado y otro abocinado que sirve para unir tubería con una brida loca, usado por economía en el uso de materiales y sólo si es un sistema de baja presión.</p>	



Tipos de extremos en conexiones, tuberías y válvulas.

Los extremos roscados se usan generalmente en diámetros menores a 1½". Empleados en servicios moderados de temperatura y presión y para fluidos no corrosivos, en válvulas es común usar roscas tipo hembra. Son de menor costo pero, difíciles de sellar.

Extremos inserto soldable (socket-weld): Ofrecen mayor hermeticidad, usados en diámetros mayores de 1½" en válvulas y conexiones, para servicios severos de temperatura y presión donde el peligro de fuga debe ser eliminado y cuando el desmantelamiento no sea frecuente.
Extremos planos o lisos: Únicamente se emplean en diámetros menores a 1½" de válvulas y conexiones con este tipo de extremos.

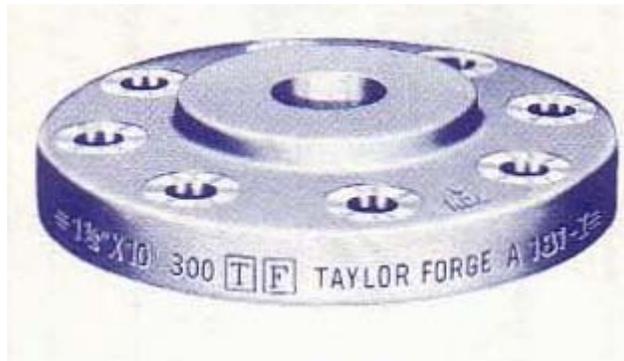
Extremos biselados o soldable a tope: En válvulas no es muy común su uso. De mayor hermeticidad, para diámetros mayores a 2", recomendados para sistemas a presión y temperatura elevadas. Se utiliza poca soldadura para evitar la cavidad en la conexión de soldadura de inserto.

Extremos bridados: Usados normalmente en válvulas y equipos de diámetro mayor de 2", en conexiones que requieren continuo desmantelamiento y donde no es posible usar conexiones soldables por el tipo de material.

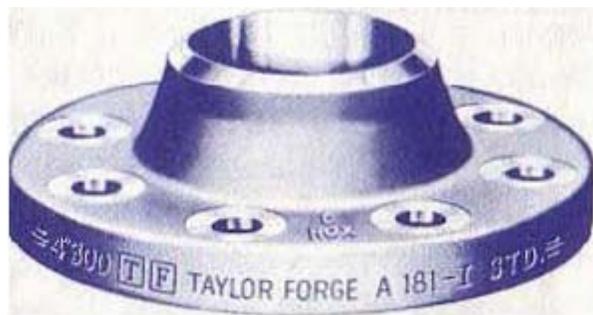
Extremos de campana y espiga: Es común emplearlo en sistemas, moderados de presión y temperatura, de drenaje, conducción de agua, etc., donde la tubería esta sujeta a movimiento y deflexiones o que se encuentran a nivel de piso. Se usa un elemento mecánico que permite que los elementos a ensamblar permanezcan unidos.

Bridas

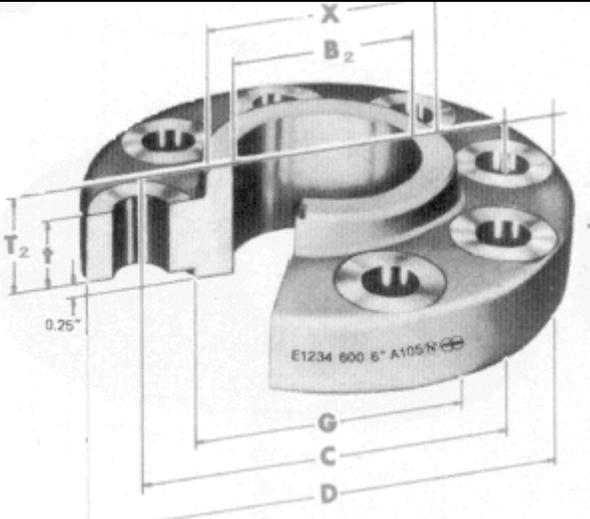
Es un accesorio para unir válvulas, equipos y tuberías, con elementos como un empaque o dispositivo para evitar fugas y una cantidad necesaria de tornillos para complementarla. Hay distintas caras de brida y dependiendo el grado de sellado que se requiera en la junta es el tipo. Las bridas estándar de acero forjado se clasifican según el ASA (American Standard Association) como clase 150, 300, 400, 600, 900, 1500 y 2500 lbs. Estas cantidades indican el valor de la presión que resiste. Por ejemplo: la brida 150lbs es apropiada para trabajar a 150 lb/in² manométricas y a 500°F (260°C).

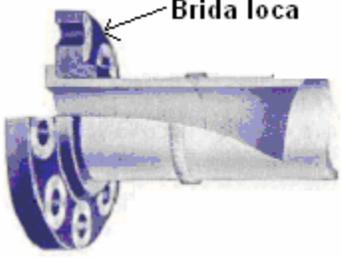


Brida de orificio (Orifice Flange). Básicamente igual a la brida de cuello soldable deslizable y roscada, excepto que la de orificio tiene una conexión roscada o de inserto soldable perpendicular al flujo, para conectar el dispositivo de conexión, además de contar con agujeros radiales en el anillo de la brida para pernos adicionales que actúan como tornillos de gato hidráulico facilitando la separación para la inspección o reemplazo de la placa de orificio.



Brida de cuello soldable (Welding Neck). La brida termina en un tubo cónico que coincide con la tubería a la cual se une por soldadura, por esa razón debe especificarse su cédula que debe coincidir con la tubería. Utilizada con el fin de minimizar el número de soldaduras en pequeñas piezas a la vez que contribuye a contrarrestar la corrosión en la junta. Se recomienda para condiciones de servicio severas, así como para el manejo de líquidos explosivos, inflamables o costosos, donde la pérdida de ajuste o falla puede traer desastrosas consecuencias.

	<p>Brida roscada (Screwed Threaded). Se une a una tubería por medio de rosca y es utilizada con servicios de presión y temperatura moderada y poca corrosión. No adecuada para servicios que impliquen fatigas térmicas, ni en condiciones cíclicas donde pueda haber fuga a través de las cuerdas.</p>
	<p>Brida ciega (Blind flange). Placa circular que obtura el flujo, se usa principalmente en válvulas, boquillas, cabezales y conexiones futuras. Se une mediante tornillos colocada conjuntamente con otro tipo de brida de igual cara, diámetro y resistencia; en sistemas de acero inoxidable y si el fluido es corrosivo se requiere sólo adicionar una placa de dicho material que estará en contacto con el fluido mientras que la brida será de acero al carbón abatiendo costos. La temperatura suele ser un factor de servicio sobre todo si se llega a tener un golpe de ariete repetido.</p>
	<p>Brida deslizante (SLIP-ON). Tiene la propiedad de deslizarse hacia cualquier extremo del tubo antes de ser soldada y se encuentra en el mercado con cara plana, cara levantada, borde y ranura, macho y hembra y de orificio requiere soldadura por ambos lados.</p>

	<p>Brida loca con tubo rebordeado (lapped joint). Es la brida que viene seccionada y su borde puede girar alrededor de cuello, lo que permite instalar los orificios para tornillos en cualquier posición sin necesidad de nivelarlos.</p>
	<p>Brida de reducción o expansión (reduction or increase). La misma aplicación que la brida de cuello soldable.</p>

El tipo de cara en bridas está determinado por el grado de sellado que se requiere en la junta.

Tabla 14. Tipo de asientos o caras de brida.

Tipo	Descripción	Recomendaciones
Realzada	De mayor uso. Ambas bridas son idénticas, teniendo un realce de 1/16" para 150 y 300 lbs, y 1/4" para las demás. La junta es generalmente de anchura inferior al realce	Preferida para condiciones de servicio moderadas.
Anillo	Más cara pero más eficiente. Difícil de dañar durante el montaje.	Preferible para servicio de alta presión y temperatura
Macho y hembra	Hecha para pequeñas y grandes bridas. Se pueden utilizar juntas metálicas a causa de la gran compresión a que se puede someter la junta. Problema de almacén al tener que ser almacenadas por parejas.	Usada para servicios especiales que requieren una junta retenida (no son frecuentes)
Borde y ranura	Hechas para pequeñas y grandes bridas. El fluido no entra en contacto con la junta. Para diseños pequeños de la mayor eficiencia de junta posible con juntas planas.	Usada para servicios que requieren una junta retenida que no entre en contacto con el fluido.
Plana	Igual a las realzadas, excepto que carecen de realce, a menudo hechas de una realzada que se le ha quitado el resalte mediante un mecanizado.	Emparejan con válvulas y accesorios de hierro fundido de 125 y 250 lbs.

Tabla 15. Tipos comunes de juntas.

Tipo	Descripción	Aplicación	Acabado de la cara de la brida recomendado

Plana no metálica	Papel, tejido y goma	Hasta 250°F	Estriada
	Amianto tejido	Buena para tuberías revestidas de vidrio o con caras muy rugosas. Usada hasta 300"-400"	
	Amianto comprimido	Tipo más corriente en plantas de proceso para temperaturas de hasta 750°F	Estriada
Metálica	Muy diversos metales.	Satisfactoria para la máxima temperatura que pueda soportar la brida o junta.	Estriada
Estriada	Metálica con surcos marcados en ambas caras.	Requiere carga de compresión que la plana y se obtiene mayor eficiencia que con las planas en muchos casos. Reemplaza a las planas en muchos usos.	Muy fina
Laminada Encamisada	Amianto con encamisado metálico	Para uso hasta 850°F. Requiere menor carga de compresión que las sólidas, y por tanto es más eficiente para altas temperaturas y presiones	Muy fina
Espiral Arrollada	Capas de metal preformado y amianto arrolladas en espiral		Fina
Ondulada Rellena de Amianto	Envuelta de metal ondulado relleno de amianto	Para uso hasta 850°F, y alta presión. Buena para servicio severo, tal como petróleo bruto caliente y productos químicos	Muy fina
Amianto Insertado	Metal ondulado, con las ondulaciones rellenas con amianto	Para uso hasta 850°F., pero no más de 600 psi. No para petróleo caliente.	Fina
Anillo Octogonal Oval	Anillos metálicos fabricados de hierro dulce, acero bajo al carbono, acero inoxidable, monel, ínconel y cobre.	Para recomendaciones de temperatura. Es más eficiente y cara. La presión interna expande el anillo y crea un autocierre. Es preferida para servicios severos, siendo la octogonal la más frecuente.	Muy fina

Válvulas:

Las válvulas sirven para controlar los fluidos en las tuberías de servicios de construcciones. Las válvulas se producen en una variedad de diseños, tipos y materiales. La selección correcta es importante para asegurar los sistemas más eficaces, económicos y duraderos.

Las válvulas están diseñadas para realizar cuatro funciones principales:

1. Iniciar y detener el flujo
2. Regular (estrangular) el flujo
3. Prevenir la inversión del flujo
4. Regular o aliviar la presión del flujo

Existe otro tipo de válvula para alivio de presión que son las de relevo, de seguridad, de relevo y seguridad, su accionamiento es automático y por ello quedan fuera de una especificación de tuberías dejando esta tarea al área de instrumentación.

Como ya se dijo una de las funciones de las válvulas es regular el flujo, lo que implica, una caída de presión; debido a éste factor es necesario considerar las pérdidas de energía que provocaría en el sistema y vida útil de la válvula a seleccionar.

Tabla 16. Tipos de Válvulas

Tipo de válvula	Forma de Operar	Utilización	Limitaciones
Compuerta	Las compuertas de disco, actuadas por un husillo, se mueven perpendicularmente al flujo. El disco asienta en dos caras para cerrar.	Para servicio que requiera infrecuente estrangulamiento, y frecuente cierre y apertura	No es práctica para estrangulamiento. El estrangulamiento de la vena fluida causa erosión en los asientos de la válvula y vibraciones. La bolsa en el fondo de la válvula puede llenarse de depósitos impidiendo el cierre.
Globo	El disco situado en el extremo del husillo asienta sobre una abertura circular. El flujo cambia de dirección cuando pasa por la válvula.	Buena para producir estrangulamiento debido a la resistencia que presenta al flujo. La válvula en Y produce una menor pérdida de carga y turbulencia, es más indicada para servicio corrosivo o erosivo. Muchas válvulas de aleaciones especiales y de plástico son válvulas Y.	No es recomendada para servicio que requiera frecuente cierre y apertura. El costo y la eficiencia en el estrangulamiento para válvulas mayores de 6" es desfavorables.
Angulo de 90°	Similar a las globo, excepto que la entrada y salida forman 90°	Semejante a las globo. Usadas para servicio no crítico, en lugar de una recta y un codo..	Produce una falsa economía en usos industriales. Las fatigas y deformaciones en los sistemas de tuberías que aparezcan en los codos no deben situarse en las válvulas.
Macho	El macho cónico con agujero de la misma forma	Para servicio general de cierre y apertura. Mayor	

	<p>que el interior de la válvula, abre y cierra con un mínimo esfuerzo en un cuarto de vuelta del macho.</p> <p>Se fabrican en tres tipos: corto, normal y ventura. El tipo corto tiene el mismo entrecaras que las de compuerta y son preferidas generalmente para la mayoría de los servicios. Las normales y ventura producen una menor pérdida de carga, y son usadas cuando sea necesario tener un ΔP mínimo.</p>	<p>seguridad de cierre que las de compuerta. Pueden ser utilizadas para estrangulamiento, aunque dan peor servicio que las de globo. Para servicio donde se requiera una pérdida de carga mínima. Los asientos protegidos no son afectados por la corrosión y erosión.</p>	
Lubrificada	<p>El tornillo en el tope de la válvula introduce el lubricante en las ranuras del macho y en la cámara del fondo. El lubricante, al llegar a la cámara del fondo, mueve al macho ligeramente fuera de su asiento. La válvula abre y cierra con $\frac{1}{4}$" de vuelta</p>	<p>Para los usos generales descritos anteriormente, donde el uso de lubricante no constituye una desventaja. Para servicios críticos que requieran conservación bajo presión.</p>	<p>El lubricante puede causar contaminación en productos de alta pureza. La lubricación requiere servicio de mantenimiento. El lubricante fija la temperatura máxima de servicio (659 a 1000°F)</p>
No Lubrificada	<p>Un mecanismo de leva y cremallera, levanta al macho, que gira sin fricción con el asiento. La válvula abre y cierra con $\frac{3}{4}$ de vuelta.</p>	<p>Para los usos generales descritos anteriormente y aquellos en que la lubricación constituye una desventaja, o cuando la temperatura excede la utilización lubricante para servicios corrosivos que requieran aleaciones especiales o recubrimientos.</p>	<p>No se puede reparar bajo presión. No provee un cierre tan positivo como la lubricada.</p>
Retentora		<p>Su utilización general es prevenir el contraflujo o retorno del fluido.</p>	
Redentora, oscilante o de bisagra	<p>El flujo mantiene abierto el cierre a bisagra y el flujo en sentido opuesto del cierre. La de tipo basculante con el pivote en el centro evita el golpe</p>	<p>Cuando sea necesario minimizar la pérdida de carga. Mejor para líquidos y para grandes tamaños.</p>	<p>No aplicable para líneas sujetas a flujo pulsante. Algunos tipos sólo operan en posición horizontal.</p>

	al cerrar. Se utilizan contrapesos externos, en los tipos estándar, para proveer una mayor sensibilidad para los cambios de sentido en el flujo.		
De Pistón	La circulación del fluido, en el interior, es igual que en las de globo. El flujo levanta el pistón permitiendo el paso; el contraflujo y peso hacen que se cierre.	Especialmente indicada para vapores, agua. Apropiaada para flujo pulsante.	Muchos de los tipos son para posición horizontal. No es común para tamaños mayores de 6". No recomendable para servicios que produzcan depósitos sólidos.
De Bola	Opera como la anterior, con el pistón sustituido por una bola guiada	Detiene el contraflujo más rápidamente que los otros tipos. Buena para operar con fluidos viscosos, cuyos depósitos perjudicarían la operación de los otros tipos. Opera en posición horizontal o vertical.	No es común para tamaños mayores de 6". No está indicada para operar flujo pulsante.
Aguja	Similar a las de globo, con el disco sustituido por un disco cónico muy puntiagudo. Son válvulas robustas.	Las válvulas de 2" y menores son utilizadas en plantas piloto, equipo a pequeña escala y servicio de instrumentación. Buena para control manual de flujo.	El cierre fuerte no es siempre posible o deseable. En algunos diseños se daña el asiento si es cerrada fuertemente.
Control Automático	Similar en el principio a las de globo, pero de alta presión para un exacto control. El aire actúa sobre un diafragma, que mueve el vástago, abriendo y cerrando el orificio de la válvula. La presión del aire es controlada por un instrumento de control. El cierre de la válvula efectuado por un tapón de perfil parabólico, o por unas aberturas en forma de V, que dan las características deseadas	Control automático de flujo y presión	El costo primario es muy elevado, pero se amortizan muy rápidamente por el ahorro personal de operación, y mejoramiento en el control del proceso. No se deben utilizar para producción en muy pequeña escala o ensayos.

	de estrangulamiento. Las válvulas de doble apertura dan mayor margen de control y requieren menor fuerza para mover el vástago.		
Control Manual	Son de un solo orificio de control y un micrómetro con 1/100 de vuelta para facilitar el control. Son de utilización en plantas piloto u otras aplicaciones que no justifiquen la instalación de controles automáticos.		
Diafragma	El diafragma sirve de junta del bonete, evitando la entrada en contacto del fluido con el interior del bonete. El elemento de asiento puede ser un disco separado, un diafragma o un diafragma sólido, puede servir como elemento de cierre.	Para servicio corrosivo volátil o tóxico, en el cual no se puede permitir ningún escape. Todas las válvulas de plástico son fabricadas según este diseño.	La selección de diafragmas está limitada a cauchos o materiales plásticos que no pueden soportar más de 400°F, u operar eficientemente por debajo de la temperatura ambiente.
Seguridad	La válvula abre automáticamente cuando la fuerza sobre el asiento excede la fuerza del muelle, y se cierra cuando el exceso de presión ha sido aliviado.	Para proteger equipos y recipientes de presiones excesivas.	Requiere de inspección periódica para asegurar la operabilidad. No es indicada para fluidos altamente corrosivos.
Disco de ruptura	Una fina membrana se rompe a una cierta sobrepresión predeterminada	Para proteger equipo y recipientes de presiones excesivas, cuando el mantenimiento es difícil, y cuando las sobrepresiones aparecen con poca frecuencia.	El diafragma debe ser remplazado después de cada rotura.

CAPITULO 8 MONTAJE DE TUBERÍAS SUBTERRÁNEAS, AÉREAS Y SUPERFICIALES

Los sistemas de tuberías deben poseer la flexibilidad suficiente de manera que la expansión o la contracción térmica, así como los movimientos de soportes y equipos, no conduzcan a:

- a. Falla de la tubería o de los soportes por esfuerzos excesivos o fatiga
- b. Fugas en las juntas
- c. Falla de las boquillas de los equipos conectados (recipientes a presión, [bombas](#), turbinas.), por reacciones excesivas.

Existen dos modalidades de análisis de flexibilidad: El análisis de flexibilidad informal y el análisis de flexibilidad formal. En este aspecto, el código ASME B31.3 identifica ciertas condiciones, para las cuales no se requiere el análisis formal para confirmar la aceptabilidad de la tubería, desde el punto de vista de su flexibilidad.

Los accesorios que ayudan a la flexibilidad del sistema de tuberías son:

JUNTAS DE EXPANSIÓN

Pueden actuar como una sección de tubería capaz de resistir la presión, temperatura y medio del sistema, proporciona la flexibilidad exigida por el sistema, tiene sus ventajas y limitaciones, pero aplicados correctamente pueden proporcionar la flexibilidad deseada en una red de tuberías.



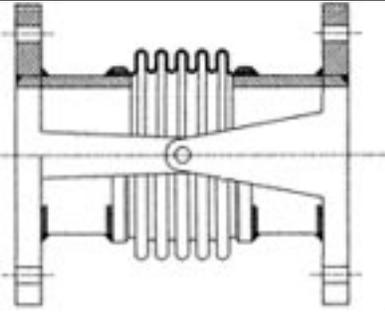
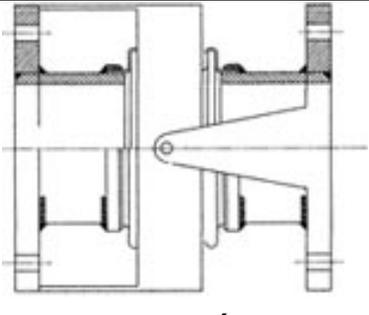
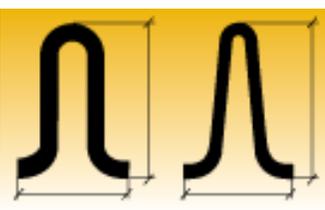
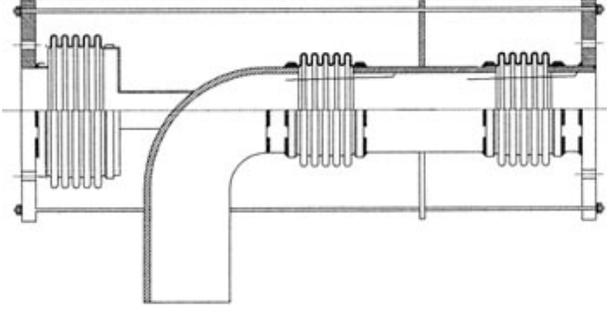
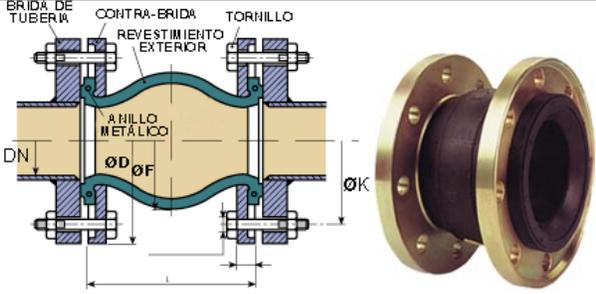
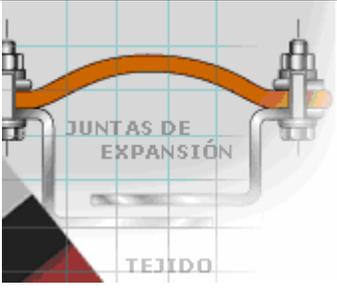
ANGULAR

Absorbe grandes movimientos axiales y laterales en cualquier dirección, adecuada para servicios de baja presión. Disponible con extremos bridados para soldar o combinación



SIMPLE

Fuelle con conexiones en los extremos para absorber desviaciones en cualquier dirección o plano, pero necesita que la tubería esté controlada según lo requiera la dirección del

<p>de ambos.</p>  <p style="text-align: center;">ANGULAR</p> <p>Tienen una articulación o pivote que limita el movimiento angular en un solo plano,. Normalmente estas juntas, por su diseño, impiden movimientos axiales, tanto en extensión como en compresión.</p>	<p>movimiento.</p>  <p style="text-align: center;">ANGULAR ESFÉRICO</p> <p>Tiene dos juegos de articulaciones o pivotes lo que permite movimientos angulares en todos los planos como alabeo, pandeo o angulaciones en cualquier plano.</p>
 <p style="text-align: center;">EN Ω</p>	 <p style="text-align: center;">DE AUTOCOMPENSADO</p> <p>Usadas en aplicaciones donde las limitaciones de espacio descartan la utilización de anclajes fijos.</p>
 <p>Juntas de caucho capaz de manejar productos corrosivos, abrasivos, así como de los conductos neumáticos, protegiendo los equipos de alto valor (bombas, válvulas,</p>	 <p>Juntas de expansión de tejido son altamente flexibles y ligeras de bajo costo y las hay en distintos materiales.</p>

compresores, etc.) de movimientos térmicos y de esfuerzos mecánicos.	
--	--

SOPORTES PARA TUBERIA

El diseño de soportes, debe efectuarse con base a las cargas concurrentes transmitidas hacia ellos. Estas cargas incluyen las debidas al peso propio del sistema de tuberías y las inducidas por efecto de la presión y temperatura de servicio, vibración, viento, sismo, golpe de ariete y deformaciones por desplazamiento.

El arreglo y diseño de los elementos de soporte de las tuberías, deben efectuarse con el fin de evitar lo siguiente:

- a) Esfuerzos en la tubería que excedan lo permitido por normatividad
- b) Fugas en las juntas.
- c) Empujes y momentos que excedan lo permitido en los equipos conectados (tales como bombas y turbinas)
- d) Esfuerzos que excedan lo permitido en los elementos del soporte o restricciones.
- e) Resonancia o vibración ejercida por el flujo del fluido.
- f) Interferencia excesiva con otros elementos, por expansión o contracción térmica en la tubería.
- g) Inclinación excesiva de la tubería que requiera pendiente para drenaje.
- h) Deformación o deflexión excesiva de la tubería sometida a termofluencia bajo condiciones de ciclos térmicos.
- i) Flujo de calor excesivo que produzca una exposición prolongada de los elementos de la soportería a temperaturas extremas fuera de sus límites de diseño.

Existen varios tipos de soportería y son:

1. Soportes Fijos
2. Soportes colgantes y deslizantes.
3. Soportes elásticos



Haz de tres tubos verticales sobre muro, fijado con abrazadera tipo Ω .



Pieza soporte atornillada con tornillos cabeza de gota ranurada.



Soporte en estribo con espárrago de ajuste cada 3 m.



Tubería aérea de vapor y agua sobre ménsula de ángulo.



Haz de tres tubos sostenido por columpio con espárrago de ajuste.



Espárrago



Soporte de ángulo para tubería aérea.



Soporte tipo pedestal.



Columna para 4 tubos.



Tensor (soportería elástica)



Argolla (pieza de soporte del tensor)



Orejas soldadas a tubería.



Soporte soldado a tubería



Armazón estructural deslizable (Chasis)



incluyendo mecanismos de tensión



La tubería que se proyecte a nivel de piso, debe soportarse sobre mochetas de concreto o sobre viguetas o marcos de acero. También deben hacerse las consideraciones necesarias para minimizar los efectos de la corrosión en las zonas de contacto tubería-soporte, mediante la colocación de placas o medias cañas de sacrificio. Las mochetas de concreto armado, deben tener 30cm de altura mínima, con placa de acero anclada y ahogada, que sobresalga 1cm para permita el libre escurrimiento del agua de lluvia o de limpieza.

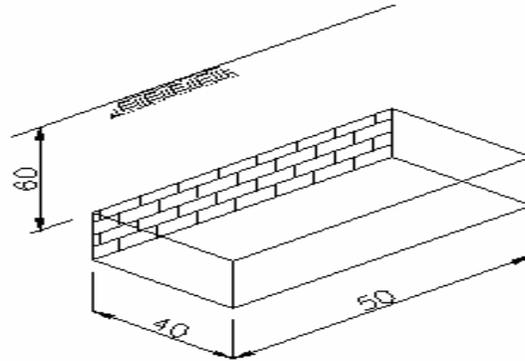
La localización de tubería sobre soportes elevados es donde la tubería de mayor peso se debe localizar adyacente a las columnas y la tubería de diámetro menor en la arte central. Los servicios de vapor, se deben localizar en el lado opuesto a los servicios criogénicos y desfuegos.

En tubería subterránea e independiente donde no exista paso de equipo pesado, la profundidad mínima, debe ser de 45cm, medida desde el nivel superior del tubo hasta NPT. En cruces de calles y donde se prevea el paso de equipos pesado, la profundidad mínima, debe ser de 1 (un) m, medida desde el nivel superior del tubo al NPT y con encamisado adicional. La separación entre tuberías paralelas subterráneas, debe ser de 45cm como mínimo, exceptuando los servicios de suministro y retorno de agua de enfriamiento que debe ser de 76cm como mínimo, y en los cruces de 30cm.

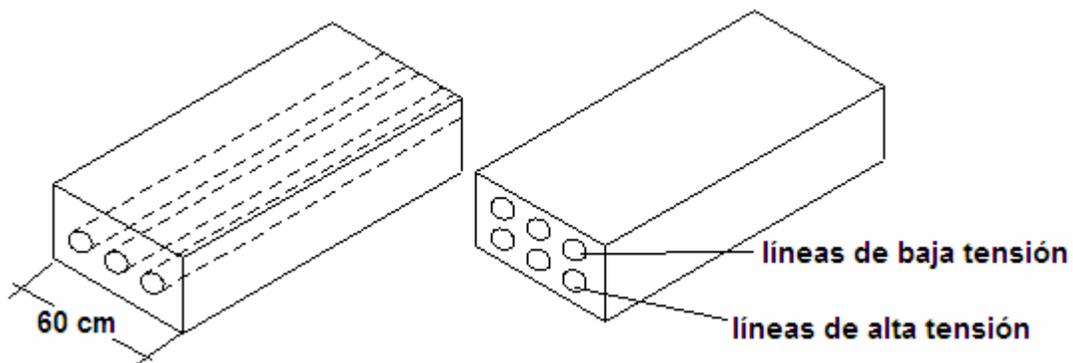
8.1 RECOMENDACIONES PARA LA PREPARACIÓN DE REGISTROS EN LÍNEAS DE TUBERÍAS SUBTERRÁNEAS

Una medida estándar para registros 40x50x60 cm. colocar un registro cada 80 m y colocar un registro en cada cambio de dirección de la tubería con el objeto de facilitar el mantenimiento de las líneas eléctricas.

También se usan los registros cuando se tienen un conjunto de válvulas de paso para control de los fluidos.



En el caso de líneas eléctricas subterráneas, éstas deben de ir por arriba de cualquier otro tipo de líneas o tuberías (telefónicas, de agua, drenaje, etc.) y a una profundidad de 60cm. y con el siguiente arreglo.



CAPITULO 9 SOLDADURA

La soldadura es un medio por el cual se unen los metales concentrando calor, presión o ambos en el punto de unión para fusionar las áreas adyacentes de forma permanente. Una buena soldadura es tan fuerte como el metal o más.

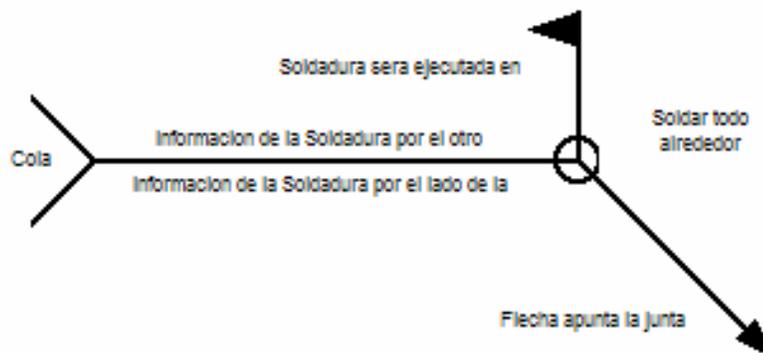
Los procedimientos de soldadura basados en calor se dividen en tres categorías:

- Soldadura de arco: Se obtiene calor de un arco eléctrico y lo mantiene entre dos electrodos o entre un electrodo y la pieza de trabajo.
- Proceso de soldadura a gas: Se obtiene calor en forma de una llama, mediante la mezcla de oxígeno y gas combustible, generalmente acetileno.
- Soldadura por resistencia: Se obtiene calor de la resistencia que ofrece la pieza de trabajo al paso de una corriente eléctrica.

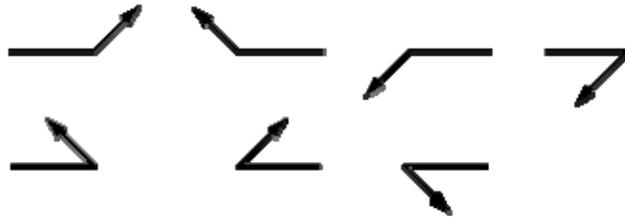
Los métodos de arco y de gas pueden aplicarse también para cortar y ranurar metales.

Existe una simbología para representar los diferentes tipos de soldadura, de acuerdo ANSI/AWS A2.4

Cuando las soldaduras son especificadas en planos y dibujos isométricos de ingeniería de fabricación, un conjunto de símbolos es usado para identificar el tipo de soldadura, las dimensiones y otras informaciones referente al proceso y al acabado.



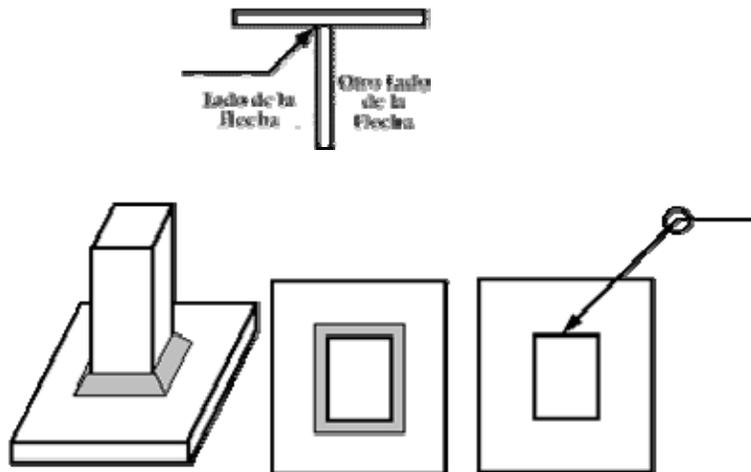
La línea horizontal se conoce como línea de referencia y es la plataforma principal donde todos los demás símbolos de soldadura son agregados, las instrucciones para la ejecución de la soldadura van alineadas a la línea de referencia y una flecha conecta la línea de referencia con la junta a ser soldada. En el ejemplo de arriba la flecha se despliega a la derecha de la línea de referencia y apuntando hacia abajo y a la derecha, pero existen muchas otras combinaciones.



Algunas veces la flecha apunta los dos lados de la junta, por consiguiente, existirían dos lados potencialmente apropiados para ejecutar la soldadura, por ejemplo en una junta “T” cuando dos láminas son unidas, la soldadura puede ser hecha en cualquiera de los lados de la “T”

El símbolo hace la distinción entre los dos lados de la junta usando la flecha y los espacios debajo y encima de la línea de referencia, los lados (curiosamente) son conocidos como: “El lado de la flecha” y “El otro lado” y la soldadura se ejecuta de acuerdo a las instrucciones dadas en la parte de arriba de la línea de referencia y la orientación de la flecha no interfiere con estas instrucciones.

La bandera que sale de la línea de referencia esta presente si la soldadura se efectuara en campo o durante el armado de la estructura, un símbolo de soldadura sin la bandera indica que la soldadura se efectuará en el taller pero en algunos planos y dibujos antiguos puede ser encontrado un círculo negro en la unión entre la línea de referencia y la flecha.

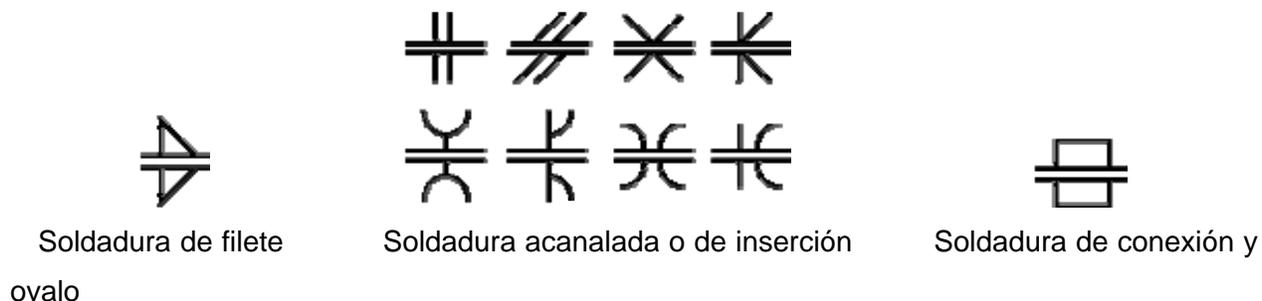


Un círculo vacío entre la línea de referencia y la flecha es una indicación de que la soldadura debe ser ejecutada alrededor o en toda la circunferencia de la unión como en este ejemplo.

La cola del símbolo de soldadura es el sitio donde se coloca la información suplementaria concerniente a la soldadura a ejecutar y puede contener referencias del proceso requerido,

electrodo, un detalle de dibujo y cualquier información que ayude a la ejecución de la soldadura que no tenga un lugar especial en el símbolo, plano o la isometría.

Cada tipo de soldadura tiene su símbolo básico el cual, típicamente, se sitúa al rededor del centro de la línea de referencia (dependiendo de cual sea el lado de la junta) y este símbolo es usualmente un dibujo que representa la sección transversal de la junta misma y estas están divididas en tres grupos:



Soldaduras de clasificación A.W.S. (American Welding Society).

En términos generales, el fundente de las soldaduras de clasificación “AWS” comprendidas entre las 6010, 6011, y 6013 está fabricado a base de minerales, celulosa y otros ingredientes. Básicamente la diferencia entre estas soldaduras está en la penetración de las mismas y el tipo de corriente con que deben de usarse. Entre mayor es el contenido de celulosa en el fundente mayor es la penetración.

Ejemplo: Una soldadura 6010 contiene en su fundente mayor cantidad de celulosa que una 6012 o 6013 y esa es la mayor razón por la que es una soldadura de mayor penetración.

Sabemos perfectamente que el significado de la numeración de una soldadura según la clasificación (AWS) tiene sus números directamente que ver con sus características de aplicación, tipo de corriente con que deben usarse, así como el tipo de depósito.

Fundente Recubrimiento de los electrodos que ayuda a estabilizar el arco. Esto conduce a lo que se conoce como soldadura de arco protegido. Al calentarse, el fundente se evapora, formando una barrera protectora en torno al arco y la soldadura. El gas protector impide que el oxígeno y el nitrógeno del aire formen con el metal fundido óxidos y nitruros debilitadores

Es muy importante saber que los números que se toman en cuenta para definir la resistencia a la tracción, no sólo definen ésta, ya que consultando el libro del estándar (AWS) podemos sacar también datos muy importantes, como son: su resistencia al impacto, su alargamiento, su límite elástico, etc.

Significado de la numeración (AWS) tomando como ejemplo una soldadura cuya numeración conste de 4 cifras:

Ejemplo: AW E-6010

E - Electrodo

60 - Significa un mínimo de resistencia a la tracción de 4350 a 5350 kg/cm² (60 000 lb/in²)

1 - Significa la posibilidad de aplicación que en este caso es en todas las posiciones.

0 - Significa alta penetración y que se debe aplicar únicamente con polariza invertida y corriente continua.

A1 - Significa con contenido de molibdeno

B1 al B4 - Significa con contenido de cromo molibdeno

C1 al C3 - Significa con contenido de níquel

D1 y D2 - Significa con contenido de manganeso-molibdeno

M - Una clasificación militar (generalmente para soldar aceros de grano fino y extra fino).

Es muy importante tomar en consideración que el significado del índice adicional tiene directamente que ver con el acero que se desea soldar por consiguiente las soldaduras con esta clasificación deben de tener relación en cuanto a sus características de resistencia, etc., con las características del metal base para las que son indicadas.

Ejemplo: 7018-A1 y también 7010-A1. - A1 es el significado de un electrodo que contienen molibdeno y por consiguiente indicado para soldar un acero con contenido de molibdeno y además pertenecen a los electrodos con una resistencia a la tracción no mayor a 70 000 libras.

Características especiales de las soldaduras de bajo hidrogeno:

Se suma importancia es el tipo de revestimiento básico e los electrodos de bajo hidrógeno.

Tabla 17. Significado de Nomenclatura de Soldadura

Significado de los dos últimos números de la clasificación de una soldadura.	
Penúltimo	Último
“1” Toda posición	“0” Alta penetración, para soldarse únicamente con CC polaridad invertida
“2” Posición plana y horizontal	“1” Alta penetración para soldarse con CA CC

	polaridad invertida
“3” Sólo soldable en posición plana	“2” Mediana penetración para soldarse con CA y CC, polaridad directa y polaridad invertida
	“3” Ligera penetración, acabado terso, para aplicarse con CA o CC, polaridad directa
	“4” Penetración mediana revestimiento con polvo de hierro
	“5” Bajo hidrógeno para soldarse con CC, polaridad invertida
	“6” Bajo hidrógeno para soldarse con CA o CC y polaridad invertida
	“7” Polvo de hierro, bajo hidrogeno con CC, polaridad invertida
	“8” Bajo hidrógeno con polvo de hierro para soldarse con CC, polaridad invertida o CA (siempre y cuando se tenga un transformador de alto voltaje).

Los electrodos con 70 000 lb/in² de resistencia a la tracción o más, existen en variedad común, por ejemplo el 7018 y además los hay también con el índice adicional de letras y número, por ejemplo el 7018-A1.

Los significados del índice adicional más comunes son los siguientes:

Los dos elementos que tiene n que ver directamente con la calidad del depósito de esas soldaduras, son el contenido de carbonato de calcio y fluorita en su revestimiento.

Efectos del carbonato de calcio en la operación de soldar:

En el arco producido al soldarse, el carbonato de calcio se descompone en óxido de calcio y gas carbónico. El gas carbónico (CO₂) sirve como gas protector. El óxido de calcio (CaO) es una base y y como tal tiene afinidad a los ácidos y a las impurezas como fósforo y azufre que producen ácidos, por lo que en combinación con el CaO quedan éstas en forma de escoria liberando de esta forma el depósito de impurezas.

Efectos de fluorita (CaF₂) en la operación de soldar:

Bajo la fuerza del arco la fluorita se descompone en calcio y flúor. El flúor tiene máxima afinidad al hidrógeno formando ácido fluorídrico gaseosos, dicho gas es muy estable y escapa del acero dejándolo casi libre de hidrógeno.

El carbonato de calcio y la fluorita independientemente refinan el grano del depósito, quedando de esta manera un depósito más elástico.

Tabla 18. Tipos de Soldaduras

Índice de aplicaciones		
Acero		
Aplicaciones	Tipo de soldadura	
	Arco	Soplete
Resistencia a la abrasión	HS-2 Cabur- Var	HS-5 Perfor-Bar
Todos los usos	616, 275	11FC
Aceros de aleación	616	11FC
Aceros bajo carbón	616, 275	AG-45
Aceros medio y alto carbón	275	IIFC-AG-35
Sierra cinta	275	IIFC-AG-45
Recubrimientos de bronce	20,24	13FC
Recubrimientos de cobre	26	11FC
Defectos y grietas	275	11FC
Molinos y cortadoras	275	11FC
Cortar y biselar	Cutting Chanfer Rod	
Engranés	275	11FC
Resistencia al calor	275	HS-5
Resistencia al impacto	30, 60, 330	IIFC
Instrumental		IIFC
Uniones a latón	20, 24	. AG, 35
Uniones a bronce	20, 24	L.F.B. AG, 35
Uniones a cobre	20, 24	L.F.B. AG, 35
Uniones a hierro colado	8, 8-60	11FC
Cuchillas	Stelite 7000	HS-5
Errores al maquinar	275	L.F.B.
Hierro maleable	8, 8-60	L.F.B.
Acero al manganeso	N.M.	11FC

Recubrimientos, aceros		
Resistencia a la corrosión	252, 330	11FC
Resistencia a la fricción	275, 330	11FC
Dureza no maquinable	HS-2	HS-5
Tubería, codos	616	11FC
Dureza al rojo	HS-2	HS-5
Sellado		Past-solder
Láminas calibre pesado	7018	11FC
Láminas calibre ligero		35 AG
Flechas, ejes	275	11FC
Acero para ballestas	275	11FC
Soldaduras blandas		A-430
Partes delgadas, aleaciones de plata		AG-35, AG-45
Herramientas punsantes	Stelite	11FC
Malla de acero, alambre		AG-35, AG-45

Tabla 19. Tipos de Electrodo

Electrodo	Resistencia a la tracción kg/cm ²	Tipo de corriente	Polaridad	Aplicaciones
6010	4650-5000	C.C.	Invertida	Construcciones navales, tanques, calderas, tuberías, etc. Acero bajo carbón; alta penetración. Fabricación de tanques sometidos a presión, calderas, tuberías de vapor, de combustible y de agua; maquinarias de toda clase, reconstrucción de piezas de acero fluido, etc.
6011	4650-5000	C.C.C.A.	Invertida	Construcciones navales, tanques,

				calderas, tuberías, etc. Acero bajo carbón; alta penetración.
6012	4650-5000	C.A.C.C.	Directa	Calderas, carpintería metálica, chasis y carrocerías, tanques, construcción y reparación de equipos agrícolas. Mediana penetración.
6013	4710-5000	C.A.C.C.	Directa	Herraría en general, ventanería, mantenimiento y producción de cordones de muy buena apariencia. Ligera penetración.
Venta matic	4710-5000	C.A.C.C.	Directa	Preparado para soldar hierro dulce en toda posición donde se requieran cordones de buen aspecto.
6016	4900-5200	C.A.C.C.	Invertida	Para aceros difíciles de alto contenido de azufre y fósforo, no requiere quitar la escama para seguir soldando ya que actúa como autofundente.
6024	4710-6000	C.A.C.C.	Directa	Alto rendimiento de depósito y velocidad, alta penetración; estructura y tanques de baja presión
7013	5100-5700	C.A.C.C.	Directa	Alta eficiencia y velocidad de depósito. Cordones de excelente presentación.
7010	4900-5600	.C.C.	Invertida	Aceros de alta resistencia, baja aleación, fondeo en tuberías de alta presión. Equipos para construcción de caminos.
7018	5100-5400	C.A.C.C.	Invertida	Aceros "cold rolled", bajo y mediano carbón, baja aleación, aceros a alta resistencia y estructural.
8018	5900-5200	C.A.C.C.	Invertida	Para aceros de bajo carbón y baja aleación de cromo- molibdeno.

9018	6000-6300	C.A.C.C.	Invertida	Para aceros al manganeso y molibdeno, estructuras, puentes, pilotajes, grúas viajeras, calderas, etc.
10018	6400-7000	C.A.C.C.	Invertida	Operaciones difíciles en montaje, materiales con alto contenido en carbón, alta resistencia y alta calidad.
11018	7400-7800	C.A.C.C.	Invertida	Tanques, tuberías a presión para acero T-1 para aceros con cromo, molibdeno y manganeso.
12018	8000-8800	C.A.C.C.	Invertida	Aceros de bajo y mediano carbono, baja aleación, aceros de alta resistencia y baja aleación y aceros de grano fino y extrafino.

Características básicas de los electrodos para soldar aceros inoxidables

Aceros cromo-níquel

Los aceros inoxidables que contienen cromo-níquel (austeníticos) son más fácilmente soldables que aquellos que contienen únicamente cromo (martensíticos y ferríticos). Las uniones echas sobre aceros austeníticos son resistentes, dúctiles y fuertes tal como quedan soldados. En cambio en los aceros que contienen únicamente cromo se caracterizan por la dureza y la fragilidad después de soldarse y es necesario, por consiguiente, recocer los mismos para mejorar sus propiedades

Calor causante de precipitación de carburos

El carbón en aceros inoxidables cromo-níquel, austeníticos, tiene la habilidad de moverse dentro de los granos del acero cuando el calor esté en un rango de temperatura de 425°C a 815°C. Este movimiento se llama migración y a una temperatura de 650 °C es cuando más rápidamente se mueve. Cuando el carbón emigra y llega a los límites del grano reacciona con el cromo para formar carburos de cromo y estos se mantienen en los límites del grano. Esta formación es llamada precipitación de carburos, y reduce la efectividad de contenido de cromo

del acero para resistir la corrosión en este punto. Si el acero donde se ha presentado una precipitación se somete a ciertas condiciones corrosivas y ataca las áreas de menor porcentaje de cromo en los límites del grano, se presenta la corrosión intercrystalina.

Tratamiento térmico.

En la industria, es necesario que el acero inoxidable mantenga su resistencia a la corrosión al grado máximo, tomando en cuenta que los tratamientos térmicos después de soldar son poco prácticos, es necesario utilizar electrodos estabilizados o del tipo L (bajo carbón), sobre planchas de acero inoxidable del mismo tipo.

Los aceros inoxidables que no contienen níquel son más difíciles de soldar debido a que después de haber sido soldados quedan duros y quebradizos.

Soldadura de arco (soldadura eléctrica).

Es el proceso de más amplia aceptación por ser el mejor, el más económico, el más natural y el más práctico para unir metales.

En el proceso de soldadura se selecciona un electrodo adecuado, se sujeta el cable de tierra a la pieza de trabajo y se ajusta la corriente eléctrica para “hacer saltar el arco”, es decir para crear una corriente intensa que salte entre el electrodo y el metal. En seguida se mueve el electrodo a lo largo de las líneas de unión del metal, dando suficiente tiempo para que el calor del arco funda el metal. El metal fundido, procedente del electrodo o metal de aporte, se deposita en la junta y junto con el metal fundido de los bordes, se solidifica para formar una junta sólida.

Tabla 20. Electrodo PARA SOLDAR Acero Inoxidable

Ejemplos de electrodos para soldar aceros inoxidables			
ELECTRODO		Aplicaciones	Características
Soltec 308 para arco (C.A.C.C). De fácil aplicación para soldar aceros inoxidables tipo AISI- 301, 302, 304, 308	Clasificación: AWS - E - 308-16 Identificación: revestimiento castaño punta amarilla Posiciones: Todas Corriente: Continua polo positivo y alterna	Se recomienda para soldar tubería, tanques, equipos de laboratorio, cocinas y de fabricación de alimentos	Los depósitos de este electrodo presenta buena resistencia a la corrosión y por su bajo contenido de carbono se reduce considerablemente la precipitación de carburos, fácil encendido y sin chisporroteo. La escoria de levanta por sí sola. Resistencia a la presión 5700kg/cm ² , 10700lb/in ² . Dureza brinell : 205 (RC-

			16) Elongación: 35%
<p>Soltec 309 para arco (C.A.C.C).</p> <p>De fácil aplicación para soldar aceros inoxidables tipo AISI- 301, 302, 304, 308 y 309</p>	<p>Clasificación: AWS - E - 30916</p> <p>Identificación: revestimiento castaño punta negra</p> <p>Posiciones: Todas</p> <p>Corriente: Continua polo positivo y alterna</p>	<p>Para soldar aceros de mediana aleación en donde el precalentamiento a unos 300°C es recomendable. Ideal para trabajos expuestos a altas temperaturas.</p>	<p>Electrodo cuyo depósito es del tipo 25/12, es decir 25 % de cromo y 12 % de níquel. La escoria es fácilmente controlable y no interfiere con la acción del arco, los depósitos son lisos, dúctiles y de excelente apariencia. Resistencia a la presión: 90000 PSI. Dureza brinell : 205° (RC-16) Elongación en 2"es: 40%</p>
<p>Soltec cutting para arco (C.A.C.C). Electrodo de herramienta para efectuar trabajos de corte y perforación en todos los metales</p>	<p>Identificación: revestimiento café punta verde</p> <p>Posiciones: Todas</p> <p>Corriente: Continua polo positivo y alterna</p>	<p>Para cortar níquel, cobre, latón bronce, hierro de fundición, aceros aleados y al carbono. Para perforar agujeros, quitar remaches, pernos y defectos en cualquiera de los materiales mencionados.</p>	<p>Sirve para cortar sin oxígeno o aire comprimido. Diseñado para tener un grado bajo de combustión con un recubrimiento especial que produce un calor exotérmico con el cual se obtienen más centímetros de corte por electrodo.</p>
<p>Soltec chanfer rod para arco (C.C). Electrodo de herramienta para efectuar trabajos de biselado rasurado y preparación de juntas antes de soldar.</p>	<p>Identificación: revestimiento canela punta roja</p> <p>Posiciones: Todas</p> <p>Corriente: Continua polo negativo.</p>	<p>Especial para abrir ranuras y chaflanes (quitar) en todo tipo de metales especialmente en aquellos que no se pueden cortar con soplete oxiacetilénico, por ejemplo: hierro colado, aceros inoxidables, algunos tipos de revestimiento duros y metales no ferrosos. Facilita mucho el trabajo por dejar la superficie limpia y preparada para depositar la soldadura de relleno.</p>	<p>Diseñado con un fundente más grueso con el fin de:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Proteger el núcleo de alambre del exceso de calor debido a los amperajes 2. Producir grandes volúmenes de gas para remover más material por electrodo. <p>Cualquier máquina de soldar corriente alterna o corriente continua con suficiente capacidad , sirve para operar este electrodo sin tener que usar gases costosos y equipo de aire comprimido.</p>

<p>Fundente soltec bronsil universal para aplicar las soldaduras</p>		<p>Es un polvo diseñado para soldadura fuerte al bronce, en hierro fundido, hierro maleable, aceros, cobre, latón y bronce. No se recomienda usarse en aleaciones bronce-alumínico: Permanece derretido y viscoso en una gama extensa de temperatura y por tanto provee protección máxima en las operaciones de soldadura fuerte. Es económico y de uso popular</p>	<p>Aplicación y procedimiento: Se aplica introduciendo la varilla caliente dentro del fundente granulado, el cual adhiere a la varilla. Bajo ciertas circunstancias puede ser ventajoso regar cierta cantidad de fundente sobre la unión. Para fácil remoción del residuo se recomienda usar un cepillo de alambre.</p>
--	--	---	---

Tabla 21. Otros productos para ayudar al soldado.

Producto	Características	Aplicaciones y procedimiento	Cualidades	Identificación
<p>Soltec Past-Solder Soldadura en pasta para unir todos los metales comunes excepto aluminio y magnesio.</p>	<p>Es una aleación de tipo estaño-plomo con un fundente especial que forma una pasta de soldadura blanda para metales ferrosos y no ferrosos (excepto los metales blancos). La soldadura puede limitarse al área deseada, economizando de esta manera material, mano de obra y equipo. El fundente activo contenido en este compuesto elimina los problemas de aplicación en las áreas de difícil acceso. Puede ser</p>	<p>Empleada en trabajos rutinarios de mantenimiento y de producción. Recomendada en ensamblajes de alambres múltiples; reparación de radiadores, estañado de utensilios, estañados interiores plomería sanitaria y de acondicionamiento de aire.</p>	<p>Resistencia a la tracción: hasta 5 kg/mm² Sólido: 182°C Líquido: 190°C</p>	<p>Compuesto gris oscuro</p>

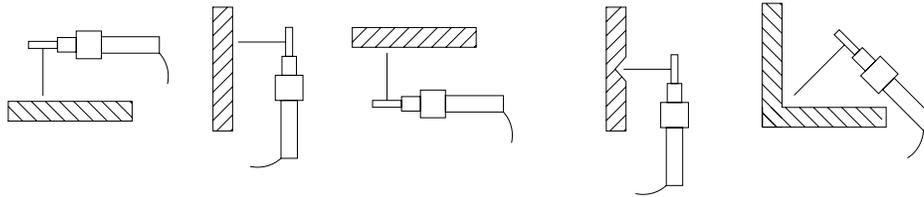
	aplicado con brocha.			
--	----------------------	--	--	--

Tabla 21. Defectos de soldadura y cómo remediarlos.

Defecto	Causas	Remedio
Porosidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arco corto 2. Charco insuficiente 3. Metal base defectuosa 4. Electrodo inadecuado 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise las impurezas en el metal base. 2. Mantenga el charco lo suficiente para eliminar los gases. 3. Use corriente apropiada. 4. Mueva el electrodo en zig-zag. 5. Use el electrodo adecuado. 6. Mantenga un arco más largo.
Penetración incompleta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mucha velocidad 2. Electrodo muy grande 3. Preparación inadecuada 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Use suficiente corriente para asegurar penetración. 2. Mueva el arco más despacio. 3. Revise sus cálculos de penetración. 4. Seleccione el electrodo adecuado. 5. Deje suficiente espacio libre en el fondo
Alabeo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contracción de la soldadura 2. Sujeción defectuosa de las piezas 3. Preparación defectuosa 4. Sobrecalentamiento en la junta 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Martillee los bordes de la junta antes de soldar. 2. Suelde rápidamente. 3. Evite el espacio excesivo entre las piezas. 4. Sujete las piezas fuertemente. 5. Adopte el procedimiento adecuado. 6. Use electrodo de alta velocidad y penetración moderada.
Socavación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inadecuado manejo del electrodo 2. Electrodo de muy alta penetración 3. Corriente muy alta 4. Diámetro del electrodo mayor al adecuado 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Use zig-zag uniforme en las juntas al tope. 2. Evite usar electrodos demasiados gruesos. 3. Evite el zig-zagueo excesivo. 4. Use corriente moderada. 5. Al soldar filetes horizontales mantenga la separación correcta. 6. Use electrodos de penetración mediana.
Deformaciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Calentamiento irregular 2. Aplicación impropia 3. Contracción del metal depositado 4. Impropia sujeción de las piezas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sujete las piezas fuertemente. 2. Modele las piezas antes de soldar. 3. Corrija las deformaciones de las piezas antes de soldar. 4. Distribuya la soldadura para evitar el calentamiento irregular. 5. Examine la estructura y desarrolle una aplicación apropiada.
Soldadura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Electrodo erróneo 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Precaliente las piezas antes de

agrietada	<ol style="list-style-type: none"> 2. Tamaño de la soldadura en desbalance con las piezas 3. Cordones defectuosos 4. Preparación ineficiente 5. Unión rígida 6. Metal sumamente frío 7. Corriente muy alta 8. Enfriamiento muy rápido 9. Metal base defectuoso 	<p>soldar.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Mantenga los extremos libres tanto como sea posible. 3. Usar un electrodo apropiado. 4. Haga soldaduras mediante fusión apropiada. 5. El tamaño de la soldadura debe ser ajustado al tamaño de las piezas. 6. Evite los cordones en cadena. 7. Mantenga el justo espaciamiento.
Desviación magnética	<ol style="list-style-type: none"> 1. Campos magnéticos desvían el electrodo de su curso 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ajuste el alambre de tierra adecuadamente. 2. Cambie el campo magnético usando pedazos de acero. 3. Use el arco más corto posible.
Fatiga de la soldadura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Soldadura defectuosa 2. Juntas rígidas 3. Método defectuoso 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mueva las piezas a soldar. 2. Martillee el metal depositado. 3. Temple de acuerdo al grueso de la soldadura.
Fusión incompleta	<ol style="list-style-type: none"> 1. Velocidad errónea 2. Preparación defectuosa 3. Electrodo inapropiado para el trabajo 4. Selección de corriente erróneos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Escoja cuidadosamente el tamaño y tipo del electrodo necesario para dar buenos resultados. 2. El zig-zag debe ser suficiente para fusionar ambos lados de la junta. 3. La corriente apropiada asegura buen depósito de metal y penetración adecuada. 4. No permita que el metal depositado sobresalga sobre los bordes.
Soldadura quebradiza	<ol style="list-style-type: none"> 1. Electrodo inadecuado 2. Pre calentamiento defectuoso 3. Metal endurecido por el aire 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suelde en cordones sucesivos. 2. Destemple luego de soldar 3. Pre caliente a las temperaturas recomendadas. 4. Escoja el electrodo adecuado al tipo de soldadura.
Chisporroteo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corriente excesiva 2. Arco muy largo 3. Electrodo defectuosos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ajuste la corriente y mantenga el arco recomendado para el tipo de electrodo. 2. Encale las piezas antes de soldar. 3. Escoja el electrodo adecuado.
Mala apariencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Electrodo defectuoso 2. Sobrecalentamiento 3. Técnica defectuosa 4. Arco y corriente erróneas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Escoja el electrodo apropiado. 2. Mueva en zig-zag el electrodo uniformemente 3. Revise su técnica y el voltaje apropiado

POSICIONES PARA SOLDAR



Costos

Para electrodos de soldadura en el mercado se consiguen por kilos y los precios varían dependiendo del tipo de electrodo, ejemplo:

- Tipo 7018 de 14"x 332 de espesor la caja de 16 kilos, aproximadamente 16 piezas, cuesta \$27.60 M.N.
- De 1/8" x 532 de espesor la caja de 20 kilos, aproximadamente 14 electrodos cuesta \$24.00 M.N.

CAPITULO 10 DESINSTALACIÓN DE TUBERÍAS SUBTERRÁNEAS, AÉREAS Y SUPERFICIALES

1.- TUBERIAS SUBTERRANEAS.- Desalojar la terracería o carpeta hasta descubrir el banco de tubos para las líneas eléctricas, abrirlo y realizar los trabajos que se requiera.

2.- TUBERIAS AÉREAS.- Desmontaje de las líneas que conducen los diversos flujos de trabajo (agua, gas, electricidad) liberando las piezas de sujeción de las tuberías, éstas pueden ser abrazaderas de uña o en omega y efectuar la desinstalación por tramos de tubería preferente de 3 m de largo por razones de seguridad y facilidad para este trabajo.

3.- TUBERIAS SUPERFICIALES.- Igual que los trabajos aéreos utilizando la herramienta necesaria para liberar las piezas de sujeción (abrazaderas en uña, omega) en tramos de 3 m.

CAPITULO 11 MANTENIMIENTO

El mantenimiento son una serie de acciones de conservación que permitan hacer confiables los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones a fin de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.

Está relacionado muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que si la maquinaria, herramienta y el equipo de trabajo, permanecen en buenas condiciones se evitan riesgos en el área laboral.

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

En nuestro caso se trata de trabajar lo necesario para que las líneas de tubería no presenten fugas, ataques por corrosión y/o deformaciones en las líneas. Incluyendo así mismo la desincrustación por medios químicos o mecánicos a efecto de tener siempre tuberías en cuyo interior se tenga los diámetros nominales y con ello favorecer con seguridad la conducción de los diversos fluidos que se propagan por el interior de tuberías y ramaleos.

La desincrustación por medios químicos se logra con ácido clorhídrico e inhibidores de corrosión como son: las gelatinas o la cola de carpintero o algunos productos químicos que se pueden conseguir en casas comerciales de químicos industriales.

La desincrustación por medios mecánicos se refiere a introducir en el interior del tubo sistemas a base de conos con alambres de acero que por medio rotacional desprenden la incrustación subida por el interior de la tubería y ramaleos.

El mantenimiento en líneas subterráneas es más esporádico

Toda tubería debe estar pintada por el exterior con una pintura del color que corresponda al flujo que se conduce por el interior incluyendo la dirección del flujo.

La norma oficial mexicana NOM-026-STPS-1998 textualmente indica el código de identificación para tuberías, el cual consta de los tres elementos siguientes:

- a) color de seguridad;
- b) información complementaria;
- c) indicación de dirección de flujo.

Colores de seguridad para tuberías

Las tuberías deben ser identificadas con el color de seguridad de la tabla A.

TABLA A COLORES DE SEGURIDAD PARA TUBERIAS Y SU SIGNIFICADO

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO
ROJO	IDENTIFICACION DE TUBERIAS CONTRA INCENDIO
AMARILLO	IDENTIFICACION DE FLUIDOS PELIGROSOS
VERDE	IDENTIFICACION DE FLUIDOS DE BAJO RIESGO

Para definir si un fluido es peligroso se deberán consultar las hojas de datos de seguridad conforme a lo establecido en la NOM-114-STPS-1994.

También se clasificarán como fluidos peligrosos aquellos sometidos a las condiciones de presión o temperatura siguientes:

- a) condición extrema de temperatura: cuando el fluido esté a una temperatura mayor de 50 °C o a baja temperatura que pueda causar lesión al contacto con éste;
- b) condición extrema de presión: cuando la presión manométrica del fluido sea de 686 kPa, equivalente a 7 Kg./cm², o mayor.

El color de seguridad debe aplicarse en cualquiera de las formas siguientes:

- a) pintar la tubería a todo lo largo con el color de seguridad correspondiente;
- b) pintar la tubería con bandas de identificación de 100 mm de ancho como mínimo, incrementándolas en proporción al diámetro de la tubería de acuerdo a la tabla 5; de tal forma que sean claramente visibles;
- c) colocación de etiquetas indelebles con las dimensiones mínimas que se indican en la tabla 5 para las bandas de identificación; las etiquetas de color de seguridad deben cubrir toda la circunferencia de la tubería.

La disposición del color amarillo para la identificación de fluidos peligrosos, se permitirá mediante bandas con franjas diagonales amarillas y negras a 45°. El color amarillo de seguridad debe cubrir por lo menos el 50% de la superficie total de la banda de identificación y las dimensiones mínimas de dicha banda se ajustarán a lo establecido en la tabla B.

TABLA B DIMENSIONES MINIMAS DE LAS BANDAS DE IDENTIFICACION EN RELACION AL DIAMETRO DE LA TUBERIA

(todas las dimensiones en mm)

DIAMETRO EXTERIOR DE TUBO O CUBRIMIENTO	ANCHO MINIMO DE LA BANDA DE IDENTIFICACION
Hasta 38	100
más de 38 hasta 51	200
más de 51 hasta 150	300
más de 150 hasta 250	600
más de 250	800

Las bandas de identificación se ubicarán de forma que sean visibles desde cualquier punto de la zona o zonas en que se ubica el sistema de tubería y en la cercanía de válvulas. En tramos rectos se ubicarán a intervalos regulares no mayores a lo indicado a continuación:

- a) para un ancho de banda de color de seguridad de hasta 200 mm, cada 10 m;
- b) para anchos de banda mayores a 200 mm, cada 15 m.

Información complementaria

Adicionalmente a la utilización del color de seguridad señalado en el apartado 9.1 y de la dirección de flujo establecido en el apartado 9.3, deberá indicarse la información complementaria sobre la naturaleza, riesgo del fluido o información del proceso, la cual podrá implementarse mediante cualquiera de las alternativas siguientes:

- a) utilización de señales de seguridad e higiene de acuerdo a lo establecido en el capítulo 8;
- b) uso de leyendas que indiquen el riesgo del fluido, conforme a la tabla C;

TABLA C LEYENDAS PARA FLUIDOS PELIGROSOS

TOXICO
INFLAMABLE
EXPLOSIVO

IRRITANTE
CORROSIVO
REACTIVO
RIESGO BIOLÓGICO
ALTA TEMPERATURA
BAJA TEMPERATURA
ALTA PRESION

- c)** utilización de la señalización de indicación de riesgos por sustancias químicas, de conformidad con lo establecido en la Norma NOM-114-STPS-1994;
- d)** nombre completo de la sustancia (por ejemplo: ACIDO SULFURICO);
- e)** información del proceso (por ejemplo: AGUA PARA CALDERAS);
- f)** símbolo o fórmula química (por ejemplo: H_2SO_4);
- g)** cualquier combinación de los incisos anteriores.

La señalización a que se refieren los incisos a y c del apartado anterior, debe cumplir con lo siguiente:

- el área mínima de la señal será de 125 cm²;
- cuando la altura de la señal sea mayor al 70 % del diámetro de la tubería, dicha señal se dispondrá a manera de placa colgada en la tubería, adyacente a las bandas de identificación;
- las señales cuya altura sea igual o menor al 70 % del diámetro de la tubería,

En el caso de que la tubería se pinte a todo lo largo con el color de seguridad, la información complementaria se ubicará de forma que sea visible desde cualquier punto de la zona o zonas en que se ubica el sistema de tubería y en la cercanía de válvulas. En tramos rectos se ubicará a intervalos regulares no mayores a lo indicado a continuación:

- a)** para diámetros de tubería de hasta 51 mm, cada 10 m;
- b)** para diámetros de tubería mayores a 51 mm, cada 15 m.

Para la utilización de leyendas que identifiquen el riesgo del fluido, primeramente se empleará el término EXPLOSIVO o el término INFLAMABLE, cuando alguno de éstos aplique, más la leyenda del riesgo principal del fluido conforme a lo indicado en la tabla

6. Por ejemplo:

INFLAMABLE - TOXICO

Los ácidos y álcalis deben diferenciarse anteponiendo a la leyenda IRRITANTE o CORROSIVO, la palabra ACIDO o ALCALI, según corresponda.

Dirección del flujo

La dirección del flujo debe indicarse con una flecha adyacente a las bandas de identificación, o cuando la tubería esté totalmente pintada, adyacente a la información complementaria. Las tuberías en las que exista flujo en ambos sentidos, se identificarán con una flecha apuntando en ambas direcciones. La longitud de la flecha será igual o mayor a la altura de las letras de las leyendas en relación al diámetro de la tubería,

La flecha de dirección del flujo se pintará directamente sobre la tubería, en color blanco o negro, para contrastar claramente con el color de la misma.

La flecha de dirección podrá integrarse a las etiquetas, placas o letreros.

- 1.- TUBERIAS SUBTERRANEAS.- Desalojar la terracería o carpeta hasta descubrir el banco de tubos para las líneas eléctricas, abrirlo y realizar los trabajos que se requiera.
- 2.- TUBERIAS AÉREAS.- Desmontaje de las líneas que conducen los diversos flujos de trabajo (agua, gas, electricidad) liberando las piezas de sujeción de las tuberías, éstas pueden ser abrazaderas de uña o en omega y efectuar la desinstalación por tramos de tubería preferente de 3 m de largo por razones de seguridad y facilidad para este trabajo.
- 3.- TUBERIAS SUPERFICIALES.- Igual que los trabajos aéreos utilizando la herramienta necesaria para liberar las piezas de sujeción (abrazaderas en uña, omega) en tramos de 3 m.

CAPITULO 12 COSTOS Y TIEMPOS DE INSTALACIÓN

Es importante mencionar que el tiempo de instalación de un sistema de tuberías y el costo de éste, depende principalmente de costo de materiales, costo de la mano de obra y un factor de riesgo que los contratistas, en base a su experiencia, le dan a cada trabajo.

A continuación presentamos una tabla donde de manera sencilla, se presentan de acuerdo al tipo de trabajo a realizar el tiempo que se requiere y el costo total.

Tabla 22. Costos y tiempos de instalación para una tubería de acero al carbón de 2" de diámetro.

Tipo de Trabajo	Tiempo de instalación por metro	Costo de mano de obra	Factor de riesgo	Costos de materiales	Observaciones	Total \$
Instalación de tubería superficial	15 minutos	\$30/hora	1	\$120.00/metro de tubo	Tubo roscado en ambos extremos, ensamblado con niples cuerda interior en cada extremo. El factor de riesgo se multiplica por el costo de la mano de obra. En la instalación de tubería subterránea el costo real es \$480 debido al los trabajos de excavación	127.5
Instalación aérea a 3m de altura	40 minutos	\$30/hora	4	\$120.00/metro de tubo		200
Instalación de tubería subterránea a 60cm.	80 minutos	\$30/hora	3	\$120.00/metro de tubo		240
						480

Cálculo del costo total.

$(15\text{min}/60\text{min}) \times (\$30) \times 1 + \$120/\text{metro} = \$127.5/\text{metro de tubo de acero al carbón de 2"}$

$(80/60) \times (\$30) \times 3 + \$120 = \$240/\text{metro}$, este costo total es el doble en la instalación de tuberías subterráneas debido a los trabajos de excavación.

Ahora bien, en base a estos costos, si se requiere saber cuánto cuesta instalar una tubería de mayor diámetro, de las mismas características (acero al carbón), podemos hacer uso de la siguiente expresión que se trata de la *ecuación de trabajo para cálculo del costo sabiendo el costo y la capacidad de un equipo determinado.

$$E_b = E_a (C_b / C_a)^{0.6}$$

E_b: Costo del equipo "b"

E_a: Costo del equipo "a"

C_b: Capacidad del equipo "b"

C_a: Capacidad del equipo "a"

Por ejemplo:

Se requiere saber el costo de instalación de una tubería subterránea de acero al carbón de 5".

$E_b = 240 \times (5/2)^{0.6} = \416 pero recordar que este costo total se multiplica por 2 debido a los trabajos de excavación, así que el real es \$832.

Ahora bien, en base a la tabla 22, y la ecuación de trabajo para el cálculo de costos de un equipo, podemos extrapolar los costos y tiempos de instalación de otro tipo de tuberías, sabiendo el costo del material de éstas, el diámetro y realizando los cálculos correspondientes.

*Datos tomados de cotizaciones en el mercado nacional por los contratistas

CONCLUSIONES

De acuerdo a la recopilación y consulta de información sobre tuberías así como la experiencia laboral compartidos del Ing. Baldomero (asesor de tesis) se concluye que el Acero Inoxidable es lo más recomendable para material de tuberías por presentar propiedades de alta resistencia corrosiva. Se puede emplear dicho material en sistemas de tuberías en una amplia variedad de procesos como farmacéuticos hasta industria alimenticia.

Aunque no necesariamente se emplea acero inoxidable en todos los casos, hay que considerar costos y éste es muy elevado, existen tuberías de acero al carbón que puede ser una buena opción sin menospreciar tuberías de PVC, éstas últimas muy usadas para tuberías de servicios.

La presión y temperatura de operación son factores de criterio para la selección del material base de la tubería con o sin costura aunado junto con la ingeniería de detalle para dar un servicio en un proceso.

Sea el fluido que sea a transportar mediante una tubería, ésta debe especificarse de acuerdo a la normatividad aplicable, ASME, ASTM, etc.

APÉNDICE

TÉRMINOS Y DEFINICIONES:

Golpe de ariete. Es el cambio repentino de la velocidad de flujo o variación de la presión, en un sistema de tuberías y equipo conectado, por ejemplo: Como el ocasionado por un cierre súbito de una válvula de bloqueo.

Extrusión: es, en general, la acción de dar forma o moldear una masa haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta.

Forja: Es el formado del metal, principalmente en caliente, por aplicaciones individuales e intermitentes de presión, ir gormando el metal a base de golpes.

Estelita: Aleación cobalto cromo.

socket-weld : conexiones soldadas

Monel: Aleación de 67% Ni y 30% Cu, aproximadamente.

Guías: Son estructuras que dirigen el movimiento de una tubería en la dirección que se desea. Las formas y tamaños de las guías varían mucho. Estas estructuras pueden estar ligadas a otros tipos de soportes de tuberías como las zapatas.

Lazo de Expansión: Es una configuración geométrica determinada de un segmento de tubería que permite que ésta se expanda con una disminución considerable de los esfuerzos.

Rating: Clasificación.

Soporte: Cualquier material, instrumento, etc., que sirve para que algo se apoye sobre él, o para sostenerlo o mantenerlo en una determinada posición.

Zapata: Consiste en una estructura metálica vertical soldada a una tubería y otra horizontal que se asienta sobre la viga o arreglo en el que la tubería se apoya. Su función es permitir que la tubería se desplace a causa de la expansión térmica sin sufrir efectos de fricción.

Abocinado: Hacerle boca al extremo de un tubo.

BIBLIOGRAFÍA:

Soldadura: Aplicaciones y práctica. Henry Horwitz, P.E. Ediciones Alfaomega 1990, versión en español.

Procesos y materiales de manufactura para ingenieros. Lawrence E. Doyle. Pretince-Hall Hispanoamericana, S.A. 1988 3ra. edición.

Diseño de tuberías para plantas de proceso. Howard F. Rase. H. Blume Ediciones.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-026-STPS-1998, COLORES Y SEÑALES DE SEGURIDAD E HIGIENE, E IDENTIFICACION DE RIESGOS POR FLUIDOS CONDUCTOS EN TUBERIAS.

Manual del ingeniero químico. M.C. Antonio Valiente Barderas. México 1993. Ed. Limusa.

PERRY Manual del ingeniero químico. 6ta. Edición en español. Mc. Graw-Hill

TESIS “Especificación de materiales de tuberías para un sistema de tratamiento de aguas”. José Alfredo Pérez Hernández. México 2006.

http://www.nacobre.com.mx/HT_PVC_Alcantarillado%20Caracter%C3%ADsticas.asp

<http://es.wikipedia.org/wiki/Resiliencia>

<http://www.pemex.com/files/content/ACFTFE3CbGGM.pdf>

<http://html.rincondelvago.com/tuberias.html>

<http://www.euskalnet.net/bikar>

<http://www.bullmoosetube.com/sp/eddythread40.htm>

<http://www.tuberiasvisa.com.mx/prod12.htm>

<http://www.bridaval.com.ar/productos/>

<http://www.romau.com/html/productos.html>