

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
Facultad de Química

**MONOGRAFIA: "TUBERIAS, FABRICACION Y USO
EN PLANTAS INDUSTRIALES"**

439

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a

FRANCISCO EDUARDO TERAN VARGAS

1976



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS Tesis
ADQ _____
FECHA 1976
PROC 1

~~414~~ 413



QUIM. O.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

**MONOGRAFIA: "TUBERIAS, FABRICACION Y USO
EN PLANTAS INDUSTRIALES"**

439

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a

FRANCISCO EDUARDO TERAN VARGAS

1976

CLAS Testi
ABO _____
FECHA 1976
PROC 1

~~414~~ 413



QUIM. O.

Jurado asignado originalmente según el tema

PRESIDENTE: ING. VLADIMIR ESTIVILL RIERA

VOCAL: ING. ROBERTO ANDRADE CRUZ.

SECRETARIO: ING. ARMANDO CLAUDIO AGUILAR M.

1er. SUPLENTE: ING. GUILLERMO ALCAYDE LACORTE.

2do. SUPLENTE: ING. LUIS OSORNO HEINZE.

Sitio donde se desarrolló el tema: BIBLIOTECAS EN EL

D.F. Y DOMICILIO DEL SUSTENTANTE.

Nombre completo y firma del sustentante: _____

FRANCISCO EDUARDO TERAN VARGAS.

Nombre completo y firma del asesor del tema: _____

ING. ROBERTO ANDRADE CRUZ.

CONTENIDO:

	PAGINA
INTRODUCCION	6
CAPITULO I FABRICACION DE TUBERIA.	
I.1 Fabricación	11
I.2 Tubería sin Costura.	13
I.2.1 Materiales Ferrosos	13
A. Método de Perforación con Fresadora Rotatoria Caliente.	13
B. Método de Tresa Pilger.	15
C. Método de Acopación.	17
D. Método de Extrusión	20
E. Método de Estirado.	23
F. Tubería Forjada	24
I.2.2 Materiales no Ferrosos	28
A. Tubería de Aluminio y Aleaciones.	28
B. Tubería de Cobre y Aleaciones.	29
C. Tubería de Níquel y Aleaciones.	34
D. Tubería de Titanio y Aleaciones.	35
I.3 Tubería con Costura.	36
I.3.1 Tubería de Materiales Ferrosos	38
A. Tubería Soldada en Horno.	38
B. Tubería Soldada por Fusión	39
a) Tubería soldada por resistencia.	39
b) Tubería soldada por inducción	44
c) Tubería soldada por arco.	44
I.3.2 Tubería de Materiales no Ferrosos.	51
A. Tubería de Aluminio.	53
B. Tubería de Cobre	54
C. Tubería de Níquel.	54
D. Tubería de Titanio.	54
I.4 Tubería Fundida.	55
I.4.1 Tubería de Materiales Ferrosos.	55
A. Tubería de Acero.	55
B. Tubería de Hierro.	57
I.4.2 Tubería de Materiales no Ferrosos	61
I.5 Tratamientos Térmicos.	62
I.5.1 Definiciones.	65
I.5.2 Diagrama Hierro-Carbono	68

I.5.3	Tipos de Tratamientos Térmicos del Acero.	72
I.5.4	Tipos de Calentamiento para los tratamientos Térmicos.	81
I.6	Limpieza.	84
I.7	Inspección.	88
I.7.2	Inspección no destructiva.	89
I.7.3	Inspección destructiva.	100
I.7.4	Selección del Método.	101
I.8	Producción en México.	104
I.8.1	Fabricación en México.	111

CAPITULO II

II.1	Criterios de Diseño de Tuberías en - Proyectos Industriales.	123
II.2	Desarrollo de un Proyecto.	125
II.2.1	Información	125
	A. Bases de Diseño.	126
	B. Diagramas de Flujo.	130
	C. Hojas de Datos de Equipo.	134
	D. Normas y Especificaciones de Ingeniería.	134
	E. Plano de Localización General.	135
II.2.2	Diagramas de Tubería e Instrumentación. ✓	142
II.2.3	Elevación de Equipo.	145
II.2.4	Diseño de Tuberías.	148
	A. Requerimientos Generales de Diseño.	149
	B. Requerimientos Generales de Instalación.	159
II.2.4.1	Tubería Subterránea. ✓	166
II.2.5	Procedimientos de Dibujo.	173
	A. Planta y Sección.	174
	B. Isométrico.	175
	C. Modelo.	176
II.2.5.1	Comparación de los Métodos.	177
II.2.6	Cálculos de Tubería.	183
	A. Pérdidas por fricción. ✓	183
	B. Ecuación General de Energía Mecánica o de Bernoulli.	191
	C. Fluidos Compresibles.	202

CAPITULO III

III.1	Códigos y Estándares.	220
III.2	Estándares Americanos de Tuberías.	220
III.3	Código A.N.S.I.	221
III.3.1	Definiciones.	223
III.3.2	Espesor de Pared de Tubería.	224
III.3.3	Tubería de Hierro Fundido.	235
	A. Espesor de Pared.	243
	B. Golpe de Ariete.	243
III.4	Estándares Emitidos sobre Tuberías.	255
III.5	Especificaciones A.S.T.M. de Tuberías.	261
III.5.1	Principales requerimientos A.S.T.M. para Tubería más común.	268
	Conclusiones.	269

INTRODUCCION.

En una Planta de Proceso, todos los equipos estan interconectados por tuberías; ya que por lo menos cada equipo tiene dos tuberías que lo interconectan. Además, en una planta se presentan trayectorias de tuberías grandes y existe una amplia diversificación de diámetros. Es por esto que las tuberías tienen una gran importancia en el desarrollo de un proyecto.

Su importancia es expresada por diferentes autores con los siguientes datos: las tuberías constituyen del 25 % al 35 % del costo del equipo en una planta de proceso, requiere de un 30 % a un 40 % del trabajo de montaje, y consume del 40 % al 48 % de las horas-hombre de ingeniería.

El propósito de este trabajo bibliográfico es dar una información rápida y concisa sobre el tema, a la gente que estudie o trabaje en lo relacionado con tuberías; y además proporcionar una referencia sobre los puntos tratados.

Este trabajo bibliográfico consta de tres capítulos de los cuales se hace una síntesis a continuación:

CAPITULO I: Se exponen los diferentes procesos para la elaboración de tubería, para esto se hace una clasificación en tres grandes grupos:

- Tubería sin Costura: es aquella tubería que es fabricada sin unión, a partir de una pieza maciza metálica. Se describen y se presentan ilustraciones de los métodos, para los diferentes materiales metálicos.

- Tubería con Costura: es aquella tubería fabricada a partir de placa o tira del material seleccionado y que es forzada a tomar la forma cilíndrica del tamaño deseado, y es unida por medio de un cordón de -- soldadura, se mencionan los diferentes tipos de métodos y de soldaduras.

- Tubería Fundida: es aquella tubería fabricada a partir de solidificación del material fundido dentro de moldes, de diferentes materiales. (aunque también es sin costura, por la diferencia de obtención, se menciona aparte).

Como un complemento a la mención de los métodos de fabricación, se expone de una manera somera, las bases y los diferentes tipos de los tratamientos termicos para tubería, necesarios para homogeneizar la estructura de la tubería, en la costura, si es con -- unión o en todo el cuerpo de la tubería. La aplicación de estos tratamientos son determinantes en la vida y calidad de la tubería.

La inspección es una parte muy importante en la fabricación, ésta desemboca en el control de calidad

por medio de la aplicación de criterios establecidos e implica la idea de rechazar material subnormal, -- por lo que requiere ser mencionada y se explican los diferentes métodos.

Por último, se exponen dos ejemplos de procesos utilizados en el país para la fabricación de tubería, mostrando los diagramas de flujo de los dos fabricantes principales.

Por medio de datos obtenidos se muestran dos gráficas comparativas de Producción Nacional y la importación de tubería, en los últimos años.

CAPITULO II: En este capítulo se trata de mencionar los diferentes factores que integran un procedimiento a seguir en la planeación y elaboración de estudios de tubería.

En la actualidad mucho se ha dicho o escrito respecto a la planeación y elaboración de estudios de tubería en forma desarticulada, aunque armónica, proporcionando exclusivamente datos de ideas específicas sobre el tema tratado.

Se anexa como complemento, el cálculo de tuberías diámetro, velocidad, caídas de presión, para flujo en fase líquida y gas. No se incluyen cálculos para flujo en dos fases, que por su complejidad, involucraría un volumen mayor de este trabajo, y ser tema -

de otro trabajo.

CAPITULO III: Todo sistema de tubería que se diseña debe estar de acuerdo con alguna especificación de los reglamentos gubernamentales, asociaciones extranjeras como A.P.I. American Petroleum Institute, - A.W.W.A. American Water Works Association, Código de Tubería a Presión A.N.S.I. American National Standard Institute; o Normas Especificas Particulares que editan Organismos o Instituciones que son grandes compradores, (Ejem. I.M.P., Femex, etc.).

Basicamente el Código A.N.S.I sección B31.3., -- abarca todos los requerimientos para el diseño.

Podemos definir una especificación como el intento de parte del consumidor, para decirle al productor lo que desea.

Se muestran tablas, referencias de especificaciones emitidos por diferentes sociedades normativas, - sobre tubería, soldadura, tratamientos térmicos, inspección, propiedades mecánicas, dimensiones, tolerancias y los principales requerimientos para los diferentes tipos de tuberías.

C A P I T U L O I
F A B R I C A C I O N D E T U B E R I A .

La fabricación de tubos se pueden clasificar en tres grandes grupos:

A. Tubos sin costura, producidos al perforar una barra o lingote sólido y laminandolo a continuación, entendiendo como laminación al proceso consistente en deformar prácticamente los metales haciéndolos pasar entre cilindros.

B. Tubos con costura, producidos al soldar una placa o tira metálica por medio de un listón de soldadura longitudinal o en espiral.

C. Tubos fundidos, producidos en moldes.

Los dos primeros tipos en la mayoría de las ocasiones se les somete a otro proceso secundario, en donde se les modifica sus dimensiones: espesor, diámetro y longitud.

Los diferentes procesos de obtención de acero, con el que se fabrica la tubería son:

Proceso Siemens-Martin u horno de hogar abierto, proceso con horno de oxígeno básico, convertidor Bessemer u horno de arco eléctrico y hornos de inducción eléctrica de bajo grado de fundición.

La fabricación de tubería a partir de acero fundido en convertidores Bessemer, disminuyó sustancialmen

te después de la segunda guerra mundial, pero con la modificación de introducir oxígeno y aire-oxígeno en el convertidor, a incrementado el uso de este equipo, particularmente para aceros al carbón.

La descripción de cada uno de estos procesos sería demasiado extenso y no es el motivo principal de este trabajo.

Los tubos tienen una clasificación de acuerdo al uso a que se destinan y es la siguiente:

Grupo "A": Tubería estandar: tubería para conducción de aceite, gas o agua y aplicaciones tubulares corrientes, en aceros al carbón.

Grupo "B": Tubería para la industria petrolera: revestimiento (casing), producción (tubing), perforación (drill pipe), en aceros al carbono o aleados según las normas de A.P.I.

Grupo "C": Tubería para usos mecánicos o de características físicas y químicas especificadas como: tubería para calderas, tubería para la industria química, tubería para bombas, etc., en acero al carbón o medianamente aleados.

I.2 TUBERIA SIN COSTURA.

I.2.1 MATERIALES FERROSOS.

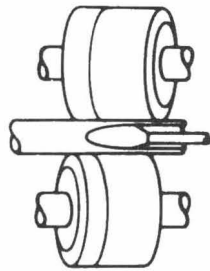
A. Método de perforación con fresadora rotatoria en caliente.-

Es el más común para la fabricación de tubería; -- consiste en la perforación de un lingote cilíndrico ca liente por medio de una o dos fresas perforadoras, es- tando colocado entre un par de rodillos cilíndricos ro tando en una dirección contraria, con sus ejes inclina dos, uno con respecto a otro. (Fig.I.a y b).

La barra o lingote de acero a la temperatura de -- forjación de 2200-2400^oF es empujada hacia la fresa -- perforadora prensada por los dos rodillos, los que ro- tan y la hacen avanzar hacia el punto de fresado para formar un orificio a todo lo largo de la barra. (Fig.- I.1.a,b).

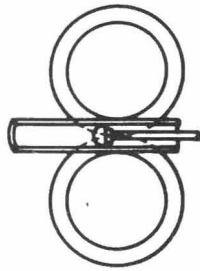
La barra perforada representa el tamaño aproximado de la tubería (diámetro y espesor de pared en exceso - que se requieren para poder dar el terminado a la tube- ría). La reducción de diámetro y espesor de pared y - el incremento en su longitud se efectúan por el cilin- dreo de la barra perforada sobre un mandril con una -- fresa de cilindreo, de donde sale ovalada. (Fig.I.1.c).

Posteriormente pasa a ser torneada o laminada pu- liéndose las superficies interiores y exteriores y rec



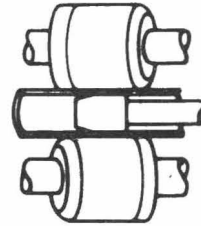
a

PERFORACION

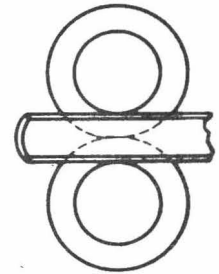


b

CILINDREO



c

TREN
LAMINADOR

d

AJUSTADOR
DE TAMAÑO.

FIG.I.1 PROCESO DE PERFORACION CON FRESDORA ROTATORIA CALIENTE.

tificando el tubo, y como en la fresa perforadora, los rodillos torneadores están inclinados uno con respecto de otro, y prensando la tubería avanzan sobre -- fresa torneadora montada sobre un mandril. (I.1d)

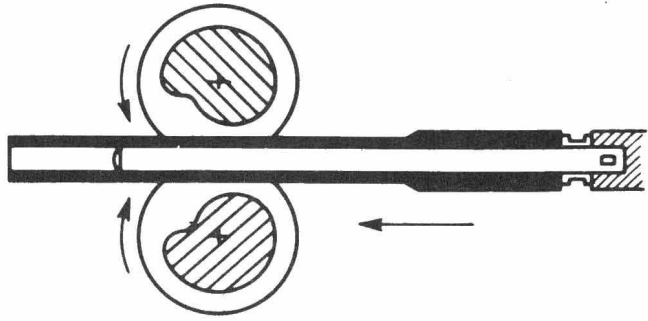
La tubería es recalentada cuando es necesario y -- es pasada a través de dos o más rodillos ajustadores de tamaño. La garganta en los rodillos ajustadores -- tiene un diámetro más pequeño que el de la tubería -- que llega de la fresa torneadora. La reducción del -- diámetro da un tamaño y redondez uniforme a través de la longitud de la tubería. Con este método se puede fabricar tubería hasta de 26 pulgadas.

B. Método de Fresa Pilger.-

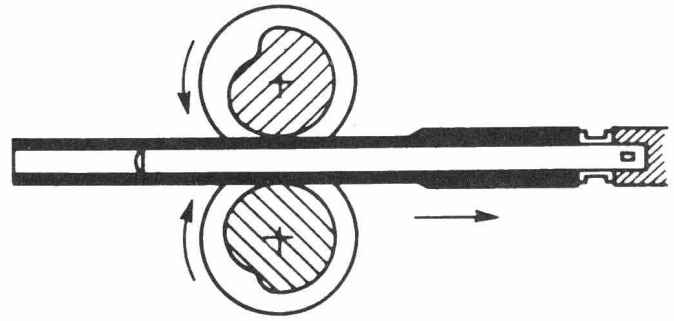
En el proceso de fresa-pilger, una barra redonda de acero o un lingote hueco de espesor grueso de cualquiera de los dos aceros: de-oxidado o rimmed (ence--rrado) son calentados y fresados en un taladro fresa--dor "Mannesman" tipo pesado. Fig. I.2

Un mandril con diámetro aproximado al diámetro interior de la tubería terminada, es forzado a través -- de la barra o lingote perforado, por un pilón o ariete hidráulico.

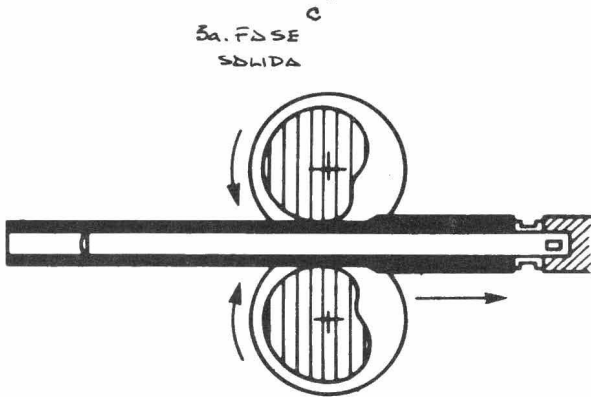
La barra con el mandril encajado es colocada en--tre los rodillos del torno pilger, estos rodillos tie



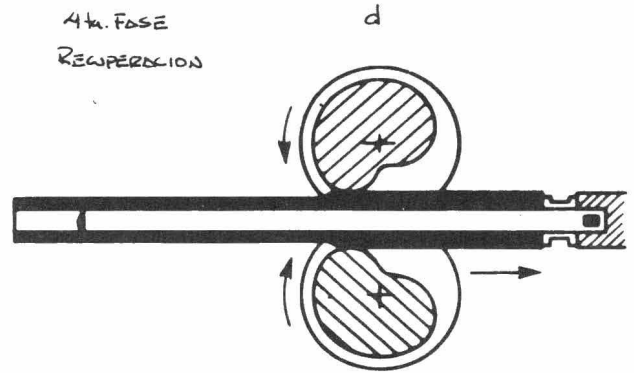
a
1a. FASE
DIRECCION DE
ALIMENTACION



b
2da. FASE
CILINDREO.



c
3a. FASE
SOLIDA



d
4ta. FASE
REPERACION

FIG. I. 2 METODO DE FRESADORA PILGER

nen contorno de forma excéntrica y son girados en dirección opuesta en la que la barra es forzada por un ariete hidráulico y un mecanismo cilindro-aire. Fig. -- I.2.a

El primer rodillo se ajusta a la barra calentada - al rojo, al rotar éstos comprimen y alargan la barra - de acero formando una flecha. Simultáneamente, la pre sión ejercida por los rodillos causa que la varilla -- sea forzada hacia atrás. Fig. I.2b,c.

' El tubo resultante es pulido fuera del rodillo rebajador.

La rotación de los rodillos producen el efecto --- equivalente de los martillos sopladores de forja, los cuales reducen el espesor de la barra por un forjado - descendente contra el mandril y provocan que la barra con el mandril sea forzada nuevamente contra el ariete hidráulico. Fig. I.2 c y d. Por esta razón el proceso es también llamado "proceso de forjado rotatorio".

El tubo es posteriormente recalentado y pasado en el torno para dar uniformidad a la pared. Este puede ser transferido a una fresadora calibrada para dar una mayor uniformidad al diámetro.

C. Método de Acopación (Banco de Empuje).-

En este proceso placas de 2' a 7' y espesor de $3/8$ a 4" son cortadas en discos circulares, estas son ca--

lentas a la temperatura de forjación, alrededor de 2300^oF, y colocados concéntricamente con el fondo de la matriz y empujada a través de ésta por un émbolo de punta redonda. La campana formada es recalentada a la temperatura de forjación y es forzada a pasar -- por una matriz pequeña produciéndose una forma de campana cilíndrica.

En algunas fábricas de tuberías, una barra cuadrada de acero, en lugar de una placa, es calentado a la temperatura de 2300^oF. Es colocado en un recipiente circular; y taladrada de tal forma que uno de los extremos salga cerrado (campana) (Fig.I.3.). La perforación es dimensionada al forzar el metal, desde afuera, con los contornos del recipiente, llenándose los espacios entre las paredes del recipiente y la barra-cuadrada.

El cilindro con extremo cerrado es recalentado y empujado, con el extremo cerrado por delante a través de una serie de 3 a 12 matrices de diámetro decreciente sucesivamente, montadas en un banco horizontal. Durante esta operación de estirado puede ser necesario calentar el material.

Una máquina extraerá y aflojará el mandril tirando de él, fuera del tubo. El extremo cerrado del tubo (campana) es cortado con una sierra circular. El-

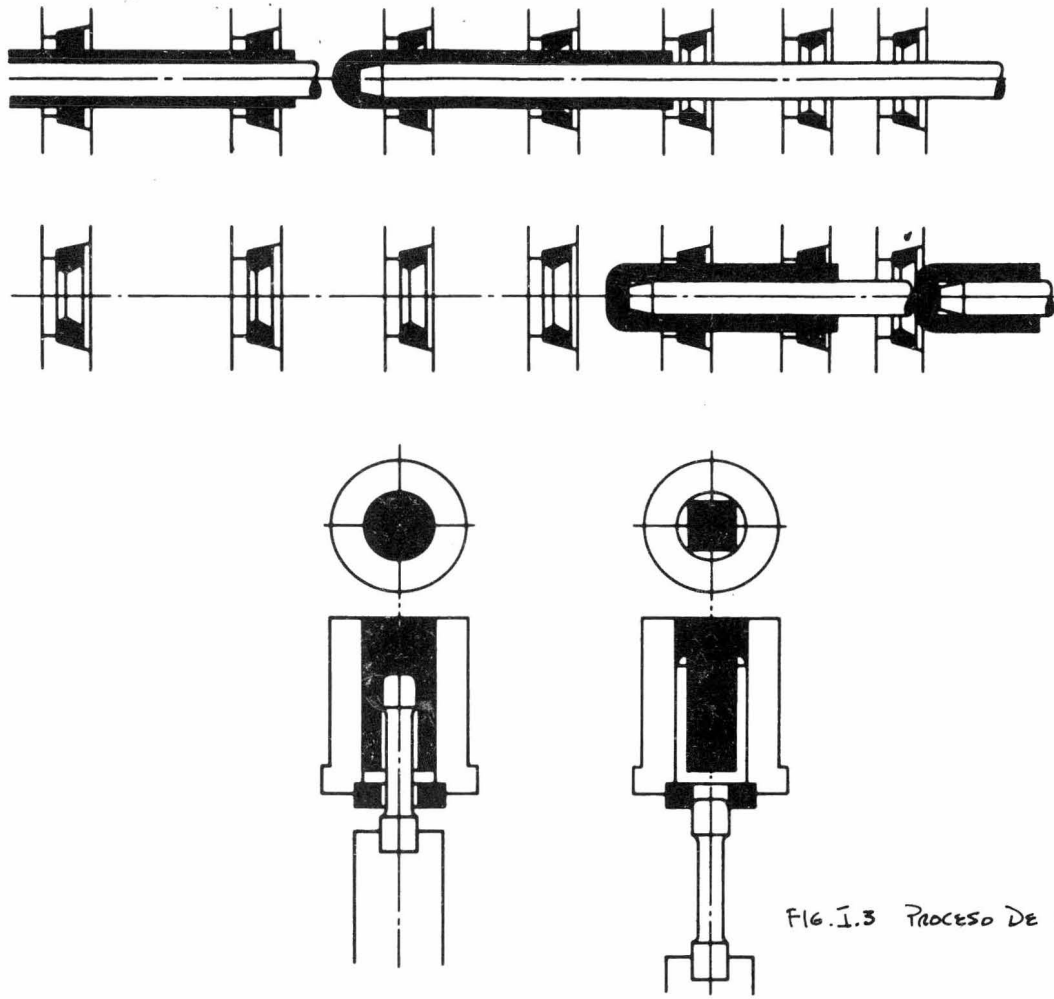


FIG. I.3 PROCESO DE ACOPACION.

trabajo final involucra; el cilindreo o enderezado en frío, del tubo. Este proceso es particularmente apropiado para fabricar tubos sin costura de diámetro pequeño (hasta 4") y de espesor relativamente ligero, menos de 1/2".

D. Método de extrusión.-

Tubos de acero sin costura de diámetros chicos y grandes son también producidos por prensas de extrusión mecánica. El equipo comercial consta de prensas verticales (Fig. I.4). o prensas horizontales (Fig. I.5).

Un lingote de acero desescamado, calentado aproximadamente a 2300^oF. es colocado en el recipiente de la prensa, en el fondo de la cual se encuentra localizada la matriz de extrusión.

Un ariete hidráulico y un mandril perforador montado en el taladro de éste, efectúan la operación.

Con el mandril se perfora el metal y el ariete hidráulico aplica presión sobre la barra o lingote, extruyendo un núcleo cilíndrico de la barra, el cual es desalojado por la matriz de extrusión. El tubo resultante tendrá el tamaño del espacio anular formado por la matriz y el mandril.

En prensas horizontales (Fig. I.5) una perforación puede ser hecha primero, en una etapa por separado, efectuando la perforación con mandril y matriz.

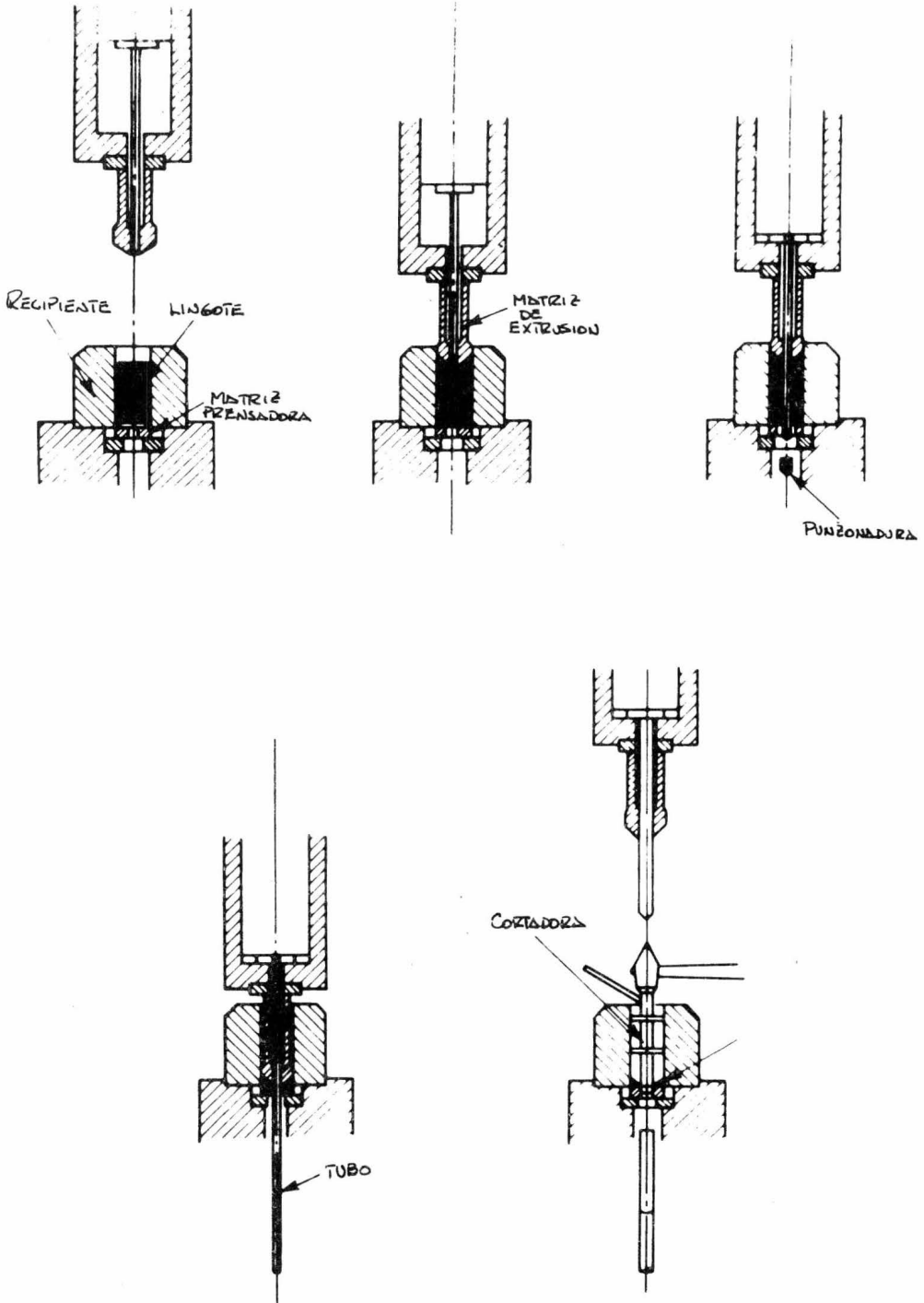


FIG. I.4 PROCESO DE EXTRUSION VERTICAL.

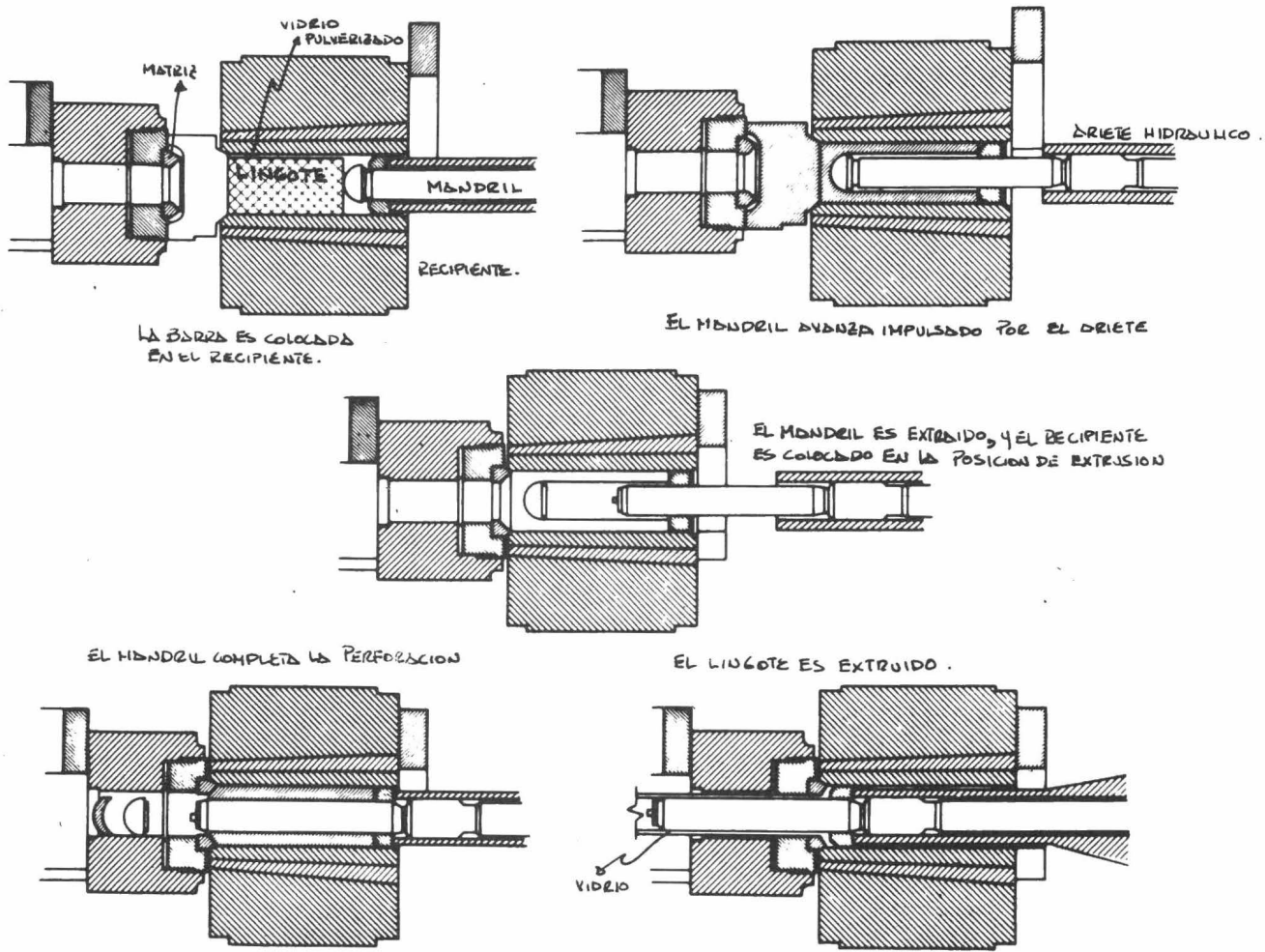


FIG.1.5 EXTRUSION HORIZONTAL POR EL PROCESO UGINE-SEJOURNER.

El material usado en mandriles, matrices y otras herramientas son aleaciones de acero con tungsteno-cromo-carbono y cromo-tungsteno-molibdeno con durezas de aproximadamente 46 Rockwell C.

El vidrio es el mas efectivo lubricante. La barra o lingote caliente, forjado y torneado es cilindrado sobre vidrio parcialmente fundido pero es preferible que sea revestido por una capa de vidrio pulverizado y espedido sobre un tejido acolchonado de asbesto en el vertedero en el cual es arrojado el lingote varilla -- del horno de la prensa.

En los tubos donde la operación de extrusión es -- acabada en pocos segundos, son transferidos aún calientes a la temperatura de forjación, a un fresado de reducción donde el diámetro del tubo es todavía reducido hasta el tamaño apropiado.

Tubo de acero al carbón, aleaciones de acero y acero inoxidable son producidos comercialmente por este método en diámetros de 3/8 a 4" y de longitudes de 30 a 60 pies (9-18 mts.) y tubería en tamaños de 8 a 24"-de diámetro y espesor de pared de 1/2 a 3".

E. Proceso de Estirado.-

Este proceso, es usado para ser un complemento de cualquiera de los métodos mencionados anteriormente y es el principal proceso de trabajo en frío para trans-

formar tubería de un cierto diámetro a tubería con un diámetro menor.

Para llevar a cabo esta operación se usan una serie de matrices, por las que se va forzando a pasar a la tubería hasta lograr el tamaño deseado para producir el diámetro interior, por dentro de la tubería corre un mandril durante la misma operación. (Fig. I.6).

Cuando la operación es en etapas, el metal se hace difícil para trabajar, por lo que es necesario intercalar etapas de destemplado para conservar la ductibilidad del metal.

F. Tubería Forjada.-

Tubería forjada es hecha principalmente en diámetros grandes y espesores de pared gruesos, en los cuales otros grados de tubería sin costura no se fabrican por los costos o limitaciones de equipo.

Dos tipos son reconocidos comercialmente en las especificaciones de A.S.T.M. (American Society for Testing Materials). Estos son: Forjada-Perforada y Perforada-Forjada.

a) Tubería Forjada-Perforada.

Una barra o lingote de acero es primeramente calentada a 2300°F para ser forjada en prensas pesadas donde por la acción de los martillos

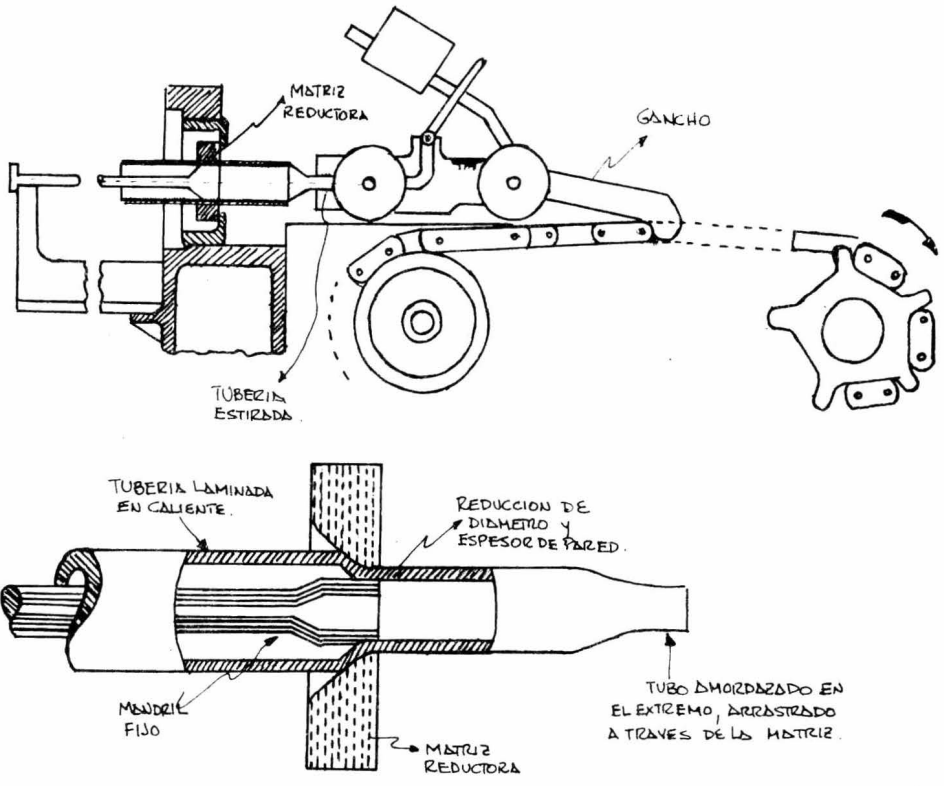


FIG. I.6 PROCESO DE ESTIRADO.

de forjación es alargada a un diámetro de --
aproximadamente una pulgada más grande del --
diámetro deseado para la tubería terminada.

En seguida es colocada en un torno, donde se
le remueve el exceso de acero dando origen al
diámetro exterior de la tubería.

Al final, por medio de un taladro, el cilin--
dro es perforado de acuerdo al diámetro inte--
rior especificado.

Por este proceso, tubería de diámetro entre -
10 y 30" y espesor de pared de 1 1/2 - 4" son
producidos.

La maquinaria permite que el espesor de pared
promedio sea mantenido dentro del espesor mí--
nimo requerido, especificado por los diseñad--
ores de un sistema de tuberías; resultando con
esto un ahorro de peso. El precio de la tube--
ría por este proceso aventaja a la tubería he--
cha por otros métodos de fabricación, incre--
mentándose con el diámetro y el espesor de pa--
red. Secciones de tuberías con longitudes de
más o menos de 50 pies y de máximo 100 ton.de
peso, pueden ser fabricadas.

b) Tubería Perforada-Forjada.

Tubería perforada y forjada es producida di--
rectamente a partir de lingotes o barras de -

acero fundido en hornos de arco eléctrico. Los lingotes son perforados a una temperatura de 2000-2200°F en prensa vertical, después son transferidos a un banco para estirado horizontal, donde el lingote perforado es colocado sobre un mandril y es trabajado a través de una serie de matrices circulares, produciendo el tamaño deseado. Posteriormente la tubería es torneada para afinar los diámetros: exterior e interior.

Tuberías de diámetros entre 10-30 pulgadas y con espesores de pared de 1 1/2 a 4 pulgadas son producidas normalmente.

Tubería no ferrosa, en cantidades comerciales, no puede ser producida por métodos forjados.

I.2.2

TUBERIA DE MATERIALES NO FERROSOS.

A. Tubería de Aluminio y Aleaciones de Aluminio.-

Tubo de aleaciones de aluminio sin costura o tubería para servicios a presión son hechas por el proceso de extrusión de matriz y mandril en tamaños de 1" y mayores.

Se usa un lingote redondo hueco perforado, hecho en fundición o por taladrar un lingote sólido redondo. El lingote es precalentado hasta una temperatura apropiada (dependiendo de la aleación), y es colocado en el cilindro de la prensa de extrusión. Un mandril correrá a través del lingote y a través de la matriz de extrusión formando un espacio anular a través del cual fluirá el aluminio cuando se aplique presión al lingote.

Cuando la extrusión sea completa, el tubo es cortado fuera de la matriz, el residuo del lingote es removido de ésta antes de que el siguiente lingote sea colocado. Por este método se puede fabricar tubería de diámetro grande (± 20 ").

Algunas aleaciones requieren tratamiento térmico para alcanzar las propiedades mecánicas requeridas, estos pueden ser acompañados por temple con aire o agua cuando la tubería salga de la prensa de extrusión o puede ser empleado un horno térmico

co por separado.

Generalmente hablando, tuberías de paredes delgadas están disponibles solo en diámetros chicos y para tubería en general el rango de espesor de pared es de cédula 5 y mayores.

Las longitudes están limitadas por el tamaño del lingote y el equipo de tratamiento térmico, -- las longitudes más usuales son de 40 pies (13 mts) y longitudes de 20-80 pies (7-25 mts.) o mayores -- solo pueden ser horneadas para algunas aleaciones y temples.

B. Tuberías de Cobre y Aleaciones de Cobre.

Muy poca tubería fundida o soldada es producida en cobre o aleaciones de cobre.

Tubería sin costura es producida por alguno de los cinco procesos principales.

El cobre es refinado y derretido en hornos reverberadores y fundido en varillas sólidas de varios diámetros. Aleaciones de cobre son fundidas en hornos eléctricos en forma de varillas sólidas, en fábricas de la industria de bronce.

- a) Proceso de Fresado en Caliente.- La mayoría de tubería de cobre y algunas aleaciones de cobre son producidas en máquinas mannesman. En este proceso barras sólidas de cobre o aleaciones de cobre en diámetros de 3 a 12

pulgadas son calentadas a 100-900^oC y son - pasadas entre dos rodillos, cuyos ejes es- tan dispuestos en un cierto ángulo. Estos rodillos rotan en dirección contraria y --- transmiten a la barra una acción espiral ha- cia adelante. La presión en el diámetro ex- terior de la barra caliente produce una ro- tura interna a lo largo del centro de la ba- rra para iniciar una cavidad longitudinal, después con la barra aún rotando entre los rodillos, es forzado sobre un mandril pun- tiagudo que hace el efecto de un yunque, en el cual se trabaja y pule la cara interior de la varilla perforada. (Fig. I.1)

El espacio entre los rodillos y el mandril- determina el espesor de pared del cilindro perforado.

El cilindro perforado es estirado en un ban- co de estirado, pasando por una matriz, la cual determina el diámetro exterior y un ém- bolo que controlará el diámetro interior de la tubería. En algunos casos se efectúan - operaciones de estirado y templado interme- dios con subsecuentes operaciones de limpie- za y lavado químico terminando la tubería, - la tubería es cortada a la longitud, proba-

da inspeccionada y empacada.

- b) Proceso de Extrusión.- Tuberías de cobre - son también producidas por cilindros extruidos. Las barras calentadas entre 700° - 900° C dependiendo de la aleación; son colocados - en recipiente o en un cilindro de acero macizo donde se encuentra la matriz, es ejercida una alta presión aplicada por un ariete hidráulico hasta de 3000 Ton/in que forza el metal a través de la matriz. Cuando - la presión es aplicada, la barra es ligeramente aplastada y prensada en el recipiente, al mismo tiempo un mandril dentro del ariete hidráulico punza y perfora el centro de la barra; el mandril es empujado a través - de la matriz.

El centro es extruído o expulsado a través de la matriz y sobre el mandril. La matriz determina el diámetro exterior, y el mandril el diámetro interior del cilindro extruído. Algunas operaciones de estirado, templados-intermedios y limpiezas químicas se efectúan para terminar la tubería.

- c) Proceso de Copa y Estirado.- El proceso de copa y estirado es práctico para producir - tubería de grandes diámetros exteriores --

(12 pulg. y mayores) para ambos materiales, cobre y aleaciones de cobre.

Círculos grandes son cortados de placas de cobre o aleaciones de cobre, los círculos son puestos en una matriz y un émbolo empuja la placa a través de la matriz para estirar y formar una copa; la copa es aún más estirada a través de algunas pequeñas matrices y émbolos sucesivos ocasionando una disminución en el espesor de pared y un incremento de la longitud.

El fondo de la copa o cilindro es cortado y el resto que queda es aún más estirado para dar el terminado final. (Fig. I.3).

- d) Proceso de Estirado.- El banco para estirar, es una máquina para estirar tubos a través de una matriz para reducir el diámetro y el espesor de pared y es el principal proceso de trabajo en frío para reducir tubo de cobre y aleaciones de cobre fabricados por -- los métodos de extrusión o de perforación. El banco para estirar puede ser simple o -- múltiple y puede ser capaz de manejar va--- rios tubos simultáneamente.

En la mayoría de operaciones de estirado en frío, una matriz va por la parte exterior y un mandril va por la parte interior, van re

duciendo los diámetros interior y exterior, reduciendo al mismo tiempo el espesor de pared y el área circular. (Fig. I.6)

El diámetro interior, generalmente, es reducido ligeramente menos que el diámetro exterior. La operación termina con un pulido de terminado de las superficies interna y externa.

Durante la operación de estiramiento, el metal se hace difícil para trabajar, tanto que los tubos tienen que ser destemplados en etapas intermedias.

El cobre es de tal manera dúctil, que se trabaja algunas veces sin destemplantar, pero para conservar su ductibilidad los tubos son normalmente destemplados después de dos o tres operaciones de estirado.

- e) Proceso de Tubo Rolado.- Otro proceso para reducir tubo de cobre, en frío es el de rolado de tubo, llamado también oscilatorio, en el cual, matrices semicirculares cónicas, son osciladas rápidamente de atrás para adelante sobre el tubo montado en un mandril que controla el diámetro interior, el extremo mayor de la matriz cónica, hacia el extremo opuesto al movimiento de la matriz, y

el mandril con un adelgazamiento en la punta con movimiento oscilatorio el tubo es presnado entre la matriz y el mandril, reduciendo el diámetro y la pared, e incrementando la longitud del tubo.

El tubo producido por este método es uniforme en dimensiones.

C. Tubería de Niquel y Aleaciones de Niquel.

Tubo y tubería sin costura de estos materiales son generalmente producidos por métodos de extrusión (Fig. I.5) y de estirado en frío (Fig. I.6)

El método de extrusión es el de Ugine-Sejournet; donde la prensa es de tipo horizontal de cuatro columnas, con 4000 Ton. de capacidad distribuidas de la siguiente manera: 2500 Ton. en el ariete hidráulico principal y 1500 Ton. en el ariete perforador. El medio hidráulico es agua, la presión del agua a 4250 psi es suministrada por 2 bombas manejados por motores de 400 H.P.

La tubería producida por este método es de diámetro exterior de 2 1/2" - 9 1/4" y espesores de pared de 1/4 - 1" y longitudes de 3 - 30 pies (1 - 9 mts.) que puede ser reducida por una subsecuente operación de estirado a diámetros de 0.50 - 8.25" y espesores de pared de 0.025 - 0.50" .

D. Tubería de Titanio y Aleaciones de Titanio.

El proceso de extrusión es la técnica más comúnmente usada para producir tubería de titanio.

Las prensas de extrusión usadas, son predominantemente hidráulicas con el ariete hidráulico operando en un plano horizontal (Fig. I.5).

Las barras son calentadas aproximadamente a ---
1800^oF y son extruidas por medio de una matriz sobre un mandril. Posteriormente la tubería puede ser reducida a otros tamaños por las diversas operaciones de estirado en frío.

El titanio caliente es muy reactivo con los materiales de construcción de las matrices y se usan algunas técnicas para proteger éstas; algunas son:--
revestimientos de cobre-acero inoxidable; vidrio --
fundido sobre los cilindros de titanio.

I.3 TUBERIA CON COSTURA.

Este tipo de tubería se fabrica a partir de soldar tiras, placas o planchas de acero, se efectua en hornos de calentamiento con soldadura de forja para tubería soldada a tope o por soldadura de fusión empleando resistencia eléctrica, flash, soldadura por arco sumergido, soldadura de arco de tungsteno-gas inerte o soldadura de arco metálico con revestimiento de gas consumible.

La costura de la soldadura puede ser una costura longitudinal paralela al eje de la tubería o costura en espiral.

En la tubería soldada en espiral las placas o planchas metálicas forman el cilindro de manera que los bordes o traslapes formen un espiral. En algunos procesos, los bordes de la tira son preparados con la orilla cuadrada o machihembrada, siendo fusionados por arco eléctrico o algunos procesos de soldadura por resistencia.

El borde interior es frecuentemente biselado o rebajado y el borde exterior con una pequeña ceja, de tal manera que el espiral se forme y ajuste en continuo, facilitando la operación. En ocasiones se requiere un sobretraslape.

Su uso esta limitado a tuberías de peso ligero;-

para líneas de transmisión, tubería de dragado, sistemas de irrigación y otros servicios. Recientemente, tubería soldada en espiral con doble arco sumergido puede ser producida para líneas de tuberías de -- servicios.

El uso de esta tubería en longitudes de 20 pies en conjunción con acoplamientos Nictaulic, Dresser o similares, hacen posible un montaje económico de sistemas de tubería temporales o sistemas de tuberías en los cuales son requeridos un mantenimiento o inspección considerable.

El procedimiento ideal de soldadura es aquel que produce una unión con las mismas características y propiedades físicas y químicas que el metal base. -- Con el fin de llegar a esto: las proximidades de los bordes a unir deben ser calentados hasta su punto de fusión uniéndose ya sea con ayuda de un metal de relleno o presionando los extremos.

Las características finales de cualquier sistema metálico están gradualmente afectadas por la composición del metal, el enfriamiento y los tratamientos térmicos anteriores y posteriores a la realización de la soldadura.

Antiguamente al enfriarse rápidamente la zona -- donde se realizaba la soldadura provocaba grandes --

problemas, pues debido a que los materiales usados -- contenían un alto porcentaje de carbono (superior al de las actuales) se producía un temple; con la consiguiente dureza y fragilidad en la junta. Además los electrodos usados no tenían una adecuada protección contra el aire, causando la formación de escorias de óxido. Actualmente los procesos de soldadura han -- evolucionado notoriamente.

Hay que hacer notar que el éxito de cualquier -- procedimiento de soldadura depende de la habilidad y experiencia del soldador y es de tal importancia su calificación que varios códigos normalizan las pruebas para calificación de las soldaduras.

I.3.1 TUBERIA DE MATERIALES FERROSOS.

A. Tubería Soldada en Horno.-

La tubería soldada en horno, también conocida como soldada en continuo o tubería soldada a tope, está disponible en los grados de acero al carbón.

La tubería es generalmente hecha a partir de acero Bessemer o de acero Siemens-Martin.

Los aceros de oxígeno básico y de hogar abierto reforforizados son ampliamente usados debido a la - facilidad para trabajarlos.

La tubería soldada en horno es normalmente con-

siderada como la tubería de acero de más bajo costo; y es usada en servicios relativamente no críticos, - tales como, tuberías de gas a baja presión, tubería de agua, de líneas de aire, sistemas de vapor a baja presión y servicios en medios similares. La tubería soldada en horno es generalmente limitada para tamaños de tubería de 4 pulgadas y menores.

En el proceso de soldadura a tope; una tira o -- placa, denominadas como planchas para hacer tubos, - es pasada a través de un horno continuo donde es calentada a una temperatura de soldar, de aproximada-- mente 2450^oF. La tira es pasada inmediatamente a -- través de rodillos formadores y soldadores, que si-- multáneamente forman el tubo y soldan los bordes de la placa.

Una variante de este proceso es cuando la placa es pasada a través de una matriz de forma cónica, -- donde es formada la tubería. A ésta se le conoce co-- mo "weld bell" (Fig. I.7).

B. Tubería Soldada por Fusión.-

La temperatura de fusión se alcanza por los si-- guientes tipos de soldadura: Resistencia, Inducción, por arco.

a) Tubería soldada por resistencia.- Los métodos ampliamente usados son: soldadura por arco --

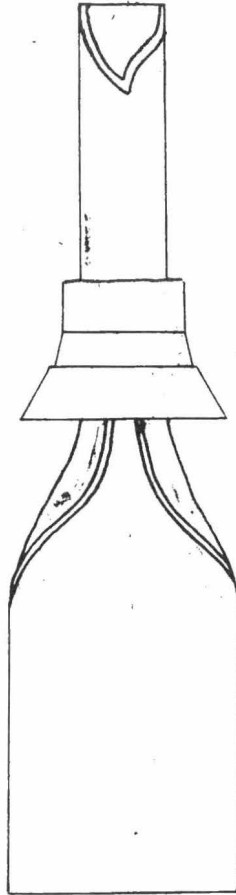


FIG. I.7 TUBERIA SOLDADA "WELDED BELL".

con presión (flash), Soldadura por resistencia a baja frecuencia, Soldadura por resistencia a alta frecuencia.

En todos los procesos la tira o la placa metálica es inicialmente formada, por cilindro o formándose dentro de anillos formados en forma circular.

- Tubería soldada por arco con presión (flash).

En este proceso los bordes de la tubería preformada, son mantenidos juntos por unas zapatas de cobre que aplican la presión suficiente para producir un ligero contacto entre los bordes de la costura de la tubería.

La aplicación de corriente eléctrica produce cortos circuitos entre los bordes, causando centelleo en el metal. Estos ocurren a una velocidad visible continua por centelleo a lo largo de la costura de tubería. Cuando la temperatura, a una cierta distancia, es la apropiada para la formación, los bordes de la tubería son presionados juntándolos. Dicha presión saca el metal derretido y provoca un aplastamiento o recalentado en el metal, produciendo un ligero aumento en el calentamiento de la base del metal.

La soldadura resultante representa una soldadura por fusión a presión, en la cual la línea de fusión es producida entre los bordes de la tubería a una temperatura abajo de la correspondiente a punto de fusión del acero. La rebaba y el metal abultado o recalentado es subsecuentemente removido a lo largo de las superficies exterior e interior de la costura soldada usando herramientas calientes. Este proceso es aplicado principalmente para tubería de acero al carbón de alta resistencia, de diámetros grandes del rango de 4 a 36 pulgadas.

- Tubería soldada por resistencia a baja frecuencia.- En este proceso la corriente eléctrica y la presión son aplicadas simultáneamente cuando la costura de la tubería pasa por el punto de soldadura.

El calor desarrollado conduce a que los límites de los bordes alcancen la temperatura de soldar, causando además una ligera fusión a lo largo de los bordes del metal. La unión producida es parecida en apariencia a la costura de la soldadura flash. El metal en exceso es recortado por una máquina, inmediatamente después de soldar o es removida en un paso subse

cuenta. Posteriormente la tubería es cortada en longitudes estandar.

Un tratamiento de postcalentamiento, puede ser aplicado después de soldar, y servir para aliviar esfuerzos, templar o recristalizar el metal afectado por el calentamiento.

El calentamiento por resistencia a baja frecuencia es aplicado para tuberías de diámetros exteriores, superiores de 22 pulgadas.

Este proceso es también usado en algunas plantas para soldar longitudes especiales de placas para hacer tubos, principalmente cuando tuberías de grandes diámetros son producidas.

- Tubería soldada por resistencia a la alta frecuencia.- En principio es similar al proceso de soldadura por resistencia a baja frecuencia descrito anteriormente, excepto en la fuente que genera el calor para soldar, en este proceso es producido por corriente alterna de alta frecuencia de alrededor de 450,000 cps seguido de un paso de baja inductancia. Este paso de baja inductancia, produce una alta temperatura en una franja muy superficial adyacente al límite de los bordes, con lo que minimiza el recalado en el metal, cuando los bordes son puestos en con-

tacto; llevados a unirse por la aplicación - de una fuerza externa.

Este proceso es aplicado para la fabricación de tubería de diversos espesores de pared, y se pueden producir tuberías hasta 42 pulg. o mayores.

- b) Tubería Soldada por Inducción de Alta Frecuencia.- En este método las orillas limitantes - de la placa, son llevados a juntarse bajo una presión alta. La soldadura se efectúa por medio de una bobina de inducción la cual eleva la temperatura de los bordes de la costura - para un calentamiento apropiado para soldar. Con la presión aplicada se forzan los bordes de la placa juntándolos y causando la fusión y en ocasiones recalando. La verdadera corriente de alta frecuencia, normalmente usada, produce un calor casi instantáneo; permitiendo un aumento en la producción.

Un control estrecho sobre el calentamiento y la fusión causa al metal un recalentado mínimo.

Este proceso es usado principalmente para la fabricación de tubería de tamaños chicos.

- c) Tubería Soldada por Arco.- La soldadura eléctrica por arco es un proceso utilizado para la fabricación de tuberías. En este --

proceso el calor para producir la fusión del metal es generado por un arco eléctrico producido entre dos electrodos o entre un electrodo y la pieza que se solda. La soldadura es hecha comercialmente por:

- Proceso de soldadura por arco sumergido.
- Proceso de soldadura por arco de tungsteno-gas-inerte.
- Proceso de soldadura por arco metálico con - protección gaseosa consumible.
- Tubería soldada por arco sumergido.- Es --- aplicada para acero al carbón, aleaciones de de acero, acero inoxidable y tubería de alea ciones con alto contenido de níquel, para -- diámetros de 8 pulg. y mayores.

El proceso para formar la tubería es el mismo que para los métodos anteriores mencionados. En el proceso de soldadura por arco sumergido, electrodos desnudos consumibles en forma de alambre y las piezas a soldar forman - el arco, no es necesario aplicar presión a - las piezas a soldar y el metal de relleno - es suministrado por el electrodo o por una - varilla suplementaria.

El arco y el metal fundido protegidos por -- una capa de fundente granulado; el calor del

arco funde una porción del fundente, creándose una atmósfera de protección y una escoria que cubrirá el metal soldado.

Como el fundente solidifica a una temperatura inferior a la del metal soldado, funcionará como un líquido protector que protegerá el metal cuando solidifique.

En muchas plantas, las soldaduras con costura son hechas con arcos sumergidos gemelos, donde el segundo arco sigue detrás del primero - aproximadamente una pulgada. Uno en el reborde de la cara interior de la tubería y otro en la cara externa. En tuberías de espesores gruesos, algunas veces pueden ser requeridos los rebordes.

En la fabricación a gran escala, las cabezas soldadoras pueden ser estacionarias y la tubería moverse a una velocidad controlada o viceversa. En equipos automáticos se controlan completamente: la velocidad de la tubería o el movimiento de la cabeza soldadora, la velocidad de la línea de alimentación de corriente para soldar y la alimentación del fundente. La tubería con costura soldada por arco sumergido puede ser usada en temperaturas altas, críticas o en servicios a alta presión.

- Tubería soldada por arco con electrodos de tungsteno-gas inerte.- Esta soldadura es hecha principalmente en tubería de acero inoxidable y acero al carbón de espesor delgado, y en tamaños de 1 a 24 pulgadas.

También se utiliza con metales difíciles de soldar tales como; aluminio, magnesio, y aceros al Cr-Ni de alta aleación.

En la mayoría de las fábricas, la tubería es formada previamente a soldar, por moldeo o en una prensa dobladora. Ahora bien, un cierto número de fábricas modernas usan tira o listón, el cual es cilindrado para formar un cilindro y soldar en una operación continua.

En tuberías de espesores de pared delgados, la operación de soldar se lleva a cabo sin metal de relleno. La zona del arco se protege bajo un colchón de gas de argón, helio o mezcla de éstos, dependiendo del metal a soldar, que es alimentado automáticamente (Fig. I.8). El equipo de soldar es mantenido estacionario y la tubería es movida a una velocidad uniforme a través del arco o viceversa.

- Soldadura por arco metálico de protección gaseosa consumible.- En este proceso el calor es producido por un arco establecido entre un

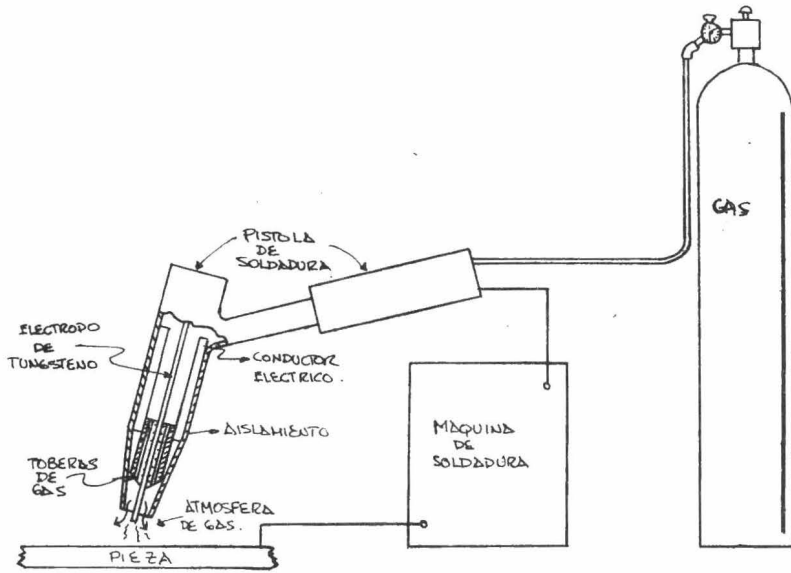


FIG. I.8 Procedimiento de Soldadura con Arco de Tungsteno - gas.

electr^odo met^álico revestido, consumible y la pieza a soldar (Fig. I.9). La protecci^on del arco y del ba^o de fusi^on es obtenida a partir de la descomposici^on del revestimiento del electr^odo.

No es necesario aplicar ninguna presi^on a las piezas a unir y el metal del relleno es aportado por el mismo electr^odo.

El material a soldar es punteado con el fin de mantener las partes en posici^on, despu^es de lo cual se efect^ua la soldadura, depositando la cantidad suficiente de esta.

Para efectuar una soldadura eficiente es necesario hacer una buena selecci^on de procedimientos, a seguir: determinaci^on de la corriente a utilizar, tipo de electr^odo, limpieza de la escoria despu^es de cada paso, etc.

- Soldadura Oxiacet^ílica.- En este tipo de soldadura, el calor es obtenido a partir de la combusti^on de acetileno en una atm^osfera de ox^ígeno. El metal de relleno es introducido dentro de la llama y en el ba^o de fusi^on, manualmente.

El equipo para este tipo de soldadura es barato y de f^ácil transporte. La utilizaci^on de esta tuber^ía est^á restringido a tuber^ía de 2-

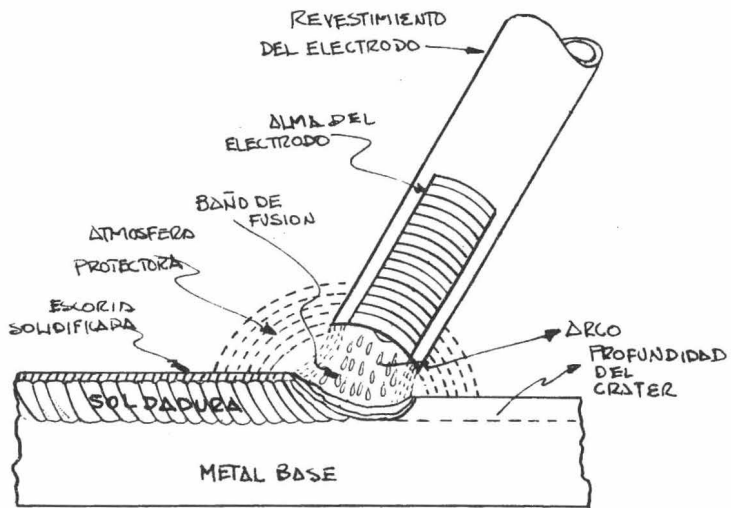


FIG. I.9

SOLDADURA DE ARCO CON ELECTRODO METALICO REVESTIDO.

pulgadas y menores, y actualmente ha sido ca si totalmente desplazado por la soldadura de arco, debido principalmente a las impurezas por el baño de fusión por lo que no es recomendable normalmente. (Fig. I.10).

No obstante el oxicorte, continua siendo uno de los mejores medios utilizados para cortar tuberías; este procedimiento de corte consta principalmente de un soplete que proporciona un chorro de oxígeno rodeado de una corona - de pequeñas llamas oxiacetilénicas, las cuales aportan el calor necesario para mantener la operación. El chorro de oxígeno, es el - que realiza el corte, es dirigido a todo lo largo de la zona que se quiere cortar, así - la alta temperatura, junto con un exceso de oxígeno, producen una rápida oxidación del - metal, produciendo un corte recto y limpio. Este procedimiento se puede ejecutar manual o automáticamente.

I.3.2

TUBERIA DE MATERIALES NO FERROSOS.

Los procesos de soldadura por fusión, simila-- res a los aplicados a materiales ferrosos, son tam bién usados ampliamente para producir tubería no - ferrosa soldada.

Los procesos comunmente más usados son los de -

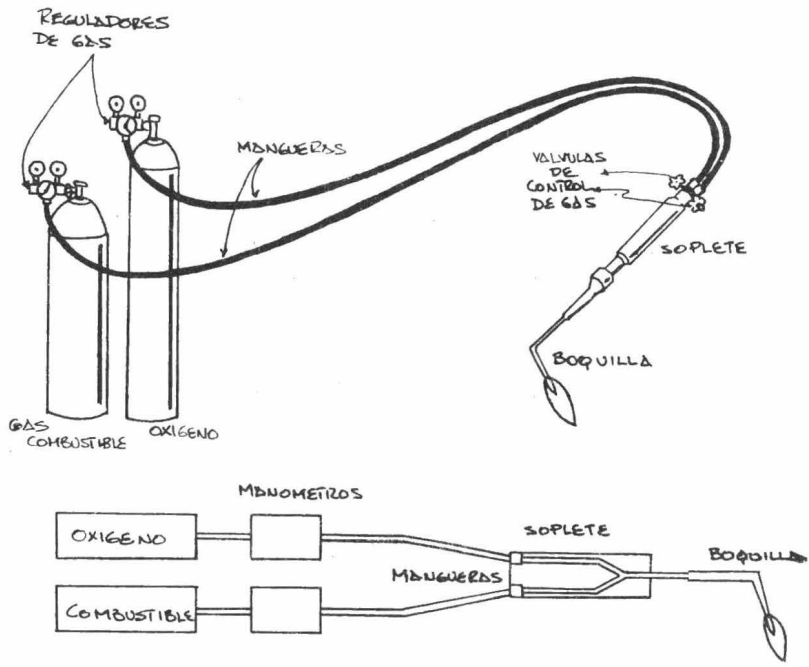


FIG. I.10 SOLDADURA OXIACETILENICA.

soldadura por arco.

En tuberías de espesor de pared delgado, el -- proceso de soldadura de arco de Tungsteno-gas inerte es el más ampliamente usado, y en tuberías de - espesor de pared grueso (principalmente en materiales de aleaciones de níquel), el proceso de arco - sumergido es el más usado.

A. Tubería de Aluminio y Aleaciones de Alumi--
nio.-

Tubería de estos materiales son fabricados por los procesos de soldadura por resistencia o por -- soldadura por arco.

La soldadura por resistencia puede ser por los tipos de: inducción de alta frecuencia o resistencia de alta frecuencia; estos procedimientos son - los mismos que se explican para materiales ferro--sos, aplicables también para aluminio y sus alea--ciones, excepto la soldadura por inducción de alta frecuencia que no es empleada para tuberías de menos de 3/4 de pulg. de diámetro.

La soldadura por arco; es hecha por cualquiera de los dos procesos de arco de Tungsteno-gas inerte o de Arco metálico-gas inerte. El primero de - estos métodos es empleado en tuberías y tubo de -- aleaciones de aluminio, con espesor de 0.030 a 1/4 pulg. El segundo es usado para aleaciones de alu-

minio con espesores de pared mayores de 1/4 de pulg.

Tubería de aluminio soldada en espiral, es fabricada por métodos previamente descritos para materiales ferrosos. La soldadura a tope es hecha por cualquiera de los dos procesos por arco descritos anteriormente.

B. Tubería de Cobre y Aleaciones de Cobre.-

La soldadura no es ampliamente usada en la fabricación de tubería y tubo de cobre y sus aleaciones, excepto aleaciones cobre-níquel que son producidos como tuberías soldados con costura por el proceso de soldadura de arco de Tungsteno-gas inerte.

C. Tubería de Níquel y Aleaciones de Níquel.-

Los métodos de soldadura de arco descritos anteriormente para materiales ferrosos son usados también ampliamente en la fabricación de tubería de níquel y aleaciones de éste.

D. Tubería de Titanio y Aleaciones de Titanio.-

Es producido por los procesos de soldadura de arco-gas inerte, ambas técnicas; arco tungsteno y arco plasma son empleados.

Algunas tuberías son hechas primero formando el metal en una prensa dobladora de chapa o placa y después soldando, ya sea con la cabeza soldadora en movimiento, sobre la tubería estacionaria o por mo-

vimiento de la tubería bajo el arco soldador esta--
cionario. La moderna operación donde una tira o --
placa en carrete, es rolado o cilindrada para ser --
formada y soldada continuamente, es usada y se ha -
incrementado su uso.

I.4 TUBERIA FUNDIDA.

I.4.1 MATERIALES FERROSCS.

A. Tubería de Acero Fundido.-

Es hecha por los procesos de fundición centrifu
gada o fundición estática.

En el primero la tubería es producida fundiendo
acero en hornos de inducción o eléctricos, y vacian
dolo en moldes giratorios que permiten soldificar -
el metal bajo la presión de la fuerza centrífuga.

El molde es normalmente rotando sobre su eje ho
rizontal a una velocidad que proporcione una fuerza
centrífuga de 50 a 200 veces la fuerza de la grave-
dad. En la práctica corriente, generalmente se ob-
tiene una densidad equivalente a la del acero forja
do.

Los moldes usados son los siguientes: moldes --
conteniendo arena apisonada como aglutinante, mol--
des con superficie de cerámica o moldes de metal.

Tuberías hechas a partir de los 3 tipos de mol-
des son satisfactorias para aplicarse en servicios

de alta temperatura; aunque existen diferentes corrientes de preferencia sobre los moldes a usar, algunas autoridades demandan que los moldes de arena son preferibles porque el acero fundido puede fluir por una considerable distancia sobre la superficie del molde sin provocar un templado superficial del metal fundido, lo cual es indeseable.

Otras corrientes dicen que en los moldes metálicos, no hay peligro de inclusiones de arena en el acero, y la contracción de los espacios es minimizada por la alta velocidad de enfriamiento que provee el molde metálico.

Tubería de fundido centrifugado, es producida en diámetros exteriores de 4 a 54 pulgs y longitudes superiores de 30 pies; se incrementa la ventaja económica con tubería de diámetro grande y espesor de pared grueso.

Esta tubería inicialmente se aplicaba para rodillos en fábricas de papel, y cañones de armas de fuego etc., ahora bien esta tubería actualmente es usada para servicios a presiones y temperaturas altas, particularmente en refinerías, a temperaturas de $\pm 1000^{\circ}\text{F}$ y presiones superiores a 800 psi.

En el caso de tubería de acero inoxidable fundida centrifugadamente, se fabrica por un proceso conocido como de hidroforjado, en donde es expandido

da en frío, por medio de presión hidráulica aplicada internamente. En acero inoxidable austenítico, esta técnica elimina los grandes granos dendriformes del fundido centrifugado por producir una recristalización y refinamiento de los granos y proporcionar propiedades de resistencia a la tensión.

En el segundo proceso el metal es fundido en hornos, y es vaciado en moldes de arena apisonada, metálicos, o con superficie de cerámica solidificando sin la acción de movimiento.

La tubería de fundido estático esta limitada para longitudes relativamente cortas.

B. Tubería de Hierro Fundido.-

Este material es relativamente durable porque es de pared gruesa y tiene una inherente resistencia a la corrosión interna y externa.

La tubería de hierro fundido es fabricada por cuatro diferentes procesos:

- a) Fundido en foso de colado vertical en moldes de arena seca.
- b) Fundido en foso horizontalmente en moldes de arena verde.
- c) Fundido centrifugado en moldes revestidos de arena.
- d) Fundido centrifugado en moldes metálicos.

Actualmente alrededor del 75 % de la tubería - fabricada es producida por los procesos: de fundido centrífugado o fundido horizontal. La tubería está disponible con juntas de campana y espiga, -- las cuales se usan ordinariamente para instalaciones bajo tierra de suministro de agua, con juntas bridadas, las cuales se usan para instalaciones sobre tierra y con junta mecánica (tipo macho) para instalaciones bajo tierra para gas, aceite en refinerias, en la manufactura de gas seco y en la in--dustria del proceso para llevar ciertos fluidos, - para los cuales el hierro fundido es resistente a la corrosión, mejor que el acero.

a) Proceso de foso vertical.- Este proceso, -- consiste básicamente en formar un molde por apisonamiento de arena alrededor de un pa--trón, y secado este molde en un horno, in--sertándole un núcleo previamente hecho y -- vertiendo el hierro en el espacio entre el núcleo y el molde.

Después el hierro es enfriado y la barra núcleo es removida, la tubería es sacada del molde, limpiada, sumergida a un baño de ---brea o alquitrán y sujeta a una prueba de -presión interna.

La tubería de hierro fundido no puede ser - suministrada para diámetros nominales meno-

res de 30 pulgs.

- b) Proceso horizontal.- En el método horizontal de fabricación de tubería de hierro fundido, los moldes son colocados en máquinas apisonadoras y son llenados con arena previamente preparada y apisonada mecánicamente. El núcleo es preparado, revistiéndolo de arena. Esta barra es perforada para permitir el escape de vapor y gas. El núcleo debe ser colocado con exactitud en posición correcta en el molde y quedar fijo para evitar cualquier movimiento.

Colocado el molde en su lugar el metal es vertido por medio de un caso de colado o cucharón con reborde múltiple que es diseñado de tal forma que deposite el acero desde el fondo, de esta manera, la introducción de impurezas en el molde es eliminada y el hierro fundido viajará una mínima distancia dentro del molde.

Posteriormente la tubería es enfriada, limpiada, bañada y probada.

- c) Proceso de fundido centrifugado en moldes de arena.- Para fabricar tubería por el proceso centrifugado en moldes revestidos de arena, un molde es hecho por apisonamien

to de arena alrededor de un patrón del tamaño apropiado.

El molde es después colocado horizontalmente en una máquina de fundido centrifugado - donde es girado, introduciendo previamente la cantidad exacta de metal fundido requerido para hacer la tubería.

La velocidad de rotación es superior de la suficiente fuerza centrífuga para distribuir el metal fundido en la pared del molde, la tubería completamente formada se efectúa en algunos segundos y solidifica gradualmente mientras gira, en un tiempo de 2 a 10 -- minutos, y entre los 30 y 60 minutos la tubería es removida de la caja de moldeo. El tiempo de girado y enfriado es determinado por el diámetro y espesor de la tubería.

- d) Proceso de fundido centrifugado en moldes metálicos.- En la fabricación de tubería de hierro fundido centrifugado en moldes metálicos, el metal fundido es vertido en un molde metálico provisto de un enfriador de agua. Este molde esta revestido por un material refractario; que es aplicado para el control del enfriamiento del hierro. Un núcleo de arena es usado para formar el contorno interior de la tubería.

El hierro fundido es alimentado dentro del molde por medio de una vasija que tiene un cuello distribuidor curvo en dirección de la cara interior de la pared del molde, lo grandose una mejor distribución del metal. Después de completar el vertido, el molde es puesto a rotar hasta que la tubería se enfrie abajo de la temperatura crítica, en tonces es removida y puesta en un horno de tratamiento térmico controlado termostáticamente, donde la tubería es recalentada; para después bajarle la temperatura gradualmente. Posteriormente el tubo es sacado del horno, limpiado, bañado y probado hidrostáticamente.

I.4.2 TUBERIA DE MATERIALES NO FERROSOS.

Tubería de algunos materiales no ferrosos son -- producidos por los métodos de fundido centrifugado o fundido estático.

Comercialmente, el material más usado es el níquel y aleaciones de alto contenido de níquel.

TRATAMIENTO TERCIO.

Cuando se habla de tubería de acero soldada existe cierta incertidumbre sobre la calidad de la soldadura porque se considera esta parte como un punto -- vulnerable, cuando se esta conduciendo un fluido bajo ciertas condiciones de presión y temperatura; con el tratamiento térmico de la normalización se ha logrado homogeneizar la zona soldada con el cuerpo del tubo además de revelar de esfuerzos al acero, quedando de tal forma que es difícil encontrar la soldadura en el microscopio.

En múltiples pruebas destructivas de presión hidrostática, se ha observado que la tubería normalizada ha fallado por el cuerpo del tubo y no por la soldadura; demostrando así que el tratamiento térmico -- de normalización constituye una necesidad en la tubería de acero soldada.

- Tipos de Acero.- Puede definirse el acero como una aleación de hierro con el carbono; con o -- sin la adición de otros elementos, que contenga menos del 2 % de carbono que sea fácilmente maleable o forjable así como nuevamente vaciado. La línea divisoria entre aceros y hierros vaciados se la tomado a 2 % de carbono, aunque -- ciertos aceros especiales contienen un exceso de carbono con respecto a esta cantidad. Ade--

más del carbono otros cuatro elementos están - normalmente presentes en los aceros y hierros vaciados; estos son: el manganeso, el silicio, el fósforo y el azufre.

Los aceros pueden ser clasificados ampliamente en dos tipos:

Al Carbono

De Aleación

En los aceros al carbono, las propiedades se las debe principalmente al carbono. Los aceros de aleación son aquellos a los cuales uno o más elementos de aleación son agregados en cantidades suficientes para modificar o adquirir determinadas propiedades.

En materiales no ferrosos, generalmente no requieren tratamientos térmicos, y solo se practican especialmente.

Los tratamientos térmicos tienen por objeto - mejorar las propiedades y características de los aceros, y pueden ser definidos como la -- operación o combinación de operaciones de calentamiento y enfriamiento que nos permitan-- efectuar transformaciones en estado sólido -- que nos lleven a obtener estructuras adecuadas para lograr propiedades deseables.

En general estas transformaciones en estado -

sólido ocurren por un fenómeno de difusión que involucra la nucleación de una nueva fase y el crecimiento de la misma a costa de la anterior, siendo los factores fundamentales el tiempo y la temperatura. La única excepción a esta regla general sería el temple o enfriamiento rápido para obtener una estructura martensítica en cuyo mecanismo de transformación por distorsión, el factor fundamental es la temperatura. Por lo mismo en un tratamiento térmico se somete al acero a un ciclo definido de tiempo y -- temperatura, las cuales pueden ser divididas -- en tres partes:

Calentamiento.

Sostenimiento prolongado a una temperatura -- deseada.

Enfriamiento.

La velocidad de calentamiento no es muy importante a menos que se trate de un acero en condiciones de esfuerzo muy altas, como aquellos que se les ha impartido un severo trabajo en -- frío o un endurecimiento anterior. En cuyo caso la velocidad de calentamiento deberá ser -- lenta por la tendencia del acero en estas condiciones a romperse.

Las propiedades de un acero, dependen fundamentalmente del análisis químico (en especial del

carbono), del tamaño de grano y de la estructura obtenida, estas últimas están controladas -- por la temperatura de calentamiento y de la velocidad de enfriamiento. En lo que respecta al tamaño de grano, el tipo de deoxidación es importante, es decir si el acero se deoxida con silicio el acero será típicamente de "grano grueso" en tanto que si la deoxidación es empleado aluminio, el acero será típicamente de grano fino. El nivel de temperaturas de austenitización controlará también el tamaño de grano aumentando, al aumentar ésta.

I.5.1 DEFINICIONES.

Lo que a continuación se expone no es un estudio muy profundo para exponer con más detalle, todo lo -- concerniente al estudio de los diagramas de fase y sólo se pretende establecer bases para la explicación -- del diagrama Hierro-Carbono y los tratamientos térmicos.

Para poder entender con mayor claridad, se exponen las siguientes definiciones, sobre la metalurgia en general.

La metalurgia como ciencia especializada, está basada en dos ciencias fundamentales: la física y la química, con ayuda de las matemáticas y la fisicoquímica; por lo tanto para su estudio se divide en:

- Metallurgia Física: La que se ocupa del estudio de las propiedades físicas, electromagnéticas, térmicas y mecánicas de los metales.
- Metallurgia Extractiva: Es el estudio de los diferentes procesos de extracción de los metales, los que pueden ser pirometalúrgicos, hidrometalúrgicos y electrometalúrgicos.
- Metallurgia Adaptativa: Se ocupa del estudio de los diferentes procesos de elaboración de productos (fundición, laminación, forja etc.)
- Metallografía: Dentro de la metallurgia física, se encuentra un campo de estudio de primerísima importancia, que es la metallografía, la cual se encarga del estudio de las estructuras de los metales y se divide en:
 - + Metallografía Cristalográfica.- La cual se define como el estudio de la cristalización de los metales.
 - + Metallografía Microscópica.- Es el estudio microscópico de la estructura cristalina de los metales.
 - + Metallografía Física.- Es el estudio de las propiedades físicas de los metales, en relación con sus estructuras.
 - + Análisis Térmico.- Es el estudio de los metales, mientras sufren calentamiento o enfriamiento.

miento y lo dividimos en:

Estudio de los diagramas de fase.

Practica del análisis térmico (pirometría y -
dilatometría).

Los diagramas de fase de las aleaciones pueden ser de:

Aleaciones binarias.

Aleaciones ternarias, etc.

Para el estudio de las aleaciones, es necesario clasificarlas tomando en cuenta si forman:

1.- Mezclas.- Son estados de agregación de --
las partes homogéneas de un sistema heterogéneo y pueden ser:

sólido - sólido

sólido - líquido

sólido - gas

líquido - líquido

líquido - gas.

2.- Combinación.- Es una substancia pura constituida por diferentes átomos.

3.- Solución.- Es la mezcla homogénea de dos o más componentes en proporciones definidas y que pueden separarse por medios adecuados.

De acuerdo con lo anterior se puede establecer que una aleación puede ser una mezcla, una solu

ción o una combinación, y por lo tanto, los --
metales pueden ser: solubles, parcialmente --
solubles e insolubles.

I.5.2 DIAGRAMA DE FASE HIERRO - CARBONO.

El diagrama de fase representa la relación entre temperaturas, composiciones y estructuras de todas - las fases que pueden ser formadas por el hierro y el carbono bajo condiciones de equilibrio (enfriamiento muy lento).

Los aceros que se emplean en la industria son -- aleaciones, las cuales se componen esencialmente de fierro y carbono; siendo el primer elemento que en-- tra en mayor proporción y el carbono el que ejerce - la influencia decisiva en las propiedades y caracte-- rísticas.

Los diversos estados por los que pasa una alea-- ción de hierro-carbono se representan en su diagrama respectivo. (Fig. I.11 A y B).

Este diagrama esta construido representando las temperaturas en el eje de las ordenadas, en grados - centígrados y los porcentajes de carbono y fierro, - en el eje de las absisas.

Zonas del Diagrama:

Se presenta una zona de reacción peritética, to-- talmente soluble al estado líquido, parcialmente so-

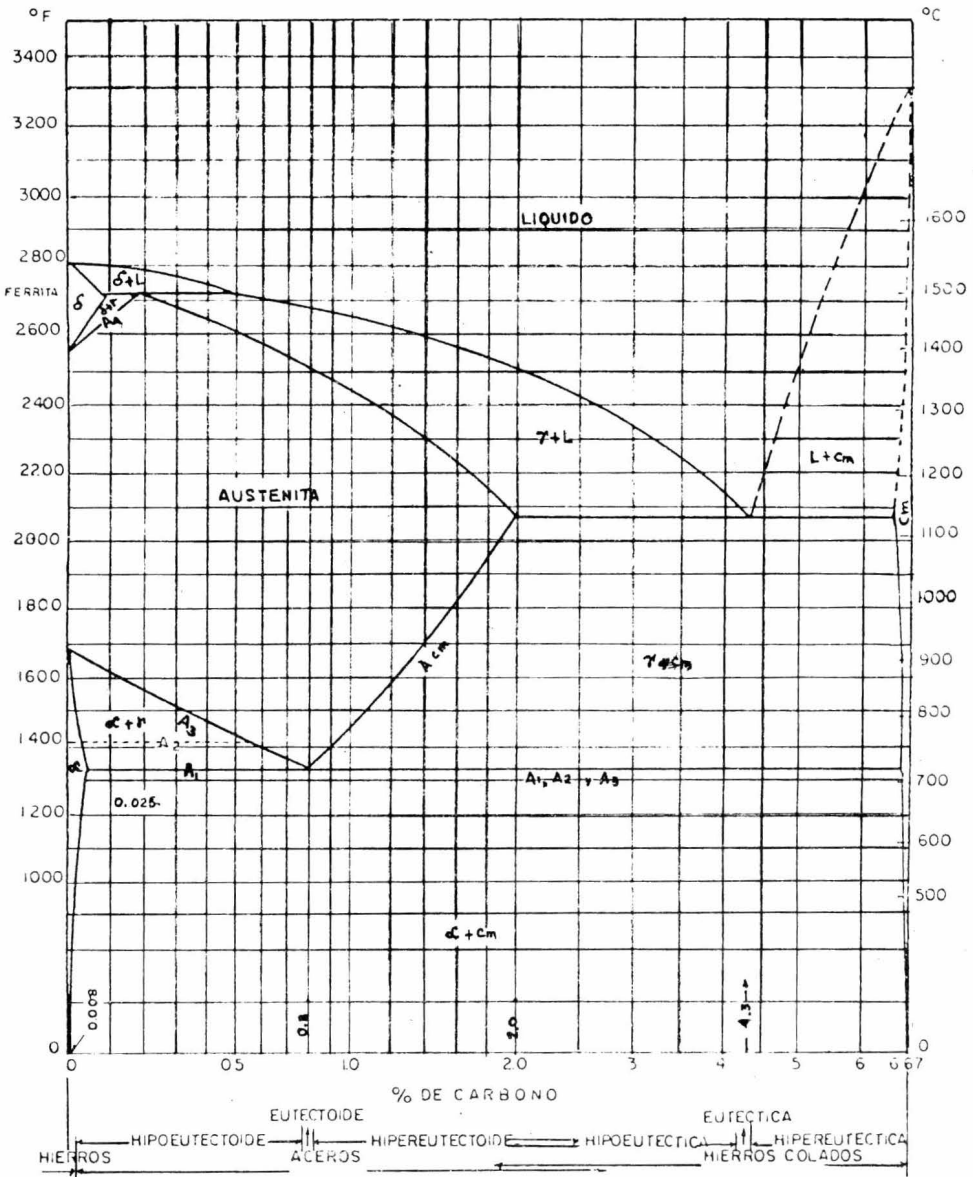


FIG. I.11A.- DIAGRAMA DE EQUILIBRIO HIERRO-CARBONO.

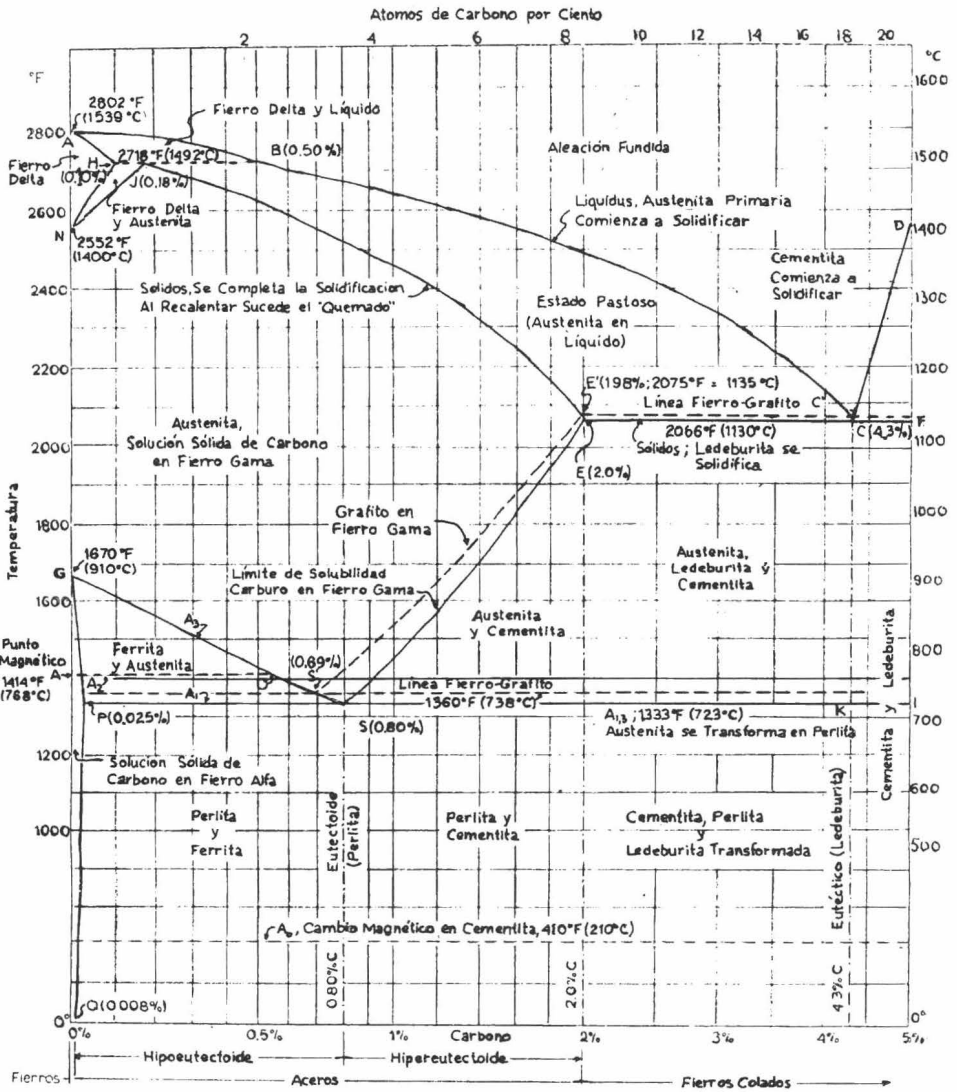


FIG. I.11B.- DIAGRAMA DE EQUILIBRIO HIERRO-CARBONO.

luble al estado sólido, delimitada por B A H N J.

La línea A B C D, se llama línea liquidus, arriba de la cual todas las aleaciones están unidas y a partir de ella empieza la solidificación, por lo tanto - las aleaciones se encuentran parcialmente sólidas.

La línea N J E C es la línea de sólidos, que es - la línea final de solidificación y abajo de la cual, - todas las aleaciones se encuentran en estado sólido.

En el diagrama se observan diferentes puntos críticos, en los cuales se presentan diversas transformaciones; estas temperaturas, tienen una variación ya - que según los diferentes autores, se tiene por ejemplo, para la línea E C F y P S K que van desde ---- 1,130 a 1152°C y desde 720 a 725°C respectivamente -- sin embargo, trataremos de establecer que estos puntos críticos son los siguientes:

- A₀ - 210°C Cambio magnético de la cementita.
- A₁ - 725°C Transformación eutectoide.
- A₂ - 770°C Cambio magnético de la ferrita.
- A₃ - 775°C-910°C Al enfriar es el comienzo de la -- precipitación de la ferrita a partir de la austenita; al calentar - es el final de la disolución de la ferrita, en la austenita.
- A₄ - 1400°C En el hierro puro, es la transformación de hierro gama en hierro - delta al calentar y viceversa al -

enfriar.

Cabe aclarar que estos puntos críticos, se les de nomina con un índice c. o r., según se caliente o se enfríe, pues éstos no coinciden en ambos períodos, lo que se conoce como histéresis térmica.

En el diagrama Hierro-Carbono, también podemos di vidirlos en las siguientes regiones, de acuerdo con - su contenido de carbono.

<u>%</u>	<u>REGION.</u>
0.00	Ferrita
0.00-0.80	Aceros - Hipoeutectoides.
0.80	Aceros Eutectoides
0.80-1.7	Aceros Hipereutectoides
1.7-4.3	Hierros colados Hipoeutéticos
4.3	Eutético
4.3-6.67	Hierros Hipereutéticos
6.67	Cementita.

I.5.3 TIPOS DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS DEL ACERO.

Todos los tratamientos térmicos del acero se pueden definir mencionando las variables: temperatura y tiempo, en relación con las operaciones de calenta--- miento y enfriamiento. La figura I.12 es un extracto del diagrama Hierro-Carbono, e indica los límites entre los cuales es necesario elevar la temperatura para algunos tratamientos térmicos en aceros de bajo --

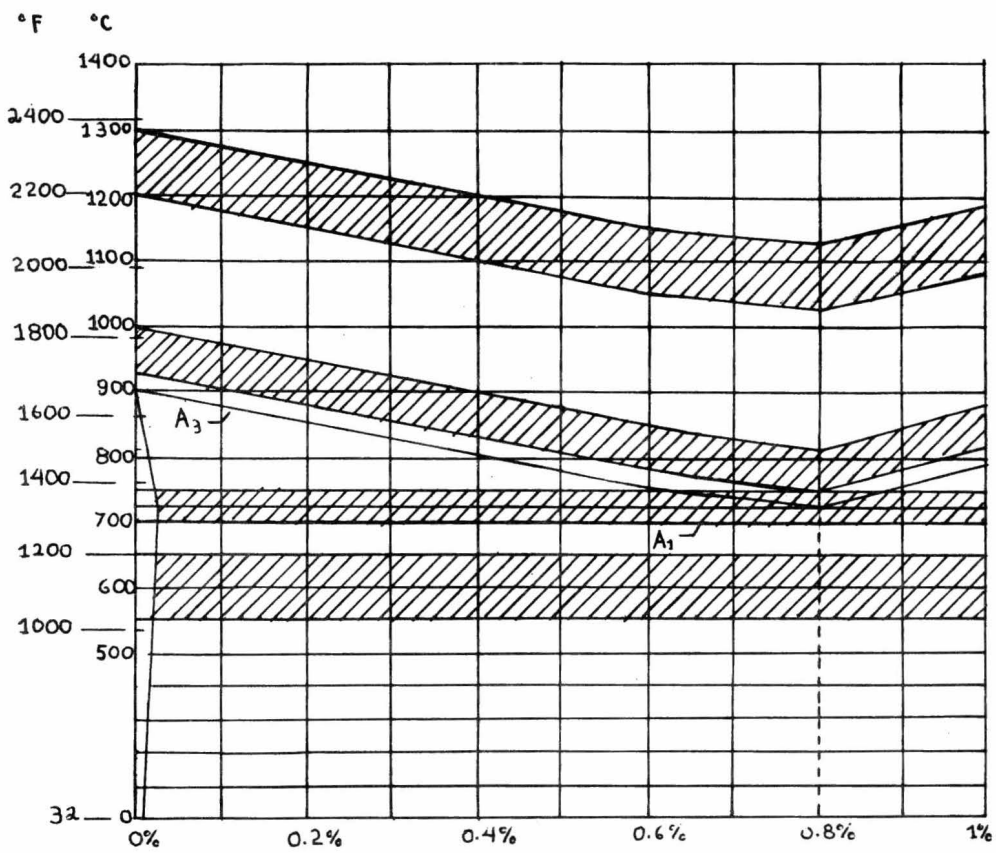


FIG. I.12.- ESTRATO DEL DIAPRAGMA HIERRO-CARBONO.

carbono. Lo común en las operaciones mencionadas en la figura I.12, es que en todas se aplica enfriamiento lento en comparación a los tratamientos térmicos para endurecer un acero (templado). También se puede decir que, generalmente, los tratamientos térmicos de relevo de esfuerzos, esferoidización, recocido total, recocido a difusión y normalización, dan como resultado un acero más suave que antes del proceso. Para dejar claro las operaciones de los diferentes tratamientos térmicos se definen en forma precisa a continuación:

A. Relevo de Esfuerzos.--

Es un tratamiento aplicado a aceros en condiciones de esfuerzos residuales resultantes de un trabajo mecánico previo de maquinado o deformación, o también de calentamientos diferenciales sufridos como parte de un proceso específico (soldadura).

El tratamiento es a bajas temperaturas hasta un máximo de 650°C y no involucra ningún cambio de estructura interna por transformación de fase por no sobrepasar la temperatura crítica inferior A_1 (Fig. I.12)

B. Esferoidización.-

La esferoidización es un proceso por medio del cual el acero se calienta y se enfría para producir una forma esferoidal o globular de carburo en una matriz de ferrita. El calentamiento se lleva a cabo -

hasta una temperatura entre 700° y 750°C por un tiempo prolongado (dependiendo de la sección); luego se reduce la temperatura hasta un poco bajo de la línea A_1 y a continuación se enfría lentamente (aproximadamente 10°C por hora), hasta más o menos 500°C , para terminar, si se desea, con enfriamiento al aire. Este tratamiento térmico se aplica principalmente en aceros con más de 0.4 % de carbono, pero también en la fabricación de láminas y alambres con un contenido menor de carbono. El resultado que se obtiene es mayor maquinabilidad.

C. Recocido Total.-

El recocido completo es un proceso para reblandecer y homogenizar el material. En este tratamiento el acero se calienta a una temperatura por lo menos de 15°C arriba del rango crítico de transformación A_3 enfriándose lentamente a una temperatura por debajo del rango de transformación A_1 . El enfriamiento se realiza normalmente dentro del horno apagado y cerrado; aunque muchas veces por razones de productividad puede llevarse a cabo en un medio de cal, ceniza o mica. El resultado es una estructura ferrítica -- con perlita gruesa, homogénea en composición y tamaño de grano.

D. Recocido de Proceso.-

Es un tratamiento para relevar esfuerzos o recris

talizar la estructura interna, normalmente se aplica a materiales laminados en frío con el fin de transformar el grano deformado a un grano equiaxial y simétrico. El material se calienta a una temperatura por encima de la temperatura de recristalización y por debajo de la temperatura crítica inferior A_1 . Dependiendo de las propiedades deseadas se selecciona el nivel de temperatura dentro de este rango antes mencionado.

E. Normalización.-

La normalización de los aceros de bajo contenido de carbono consiste inicialmente en un cambio de fases por calentamiento, pasando de ferrita-perlita a austenita. Durante esta operación, se pone en solución, en la austenita todo el carbono que se encuentra combinado como carburo de fierro.

Después de la redisolución total del carbono, el material es enfriado al aire quieto, produciendo por el enfriamiento relativamente rápido, una estructura muy pequeña y uniforme de ferrita-perla fina. Esta estructura final proporciona una uniformidad en propiedades, tanto transversal como longitudinalmente.

- Influencia de la Temperatura.- La temperatura tiene una influencia muy importante. Si se trabaja a una temperatura abajo de la línea A_3 , existe el peligro de no transformar totalmente

a la fase austenítica, ya que se entraría a la zona ferrítica austenítica (ver Fig.I.12) y -- por lo tanto no se obtendría la uniformidad -- que se busca.

Si por el contrario, se calienta arriba de la zona prefijada, los constituyentes son los mismos al final del tratamiento, ferrita-perlita, solo que las partículas son de mayor tamaño, - evidentemente, debido a la formación de granos austeníticos más grandes. Esto influye desfavorablemente en las características mecánicas del producto final.

- Influencia del Tiempo.- Teóricamente el calentamiento puede ser tan rápido como sea posible. En la práctica la rapidez del calentamiento es tá limitada por la capacidad para calentar. Es necesario tomar precauciones en el calentamiento cuando la pieza es de espesor muy variable o cuando contiene alta concentración de esfuersos internos, como sucede en los aceros deformados en frío; o en aceros frágiles en los cuales deberá calentarse lentamente.

El tiempo durante el cual permanece el acero - dentro de los límites de temperatura para normalizar, debe ser suficientemente largo para - transformar todo el contenido de fierro y car-

bono (ferrita) a la fase austenítica. Este tiempo depende, primordialmente del espesor del material y del análisis químico. La variable más importante en la normalización, aparte de la temperatura, es la velocidad del enfriamiento. Para la determinación del tiempo necesario, nos vemos obligados a tomar en cuenta las curvas TTT (tiempo, temperatura y transformación). La Fig. I.13 muestra las curvas TTT isotérmicas o curvas I - T, (Eutectoide).

Para un acero de aproximadamente 0.85 % de carbono y 0.40 % de manganeso, el acero calentado en forma austenítica, enfriado hasta 705°C. y mantenido a esta temperatura, permanece en el estado austenítico durante un tiempo de 2.5 minutos; posteriormente, empieza a formarse perlita gruesa, la transformación termina a los 30 minutos (línea A-B en la Fig. I.13)

La línea C-D indica que un acero calentado al estado austenítico; enfriado hasta 540°C y manteniendo a esta temperatura, empieza a formar perlita fina en menos de un segundo; la transformación de austenita a perlita fina se completa en 7 segundos. Esta zona en que ocurre la transformación antes dicha en un tiempo extremadamente corto, se llama la "nariz" de las cur--

Curvas I-T De Un Acero Eutectoide

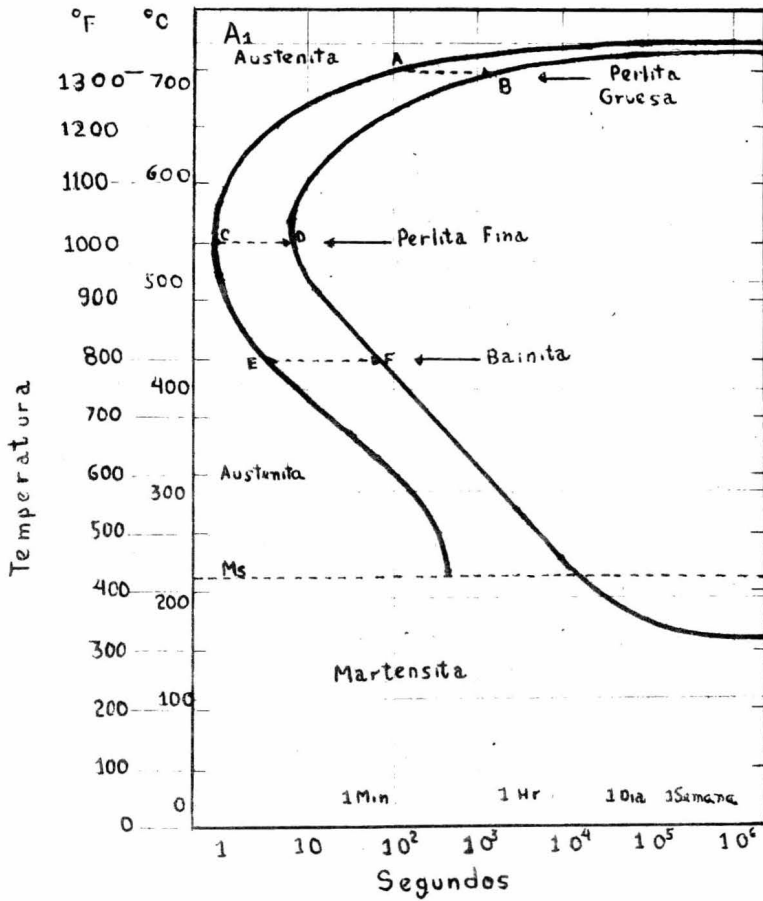


FIG. I.13



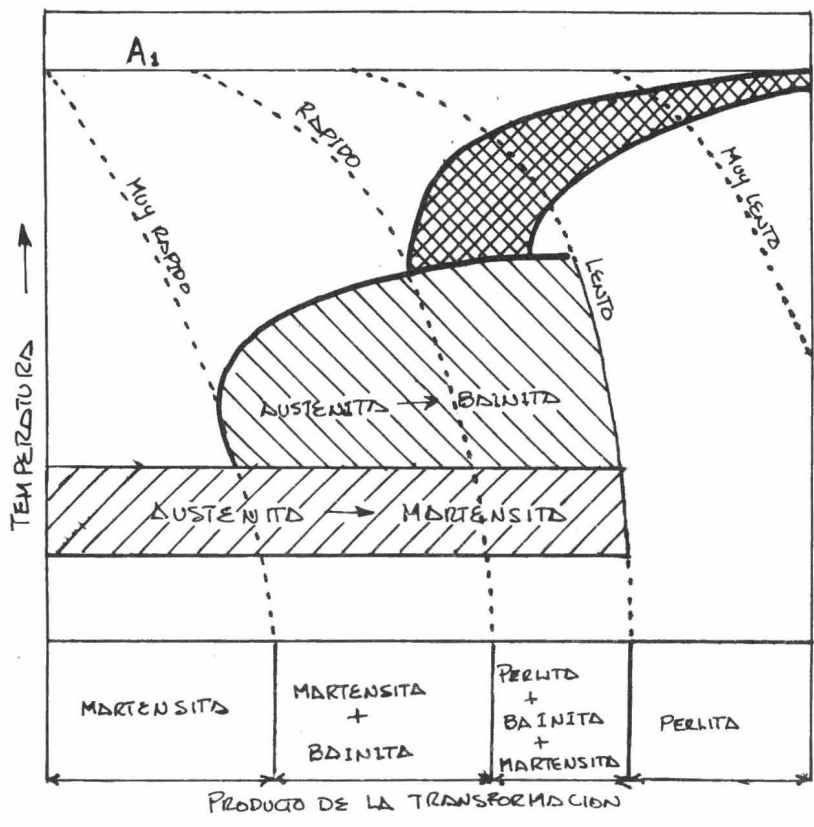


FIG. I.14.- CURVA C - T

vas I-T. Las curvas I-T representan la base para la construcción de las curvas TTT con enfriamiento continuo o curvas C-T. Dichas curvas -- C-T son de mayor importancia en la práctica de la normalización, en las curvas I-T se debe mostrar la temperatura mediante una línea horizontal; en las curvas C-T, con una línea que sale del lado izquierdo superior y termina hacia la derecha inferior (fig. I.14). En términos muy generales, se puede decir la "nariz" (línea C-D en la fig. I.13) tiende a bajar, y al mismo tiempo a desplazarse hacia la derecha, cuando se pasa de un enfriamiento isotérmico a un enfriamiento continuo, por lo que el diagrama C-T estará corrido hacia abajo y a la derecha respecto al diagrama I-T.

La normalización se diferencia del recocido y del temple en el enfriamiento; en el recocido se hace lentamente dentro del mismo horno, en los temples se hace rápidamente en agua o aceite y el normalizado se efectúa al aire.

I.5.4 MEDIOS DE CALENTAMIENTO.

El calentamiento para los tratamientos térmicos de tuberías; se puede efectuar por los siguientes medios:

A. Calentamiento en Horno.-

Este tratamiento esta limitado para la fabrica--
ción en taller; grandes hornos, para este propósito
están disponibles en las plantas productoras de tube
rías.

Este método esta considerado generalmente como -
el método más satisfactorio para efectuar los trata-
mientos para tubería con costura.

Las tres etapas del tratamiento son mantenidas -
uniformemente por medio de controles automáticos del
horno.

El calentamiento en dichos hornos es hecho normal
mente por gas natural o aceite de bajo contenido de
vanadio o azufre o ambos.

B. Calentamiento por Inducción.-

Este método es usado ampliamente para tratar tu-
bería soldada de acero ferrítico en el lugar de cons-
trucción, y de espesores gruesos, de 3/4 - 4 pulga--
das y diámetros de 6 pulgadas y mayores.

Esta preferencia es debida a que el calor es ge-
nerado propiamente dentro de la pared de la tubería,
a diferencia de los métodos de resistencia eléctrica
y por soplete en que el calentamiento comienza a par-
tir de una de las caras de la tubería, sin lograrse
un calentamiento uniforme en espesores gruesos.

Se trabaja con frecuencias relativamente bajas, - de 25, 60, 400 ciclos, sin embargo el equipo más usado es el de 60 ciclos.

Para espesores superiores a 1 1/2 pulg. se consigue un calentamiento más uniforme y rápido con equipos de 60 o 25 ciclos, y la diferencia con equipos de 400 ciclos es insignificante.

El campo eléctrico es obtenido por enrollamiento de conductores de cobre con aislante alrededor de la tubería que se calienta.

C. Calentamiento por Soplete.-

Se efectúa por sopletes individuales o quemadores en forma de anillos.

Este calentamiento está limitado para diámetros chicos (abajo de 3 pulgadas) y espesores de pared delgados.

Se emplean varias mezclas de gases como propano, oxipropano, oxietileno, butano.

Los precalentamientos son hechos con sopletes individuales (temperaturas de 400 - 600°F).

Para postcalentamientos recocidos y en juntas -- circunferenciales con temperaturas hasta de 1000°F o más, se emplean quemadores circulares.

D. Calentamiento por Resistencia.-

Es efectuado normalmente por enrollar en la tube

ría longitudes apropiadas de alambre de nicromio -- (aleación) y pasando suficiente corriente a través de la línea hasta desarrollar la temperatura necesaria. La corriente usada es corriente directa suministrada por una fuente de corriente especial o de máquinas estandar para soldar, controladas con termocoples o controles magnéticos.

Este método esta limitado para espesores de pared menores de 1 pulgada.

E. Calentamiento Químico (Exotérmico).--

Este método es aplicado para construcción en -- campo y tuberías de espesor relativamente delgado.

Los materiales exotérmicos, compuestos refractarios y aglutinantes.

Estos son apisonados para formar cilindros y -- son colocados alrededor de la tubería soldada. La ignición se efectúa con un soplete, la reacción es rápida y la temperatura se eleva hasta 1600-1700° f en un tiempo de 5 a 15 minutos.

I.6 LIMPIEZA.

El grado de limpieza y el método usado, dependen del uso a que será aplicada la tubería, y pueden ser mecánicas o químicas:

A. Limpieza Mecánica.--

Esta limpieza se efectúa por medio de soplado -

sobre la tubería con aire, vapor y una limpieza más rigurosa se lleva a cabo por abrasión con municiones, perdigones o arena y con herramientas rotatorias (con juntos de cepillos rotatorios).

B. Limpieza Química.-

Para determinados usos, las tuberías requieren -- limpieza química. Esta se lleva a cabo después del -- tratamiento térmico por medio de inmersión en tanques de lavado químico y en ocasiones utilizando un émbolo.

Para efectuar esta limpieza en sistemas de tuberías armadas, se lleva a cabo bombeando la solución -- por el sistema, seguida de soluciones neutras o ligeramente alcalinas para remover trazas de ácidos.

La "Steel Structures Painting Council (ver Cap. - III) recomienda los siguientes métodos:

- Baño en soluciones calientes o frías de ácidos: sulfúrico, muriático o fosfórico, añadiendo un inhibidor para minimizar el ataque al metal base; lavando posteriormente con agua caliente --- arriba de 140^oF.
- Baño con ácido sulfúrico al 5-10% (peso) conteniendo un inhibidor, a una temperatura mínima de 140^oF. Hasta que sean removidas las impurezas; pasando después a un baño de agua limpia, y una inmersión de 3 a 5 minutos. En una solu

ción de 2 % (peso) de ácido fosfórico conteniendo de 0.3 a 0.5 % de fosfato ferroso, a una temperatura de 180°F.

- Baño con una solución de ácido sulfúrico al 5 % (en volumen) a 170 - 180°F con suficiente inhibidor para minimizar el ataque al metal base, - hasta que sean removidas las impurezas y seguido de un baño de agua caliente a 170 - 180°F. Posteriormente el acero debe ser sumergido por un mínimo de 2 minutos en una solución caliente de inhibidor mantenida a una temperatura superior de 190°F. y con un contenido de 0.75 % de dicromato de sodio y 0.5 % de ácido ortofosfórico.
- Baño electrolítico; por medio de baños ácidos o alcalinos, usados alternativamente o corriente directa.

Cuando se usa corriente, el trabajo es hecho -- por el cátodo, el aquebradizado del hidrógeno -- puede ser prevenido o minimizado con un adecuado tratamiento.

Cuando se usa baño alcalino, el baño químico -- electrolítico puede ser seguido por un baño de -- agua caliente y luego una inmersión en una solución diluida de ácido fosfórico, ácido crómico o solución de dicromato hasta que no queden tra

zas de alcalinidad en la superficie.

- Baño con hidruros desincrustantes, sales ácidas, sales fundidas, o tratamientos químicos no mencionados en los puntos anteriores que cumplan con los requerimientos sin afectar la estructura del metal.

Durante las limpiezas químicas, es necesario tener presentes las siguientes observaciones:

- + El fierro disuelto en el ácido sulfúrico no debe exceder el 6 % o el 10 % en el ácido muriático o clorhídrico.
- + Sólo deberá usarse agua fresca o condensado en los baños y en las soluciones la concentración de sales ácidas no deben exceder de 2g/lit.

La limpieza química no deben ser muy severas, para evitar que ocasionen alteraciones en el material.

I.7

INSPECCION DE TUBERIA.

El propósito principal de la inspección estandar, es la detección de condiciones defectivas, las cuales mediaran la vida útil de la tubería.

El control de calidad y la inspección son aplicados en las diferentes etapas, abarcando desde la manufactura de la tubería hasta la erección del sistema de tubería.

El éxito y utilidad de todo método de inspección o prueba depende principalmente del uso apropiado del equipo respectivo, la correcta aplicación de las técnicas, y del juicio recto en la interpretación de los resultados.

Una tubería perfecta, comercialmente no esta disponible, el rango de defectos parte desde dislocaciones del átomo lo cual no puede ser observado con los microscopios de alto poder, hasta discontinuidades en el metal, visibles a simple vista .

Muchos defectos aparentes, facilmente visibles, -- pueden no afectar la vida útil de una tubería, varios códigos establecen que algunos defectos no son dañi--nos, dependiendo de su naturaleza, su magnitud y la - aplicación de la tubería.

Los métodos de inspección de tubería, se pueden -

clasificar en dos grandes grupos:

- No Destructivos.
- Destructivos.

I.7.1 CONTROL NO DESTRUCTIVO.

Como su nombre lo indica el control no destructivo incluye todos los posibles métodos de detección de defectos o medidas de las propiedades y capacidades de trabajo de los materiales o piezas elaboradas sin llegar a producir en estos últimos, daños que afecten su funcionamiento.

Una de las ventajas del control no destructivo, es que puede ser aplicado a todas las piezas fabricadas, no siendo necesario recurrir a los métodos estadísticos que pueden dar resultados poco satisfactorios por varias causas entre las cuales citaremos:

- 1.- Que la muestra no sea representativa del grupo.
- 2.- Que se disponga de un número inadecuado de probetas.
- 3.- Que por accidente se llegen a mezclar lotes producidos bajo diferentes condiciones.

I.7.2 MÉTODOS DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVOS.

De acuerdo con el principio en que se basa cada método podemos clasificarlos como sigue:

- A. Radiación
- B. Ultrasonidos
- C. Partículas Magnéticas,
- D. Líquidos Penetrantes
- E. Electromagnéticos:
 - a) Corrientes de Eddy
 - b) Fuga de Flujo Magnético.
- F. Prueba Hidrostática.

A. Radiación.-

Este método se emplea para detectar defectos en la raíz de la soldadura, discontinuidades internas en el metal base, y por lo general se emplean en la medición de espesores.

La inspección comercial se efectúa con rayos X -- radiaciones Gamma o con isótopos radioactivos tales como iridio 192 ó cobalto 60, y en algunas ocasiones el isótopo de cesio 137, existen dos grupos:

- a) Película.- La pieza a inspeccionarse es colocada entre la fuente de emisión de rayos X y una película fotográfica. La exposición de la película a la radiación la oscurecerá de acuerdo con el espesor de la pieza probada. Dependiendo del defecto, inclusiones, huecos, contracciones, será absorbida menos radiación por la pieza probada y por lo tanto aumenta la radiación

sobre la película.

b) Pantalla Fluoroscópica.- La pieza es colocada entre una fuente de rayos X y una pantalla fluorescente. Las diferencias en el espesor se observan directamente en la pantalla o bien en un sistema de televisión que puede ser -- adaptado.

B. Ultrasonidos.-

Este método es utilizado en tuberías para detectar defectos en la superficie y subsuperficie y para medir espesor de pared de tubería.

El método esta basado en hacer incidir haces de energía acústica sobre la pieza.

La energía es dirigida por un transductor dentro del material probado, y se debe evitar la pérdida de dicha energía al máximo.

Estos haces al llegar a la superficie posterior de la misma son reflejados hacia la fuente de emisión o bien a otra fuente receptora.

El haz reflejado por el material inspeccionado genera señales eléctricas; estas son amplificadas -- por el tubo de rayos catódicos como reflexiones verticales de la línea base horizontal, dicha línea de referencia denotará el tiempo, en microsegundos, en que viaja y es reflejado el haz. Este tiempo es ---

transformado en distancia desde un punto de referen--
cia que represente el punto de contacto del transduc--
tor con la superficie del material.

El haz acústico es producido por un transductor,-
el cual es mantenido en contacto con la superficie --
del material, contiene un cristal de cuarzo, titanato
de bario, sulfato de litio u otro cristal que tenga -
propiedades piezoeléctricas. Un cambio en el poten--
cial eléctrico causará cambios alternados en las di--
mensiones del cristal, y estos cambios varían con la
frecuencia de la fuerza electromotiva aplicada, reci--
procamente la aplicación de presión en la superficie
del cristal genera un pequeño voltaje de la misma fre--
cuencia con que es aplicada la vibración, por lo que
las vibraciones recibidas del material generarán on--
das eléctricas en el cristal, dichos ciclos de trans--
misión y recepción varían entre 60 y 1000 veces por -
segundo.

La inspección ultrasónica comercial consta de ---
tres métodos, los cuales son: Ondas longitudinales o
rectas, Ondas angulares o transversales y ondas de Ra--
leigh o superficiales.

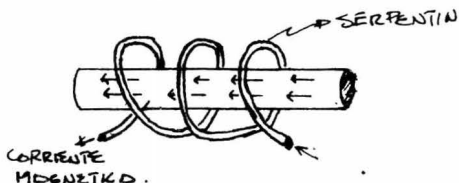
C. Partículas Magnéticas.-

Este es un método efectivo para detectar; grietas,
costuras, fallas de fusión o penetración, porosidad -
en materiales ferromagnéticos. Este método no es ---

aplicable a materiales no magnéticos.

Consta de tres operaciones:

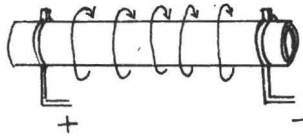
- a) Establecimiento de un campo magnético adecuado.
 - b) Aplicación de partículas magnéticas en la superficie de la pieza inspeccionada.
 - c) Inspección de las partes donde se ha acumulado el polvo magnético para determinar la gravedad del defecto.
- a) En este método es de suma importancia la dirección del campo magnético tratándose de tubería, si se desea detectar defectos transversales necesitamos un campo magnético longitudinal que se logra mediante una bobina circular como se indica en el dibujo.



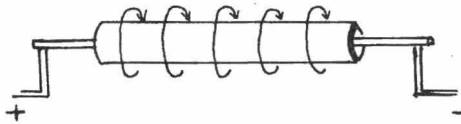
Si se desea detectar defectos longitudinales, necesitamos un campo magnético transversal que puede ser residual o activo.

El campo residual se logra aplicando en los extremos del tubo los bornes positivo y negativo, y haciendo pasar la corriente directa a través del tubo, como se indica en el dibujo, y luego se retiran los bornes, se aplica el polvo magné

tico y se procede a la inspección.



El campo magnético activo se logra introduciendo en el tubo un conductor y haciendo pasar la corriente a través del mismo mientras se hace la inspección, como se indica en el dibujo que sigue.



- b) La superficie que se examinará es cubierta con partículas de hierro finamente divididas, secas o suspendidas en algún aceite ligero.
- c) Una rotura o defecto en la área, causará una discontinuidad en las líneas de flujo magnético. Las partículas de hierro recolectadas en la falla, delinearon el defecto.

Para detección de fracturas extremadamente delgadas, la aplicación de partículas magnéticas fluorescentes sobre un medio líquido (normalmente agua), es también usado.

El método de partículas magnéticas presenta el inconveniente de ser muy lento y además queda limitado

solamente al exterior del tubo.

D. Líquidos Penetrantes.-

Este método es aplicable para la detección de discontinuidades finas y angostas, tales como: fallas, -- fracturas, costuras, traslapes, porosidad, y las cua-- les esten abiertas a la superficie.

Es aplicable para metales magnéticos y no magnéti-- cos, también pueden ser usados en materiales de tube-- ría no metálica y se puede emplear en material base y en soldaduras.

En algunos tipos de tubería se requiere la inspec-- ción en cada paso de soldadura y este método resulta - en ocasiones el adecuado.

La superficie del metal no debe estar a alta tempe-- ratura, en la mayoría de líquidos penetrantes, la ins-- pección debe ser hecha con superficies entre 32 y 125⁰ los mejores resultados se obtienen entre 70⁰ y 90⁰ F.

Todos los líquidos penetrantes, son de alta pene-- tración los cuales por atracción capilar entran a pe-- queñas discontinuidades. La cantidad y capacidad va-- ría según la tensión superficial, cohesión, adhesión, - viscosidad, tiempo, condiciones de la superficie del - metal, dimensiones de la discontinuidad.

Así pues, el líquido penetrante aplicado sobre la superficie, se deja permanecer en ésta durante un cier-- to tiempo, penetrando en cualquier defecto. Después -

del período de penetración se elimina el exceso de líquido penetrante y se aplica el polvo revelador. Este actúa a manera de secante y absorbe parte del líquido penetrante que se había insertado en el defecto, esta parte absorbida se difunde en la capa del revelador, el cual por ser coloreado, pone en evidencia el defecto.

Existe una variante, en la cual se aplica un líquido penetrante fluorescente, el cual después de ser removido el exceso y aplicado el revelador, la superficie es iluminada por una luz negra o cercano ultravioleta, delineándose las discontinuidades.

E. Electromagnéticos.-

a) Corriente Eddy.- El tubo se hace pasar a través de una bobina primaria circular por la cual pasa un flujo de corriente alterna. El campo magnético producido por la corriente alterna induce corrientes de Eddy en la superficie del tubo. Además de la bobina primaria, existen una o más bobinas secundarias colocadas en serie y perfectamente balanceadas. La presencia de un defecto determina una variación en las corrientes -- Eddy, esto produce un signo eléctrico en el cual es indicado por un registrador, osciloscopio u otro instrumento de medición.

El uso de enrollamientos en el tubo para provocar el campo se usa sólo para tuberías de pared delgada.

b) Fuga de Flujo Magnético.- A este tipo de prueba, corresponde el sistema Amalog-Sonoscope -- utilizado comercialmente.

El sistema Sonoscope se usa para la detección de defectos transversales y el Amalog para defectos longitudinales.

- Sonoscope.- Cuando el tubo entra al sonoscope - queda sometido a la acción de un campo magnético paralelo al eje longitudinal del tubo. Este campo magnético se logra mediante dos bobinas - de corriente directa que contiene el tubo a medida que éste viaja a través del sonoscope. Una vez que el tubo entra, un sistema de fotoceldas acciona el mecanismo que soporta las zapatas de detección haciendo que estas queden en contacto con la superficie exterior del tubo la cual es inspeccionada en su totalidad. El campo magnético que recorre la pared del tubo es descontinuado por la presencia de un defecto y esta variación del campo magnético induce una fuerza electromotriz en las bobinas que forman las zapatas dando lugar así a una señal que es enviada a la consola electrónica en la cual se ha prefijado el nivel de sensibilidad adecuado.

Las señales provenientes de los diferentes canales o bobinas que constituyen las zapatas son - enviadas a un discriminador analógico el cual -

determina si las señales provienen de un defecto interior o exterior. Un circuito selecciona las señales predominantes para cada superficie y las transmite al sistema lógico.

Estas señales son digitizadas y analizadas para determinar la gravedad del defecto. Una vez efectuado lo anterior, se envía la información a una memoria que hace actuar al sistema de marcado con pintura mediante lo cual se sabe la posición exacta del defecto.

- Amalog.- Una vez que el tubo sale del sonoscope, entra a la unidad analog la cual localiza los defectos longitudinales. Este equipo puede ser de zapatas fijas o de cabeza flotante.

+ Amalog de zapatas fijas: En este tipo el tubo es colocado en un sistema de lunetas y se hace pasar a través del mismo una barra de cobre recubierta de acero. Esta barra conduce un flujo de corriente directa que determina un campo magnético perpendicular al eje longitudinal del tubo.

Una vez que el tubo ha sido depositado en las lunetas y se ha posicionado la barra, se hace girar y al mismo tiempo avanzar con lo cual las zapatas detectoras colocadas entre las lunetas recorren toda la superficie del tubo efectuando la inspección en la forma descrita en el sonoscope, o sea, la presencia de un de

fecto produce una variación del campo magnético lo cual induce una fuerza electromotriz en las bobinas de las zapatas, estas señales, una vez-amplificada, son enviadas a una serie de galva-nómetros que registran en una gráfica los defec-tos existentes.

Mediante un sistema de marcado con pintura se -indica en el tubo la zona del defecto y poste-riormente un inspector determinará si es repara-ble de acuerdo con la norma de inspección.

+ Amalog de Cabeza Rodante: Este equipo en térmi-nos generales, consta de dos zapatas que estan en contacto con la superficie exterior del tubo y giran alrededor del mismo inspeccionándolo en toda su superficie a medida que el tubo viaja - en la vía de rolos. Las zapatas están colocadas entre dos magnétos que determinan un campo mag-nético activo perpendicular al eje longitudinal del tubo.

Cuando el tubo entra en la unidad un sistema de fotocelda hace que las zapatas entren en contac-to con la superficie exterior del mismo, detec-tando las señales originadas por la presencia - de defectos, estas señales son clasificadas, con-vertidas a frecuencia modulada y enviadas a la consola electrónica, en la cual el circuito ló-gico determina la gravedad del defecto enviando

la orden para accionar el color de pintura correspondiente.

F. Prueba Hidrostática.-

Esta prueba es universalmente usada. A muy altas presiones, la prueba es una de las más sencibles.

Esta prueba es efectuada tanto en secciones de tubería como en un sistema instalado. Para el probado de secciones, se procede a tapar los extremos con capuchas o tapas, soldadas o roscadas, provistas con medidores de presión.

Se usa agua limpia, la temperatura del agua no debe ser menor que la atmosférica, en medios con temperaturas bajas, anticongelantes o hidrocarburos pueden ser adicionados para evitar el congelamiento del agua.

En el caso de prueba de sistemas de tubería, se debe purgar las líneas para evitar bolsas de aire en éstas.

La presión aplicada deberá ser como mínimo 1.5 veces la presión máxima de diseño para la cual ha sido calculada.

I.7.3 METODOS DE INSPECCION DESTRUCTIVOS.

En estos métodos, la tubería o material probado es destruido total o parcialmente, permiten evaluar con detalle los defectos dudosos observados por inspección radiográfica o ultrasónica.

El remover o la destrucción de muestras de acero para el ensayo permite una más exacta evaluación para determinar si las no-homogeneidades son realmente defectos y una reparación de la soldadura es necesaria o si el área discutida puede ser considerada --- aceptada.

La trepanación es generalmente hecha por remoción de un tapón cilíndrico por medio de una sierra perforadora potente, esta técnica tiene la ventaja - que el tapón contiene una sección de la superficie - interior de la soldadura, la cual permite revisiones por penetración y rotura.

Las secciones pueden ser cortadas en forma diferente para mejorar la observación.

Dentro de las pruebas destructivas se encuentran las pruebas de doblado, aplastamiento, alargamiento (se expresa como % de una muestra, el alargamiento - establecido por las normas, varía según el espesor - de la probeta).

I.7.4 SELECCION DEL METODO.

La elección del método de prueba e inspección, - se debe seleccionar tomando en cuenta la siguiente - clasificación:

A. Defectos, Discontinuidades e Imperfecciones.

a) Superficiales.-

- Roturas o goteras

- Bolsas de contracción

- Inclusiones
- Porosidad
- Laminaciones o defectos de fundición
- Costuras, Traslapes, Pliegues, Costras, Ampollas.
- Hoyos
- Ranuras o muescas
- Cortaduras
- (&) - Penetración incompleta de soldadura
- (&) - Fusión incompleta
- (&) - Penetración excesiva de soldadura
- (&) - Depresiones, concavidades
 - Alta o baja calidad de ensamble

Nota: En (&) pueden ser visibles en caras exterior o interior, accesibles a examen visual o con instrumentos especiales.

b) Subsuperficiales.-

- Roturas
- Bolsas de contracción
- inclusiones de arena
- Porosidad, huecos o bolsas de gas
- Laminaciones
- Penetración incompleta de soldadura
- Fusión incompleta de soldadura

B. Variación de estructura.-

- Dureza y diferencia de dureza, resistencia a la tensión ductibilidad.

- Estructura sensible (metalúrgicamente) o propiedades de sencibilidad a deformarse.
- Microestructuras variables inducidas en la fabricación.

C. Propiedades Químicas.-

- Composición química (diferencias en el contenido de carbono u otros elementos)
- Dos o más componentes(diferencias entre materiales adyacentes, como tubería y soldadura, de la misma composición)
- Materiales diferentes(diferencias entre materiales, como acero al carbón e inoxidable).

D. Dimensiones.-

- Espesor
- Conexiones de derivaciones
- Materiales diferentes(como acero al carbón e inoxidable).

Por medio de datos obtenidos en el Banco de México, Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero, Cámara Nacional de la Industria de la -- Transformación y la Secretaría de Industria y Comercio, se obtuvieron los datos de producción Nacional y el tonelaje importado, entre los años de 1969 y - 1974.

Con los datos obtenidos se elaboraron dos -- gráficas comparativas; una para tubería sin costura y la otra para tubería con costura, donde podemos - notar los volúmenes producidos en comparación del - volumen importado, para los dos tipos de tubería.

La tubería en su mayoría es importado de Esta-- dos Unidos, Alemania Federal, Francia, Italia, Ja-- pón, Reino Unido, Suecia.

A. TUBERIA CON COSTURA (ACERO AL CARBON)

- Producción Nacional: (En Ton. métricas)

+ Mayores de 115 mm. de diámetro.

Para conducción; para usos petroleros, para agua y otros usos

AÑO:	1969	1970	1971	1972	1973	1974
CANTIDAD:	33,723	53,616	72,293	95,532	127,001	161,248
+ Hasta 115 mm. de diámetro.						
CANTIDAD:	92,562	87,034	106,176	119,969	113,772	135,375
TOTAL	126,285	140,650	178,469	215,501	240,773	296,623

- IMPORTACION:

<u>FRACCION ARANCELARIA</u>	CANTIDADES EN TONELADAS				
	1970	1971	1972	1973	1974
73.18.C.001 Tubo de Hierro o Acero con diámetro de 13-52 mm.	296	323.9	40.2	-	-
73.18.C.003).004).005).006).007) Tubo Galvanizado con diámetros entre 70 y 650 mm.	39.1	5.0	115.5	3,032	23,468
Sin Galvanizar con diámetro interior de 65 cm.	-	193.1	19,894	253	358
Sin Galvanizar con diámetro interior superior a 65 cm.	-	14.2	9.8	-	-
73.18.C.013 Tubo de Hierro ó acero inoxidable con diámetro exterior igual ó superior a 3.0 mm sin exceder de 115mm. con espesor de 0.56 mm. a 6.20 mm.	-	60.5	46.4	10	42
73.18.C.014 Tubo de diámetro superior a 115 mm. y espesor superior a 6.20 mm.	126.1	276.3	144.2	116	29
73.18.D.999 Los demás		120.8	104.4	589	23
TOTAL	461.2	993.8	20,355	4,000	23,920

B. TUBERIA SIN COSTURA. (ACERO AL CARBON)

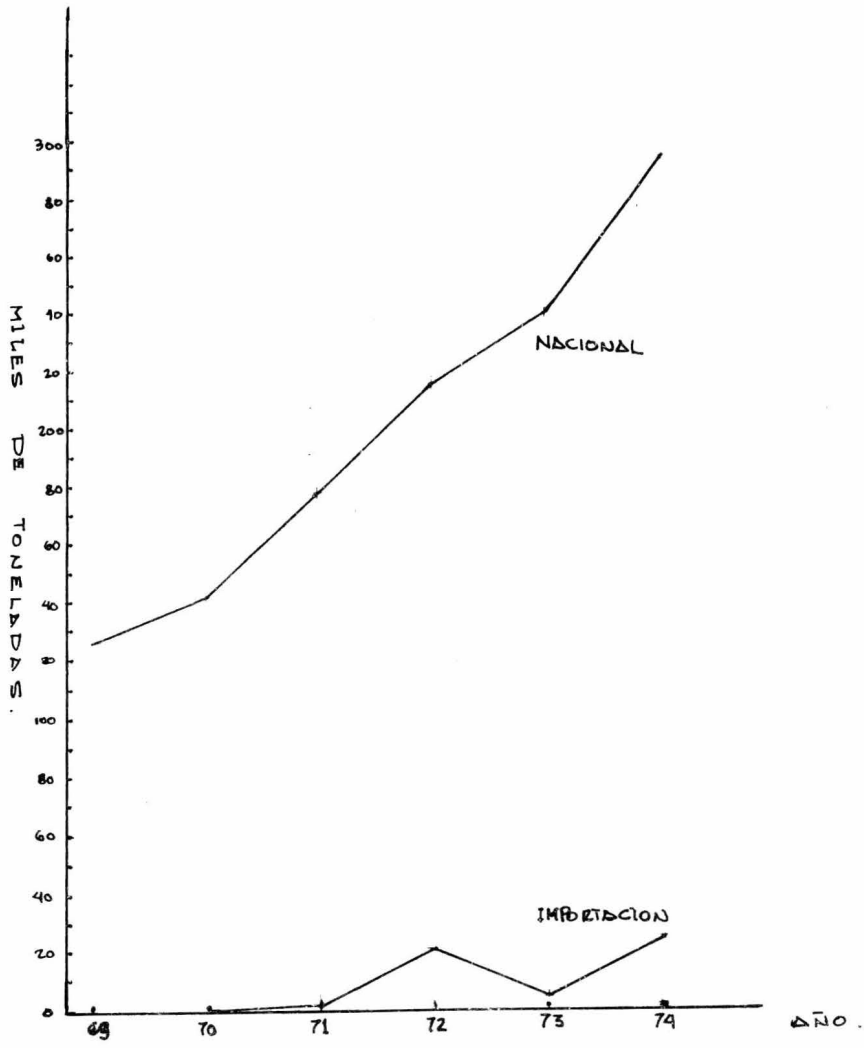
- Producción Nacional

	1969	1970	1971	1972	1973	1974
+ Para conducción (Line Pipe) para usos petroleros y otros usos	51,557	66,429	53,355	77,573	70,042	76,185
+ Tuberia de Producción (Tubing)						
a) de 48.26 a 60.32 mm. de diámetro exterior	5,155	23	7,765	6,442	4,836	4,226
b) Más de 60.32 mm. a 73.02 mm. de diámetro exterior	5,890	6,803	4,277	4,508	4,196	5,473
c) Más de 73.03 a 89.90 de diámetro exterior	552	6,870	993	1,629	2,418	3,145
d) Más de 88.90 de diámetro exterior	-	700	-	9	-	106
+ Otros (Para calderas, Tuberia de aleación)	16,373	16,987	21,124	26,770	26,459	20,615
TOTAL	79,527	97,812	87,514	116,931	107,951	109,750

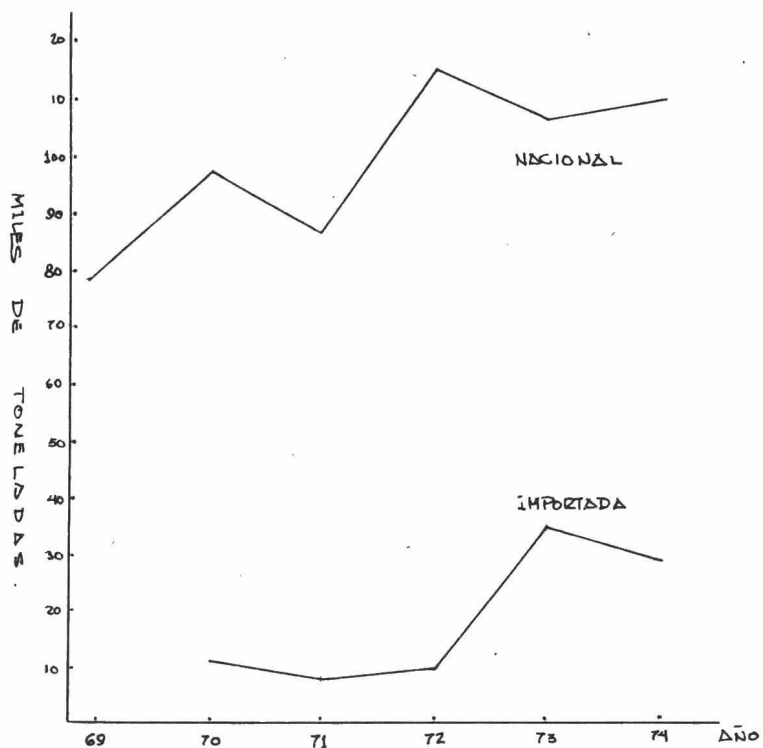
- IMPORTACION:

100

<u>FRACCION ARANCELARIA</u>	1970	1971	1972	1973	1974
73.18.A.001 Tubo de Acero sin costura estirados en frío con diámetro exterior entre 11 y 50 mm. con espesor de pared entre 3 y 10 mm. excepto los comprendidos en la fracción 73.18.A.002	759	570	1,109	2,464	4,094
73.18.A.003 Tubos sin soldaduras de acero de long.- Inf. a 1.50 m., diámetro exterior igual o inf. a 7 mm. interior no mayor de 3 mm.	-	-	-	1	-
73.18.A.004 Tubo sin soldadura de acero inoxidable con diámetro exterior igual ó sup. a 3mm. sin exceder de 115.0 mm. con espesor de pared igual ó superior a 0.56 mm. sin exceder de 6.20 mm.	88	207	44	59	73
73.18.A.005 Tubos de acero inoxidable con diámetro exterior superior a 115 mm. y espesor de pared superior a 6.20 mm.	145	1,066	86	41	181
73.18.A.999 Los demás	<u>1,077</u>	<u>6,181</u>	<u>8,720</u>	<u>33,082</u>	<u>24,702</u>
TOTAL	2,269	8,024	9,959	35,647	29,050



PRODUCCION DE TUBERCULOSIS CON CESTUDO.



PRODUCCION DE TUBERIS SIN COSTURAS

I.8.1 FABRICACION EN MEXICO.

En México existen dos principales fabricantes de tubería, los cuales son Tubos de Acero de México y Tubacero que fabrican tubería son costura y tubería con costura respectivamente.

Estos dos fabricantes producen tubería a partir de procesos mencionados en los puntos I.2 y I.3, aunque con algunas variantes. A continuación se describen los procesos utilizados y se presentan sus respectivos diagramas de flujo.

A. Tubacero.-

El proceso se inicia introduciendo la materia prima por unas tijeras circulares cuya función es cortar las orillas de las placas con el fin de obtener posteriormente una unión perfecta.

El rollo o placa para convertirse en tubo, se pasa por un sistema de rodillos formadores. El proceso de la formación del tubo presenta un notable trabajo en frío, aumentando como consecuencia el límite de fluencia, la resistencia a la tensión y la dureza, por otro lado, se observa una reducción en el alargamiento.

Después pasa por una sección en la que se encuentran dos filamentos de cobre, en donde se aplica una corriente de 1600 volts. que calientan el material -

hasta un estado pastoso y al aplicar presión, se unen las dos orillas soldándose instantaneamente. La corriente de alta frecuencia de 450,000 ciclos permite, por efecto superficial, calentar solamente una zona de 1/2 hasta 1 mm. de cada orilla.

Por efecto de la masa del cuerpo del tubo y debido al uso de agua para evitar la distorsión, ocurre un enfriamiento relativamente rápido, sobre todo soldando a alta velocidad (12.2m/min.) dependiendo de la temperatura, de la distancia a la zona de fusión y del análisis del acero, se forma una amplia variedad de estructuras cristalinas: Estructura Widmannst en (característica en un acero líquido de bajo carbono, cuando ocurre un enfriamiento brusco), cristales anormalmente grandes de ferrita, bainita, perlita fina, perlita gruesa, martensita, etc., dando por resultado poca homogeneidad. Por lo tanto, con el fin de dar uniformidad a la estructura, es necesario normalizar.

Para efectuar el normalizado en la costura de la tubería, se utilizan un horno provisto de bobinas de inducción en las cuales el tubo actúa como resistencia y por este efecto se calienta. La tubería pasa a través del horno a una velocidad de 13 m/min. aprovechando la necesidad de calentar el tubo, se reduce al mismo tiempo su diámetro exterior y su espesor en

un molino reductor.

La estructura del tubo, fuera de la zona soldada, es principalmente ferrítica; en la zona fundida durante el proceso de soldar, se formó una estructura Windmannstaetten. El enfriamiento de la zona fundida tardó aproximadamente cinco segundos, de 1600° a 600° -- centígrados. A los lados de la estructura Windmannstaetten se forman unas zonas negras y zonas blancas.

Las zonas negras corresponden a una estructura -- bainítica, procedente del proceso de una austenitización interrumpida por el enfriamiento, las zonas blancas corresponden a ferrita primaria y secundaria, a una distancia mayor de la estructura Widmannstaetten se encuentran granos de ferrita mas grandes que los correspondientes a la estructura original, pero de tamaño uniforme, regiones bainíticas rodeando una partícula de cementita; esto se debe también a la interrupción de la transformación de ferrita y carburos a austenita cuando ocurrió el enfriamiento.

Por efecto de la normalización, las estructuras mencionadas en el parrafo anterior desaparecen totalmente, formando una estructura pequeña y uniforme de ferrita-perlita fina, tanto en la zona soldada como en el cuerpo del tubo y al mismo tiempo elimina todos los esfuerzos internos. En comparación, con el tratamiento de relevo de esfuerzos se puede solucionar el

problema parcialmente, sin eliminar irregularidades en la estructura cristalina.

Las temperaturas usadas para la normalización de penden de la composición de acuerdo a la siguiente - tabla:

<u>% C</u>	<u>TEMPERATURA °C</u>
0.10	935
0.20	910
0.30	880
0.40	860
0.50	840

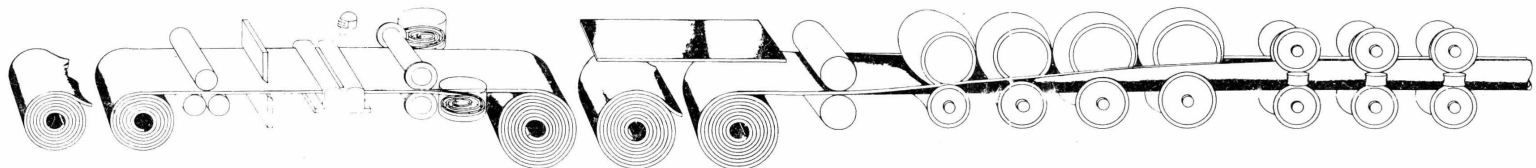
- Dimensiones.-

Se produce tubería de 114 mm. (4 1/2") hasta - 1219 mm. (48") por el proceso de soldadura por resistencia eléctrica de alta frecuencia, y -- por el proceso de soldadura de arco sumergido se puede extender el rango a 1542 mm (60").

Los espesores de pared desde 3.18 mm. (0.125") para tubería de 114.3 mm. (4.5") hasta 15.88mm. (0.625") para los diámetros mayores.

B. Tubos de Acero de México.-

El proceso denominado Mannesmann-Calmes, es el - utilizado por TAMSA; consta esencialmente de prensa perforadora, laminador alargador igualador y laminadora forjador rotativo; y la elaboración del tubo se



ALMACEN DE MATILAS PRIMA

DESINHO(A) AZUL

GUILHOTINA

SOLDADURA MANUAL

TIJERA CIRCULAR

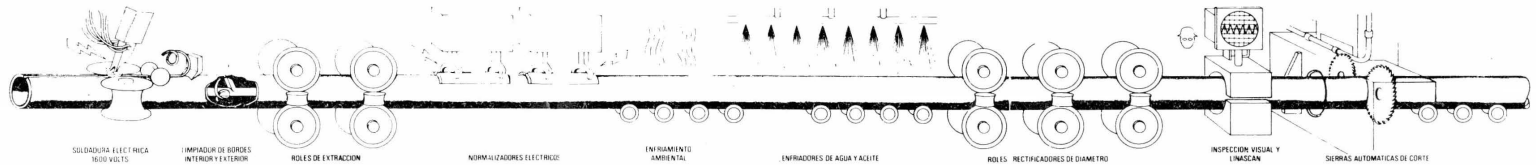
ENROLADORA

MATILAS PRIMA PREPARADA

ALIMENTADOR DE PLACAS Y ROLLOS

NIVELADORA

ROLIZO Y MOLDEADO DE LA LAMINA EN FRIO



SOLDADURA ELECTRICA 1600 VOLTS

IMPACTADOR DE BORNES INTERIOR Y EXTERIOR

ROLES DE EXTRACCION

NORMALIZADORES ELECTRICOS

ENVOLVIMIENTO AMBIENTAL

ENFRIADORES DE AGUA Y ACRILE

ROLES RECTIFICADORES DE DIAMETRO

INSPECCION VISUAL Y ULTRASONICA

SIERRAS AUTOMATICAS DE CORTE



Control de Calidad

03395

NUMERACION E INSPECCION VISUAL Y ULTRASONICA

CORTE DE LOS EXTREMOS PARA PRUEBAS DE APLASTAMIENTO

PRUEBA DE APRIAMIENTO

LAVADO INTERIOR

EXPANSION EN FRIO PARA DIAMETROS DE 453 MM A 914.4 MM (18" A 36")

INSPECCION VISUAL ULTRASONICA Y RAYOS X

ISELADO Y POSCADO

PRUEBA DE PRESION HIDROSTATICA

INSPECCION VISUAL Y ULTRASONICA

PESO Y MEDIDA

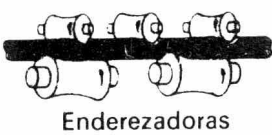
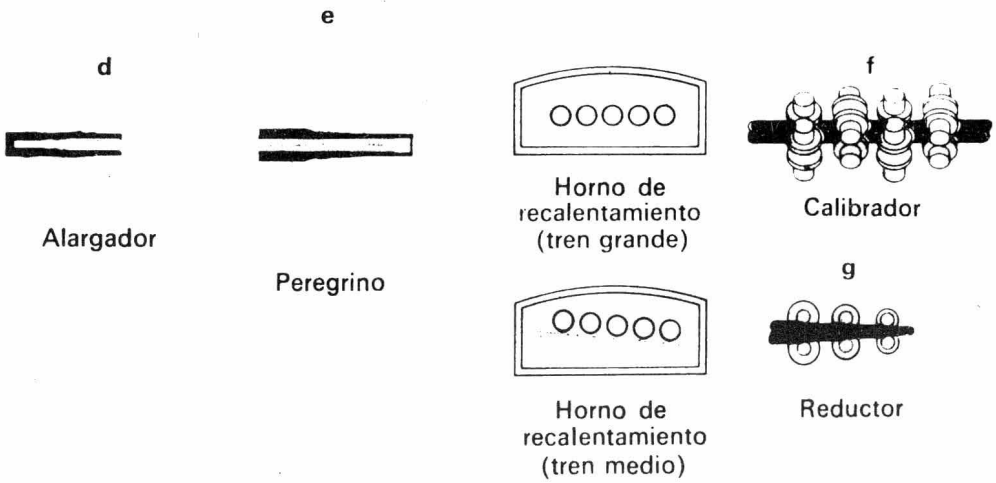
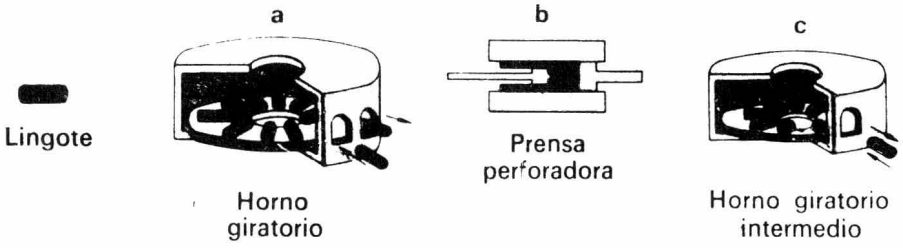


FIG. 1.16. - PLANTAS DE ACABADO EN FRÍO DEL PRODUCTO.

lleva a cabo en cinco fases. (Fig. I.16)

Generalmente se emplean lingotes redondos, fundidos en los tamaños que requieren los programas de laminación.

En la primera fase el lingote se calienta a una temperatura de 1280° a 1300°C en un horno giratorio, cuyo piso gira llevando consigo los lingotes a través de las diferentes zonas de calentamiento. (Fig. I.16 a) el tiempo necesario para adquirir esa temperatura es de aproximadamente 20 minutos por pulgada de diámetro.

En la segunda fase; el lingote pasa a la prensa-hidráulica en donde además de ser perforado parcialmente y adoptar una sección circular, se hace la estructura del acero más homogénea, pues se previenen fracturas y se desplaza el material de rechupe e impurezas hacia el fondo y hacia el cuello del semielaborado que se denomina "vaso". debido a su forma. (Fig. I.16 b) a continuación es necesario efectuar un recalentamiento para restablecer la temperatura de 1280°C (Fig. I.16 c).

En la tercera fase el "vaso" es introducido en el laminador alargador; en el cual se lamina sobre una punta de forma especial, a través de dos cilindros oblicuos, obteniéndose un producto tubular de -

paredes gruesas llamado perforado o esbozo de tubo, - una de las ventajas del alargador es que produce perforados de pared con espesor uniforme sin importar excentricidades previas. (Fig. I.16 d).

En la cuarta fase el perforado es transportado - hasta el aparato alimentador del laminador forjador rotativo, también llamado peregrino. Las operaciones del alimentador por orden son las siguientes:

- a) Debe recibir al perforado e insertarlo en el mandril sobre el cual va a forjar el tubo.
- b) Debe alimentar para apuntar al perforado y al mandril dentro del laminador.
- c) Debe permitir el movimiento de retroceso del mandril durante la operación de forjado, y empujar el mandril hacia adelante durante la operación en vacío de los rodillos.
- d) Debe girar al mandril y al perforado 90° durante cada movimiento hacia adelante.
- e) Debe alimentar al perforado y al mandril, de $3/4''$ a $1.5''$ por revolución para la mordida.
- f) Debe extraer al mandril del tubo ya forjado.

En el laminador forjador rotativo o donde se realiza la operación fundamental del proceso. (Fig. I.16c) y el perforado es sometido a la acción de una pareja de rodillos, de perfil especialmente diseñado, superpuesto, girando en sentido contrario entre sí, y cu-

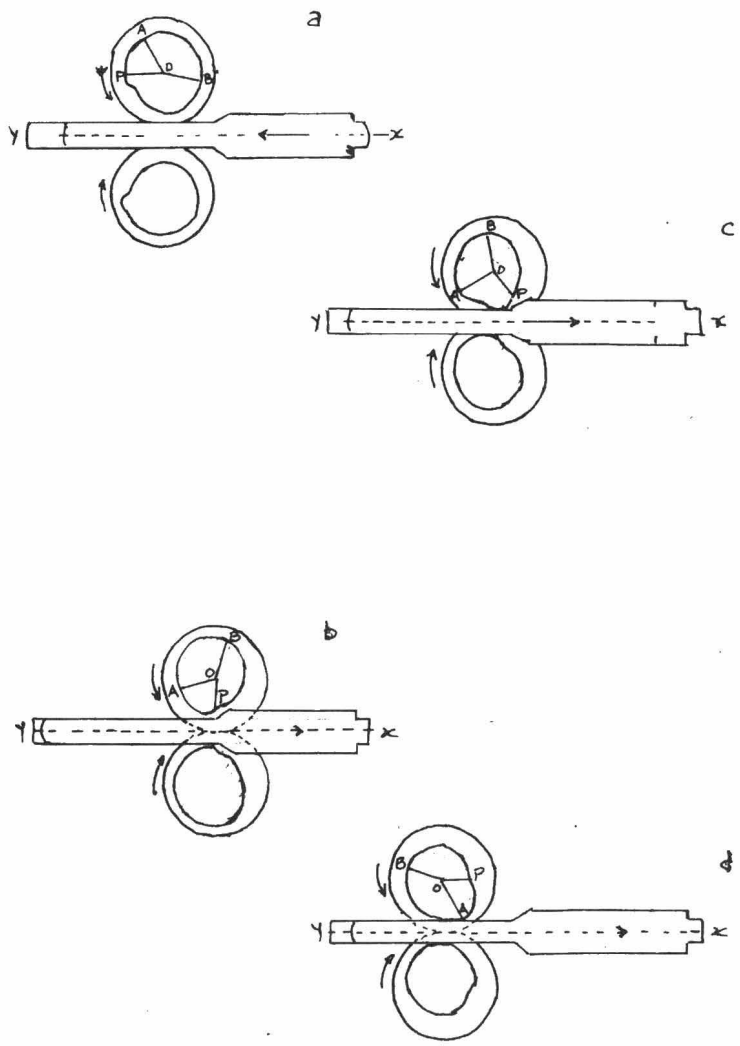


FIG. I.17.- THE INITIAL PHASES OF ROTATION.

yo perfil, a lo largo de una revolución completa, -- permite periódicamente una fase en vacío BP, una fase en trabajo PA, y una fase de calibrado AB. (ver - Fig. I.17).

Durante la fase en vacío, mandril y perforado -- avanzan entre los rodillos lo necesario para que la zona PA preñe al material del perforado en una extensión determinada. Esto da origen a una especie - de ola material, que es comprimida durante el pase - de P a A (fase de trabajo), contra el mandril, con - una componente de movimiento en el sentido de alimen tación.

Se puede ver por la Fig. I.17 d que el rodillo - sigue durante el arco AB, su acción sobre el tubo. - Esta es la fase de calibrado, que termina de exten-- der el material y acaba la elaboración del tubo.

En la quinta y última fase en el tubo previamen-- te recalentado pasa, si es de grandes dimensiones a través de un laminador (Fig. I.16 f), que determina el diámetro exterior definitivo o si es dimensión me diana o chica a través de un laminador reductor esti rador (Fig. I.16 g) que reduce fuertemente el diáme-- tro y el espesor a las dimensiones definitivas requ ridas.

El tubo una vez salido del laminador calibrador-

o del laminador reductor estirador pasa a las mesas - de enfriamiento y es sucesivamente sometido a una serie de operaciones de acabado, como por ejemplo: enderezado, corte, tratamiento térmico, recalcado, rosca-do y muchas otras que varían según la naturaleza y -- las características del producto final.

TAMSA también produce una clase de tubo que se so-mete a un proceso de estirado en frío; por medio del cual se reduce el diámetro y espesor del tubo; pudien-do obtener dimensiones muy pequeñas con diámetros has-ta de 5 mm. y espesores inferiores a 1 mm. que no se podrían fabricar en caliente.

Durante todo el proceso y antes de almacenarse -- los productos son sometidos metódicamente a inspeccio-nes que se realizan visualmente y por medio de equi--pos especiales, especialmente pruebas no destructivas.

- Dimensiones.- El tubo de acero sin costura se caracteriza por una gran variedad de tipos y di-mensiones, sin embargo los rangos dentro de los cuales se elabora la tubería es el siguiente:
En tubo terminado en caliente varia de un diáme-tro exterior mínimo de 42.16 mm. (1.660") hasta un máximo de 457.2 mm. (18").

Los espesores varían en forma muy amplia de --- acuerdo al diámetro exterior del tubo y pasan - de un mínimo de 35 mm. (0.138") en los tubos -

más chicos a un máximo de 76.2 mm. (3") y aún-
más en los tubos de diámetros mayores.

El tubo en frío se fabrica en una gama de diá-
metros, desde un diámetro exterior mínimo de -
5 mm. (0.197") y es una gama practicamente ili
mitada de espesores.

C A P I T U L O I I

CRITERIOS DE DISEÑO DE TUBERIAS

EN PROYECTOS INDUSTRIALES

II.I CRITERIOS DE DISEÑO DE TUBERÍAS EN PROYECTOS INDUSTRIALES.

Las tuberías son el eslabón de conexión de un proceso y por consiguiente se encuentran asociadas con casi todos los equipos y estructuras. Esta interrelación entre diseño de tuberías y las otras fases del diseño de plantas precisa de personal competente, con conocimientos sólidos de las características del equipo utilizado en el proceso, diagramas de flujo, seguridad en el diseño, costo de materiales y procedimientos de erección.

En las plantas petroquímicas y Refinerías, la planeación es la base ingenieril con que todo proyecto debe contar al iniciar sus actividades en forma racional, actividad que una vez terminada conduce a la elaboración de estudios de tubería, que representan el argumento general para realizar la producción de dibujos de detalle o construcción.

El ingeniero de Sistemas es la clave o centro de información para el diseñador de tuberías. El produce los diagramas de Tubería e Instrumentación, Elevaciones de Equipo, con información proporcionada por los departamentos de Ingeniería de proyectos e Inge--

nería de procesos.

Por consiguiente cuando él realiza y representa - símbolos y escribe notas en sus diagramas está dando instrucciones específicas para el diseñador de tuberías. Estas instrucciones deben ser claras, lógicas, concisas y necesarias, una información extraña puede no ser pertinente para la operabilidad del diseño --- mismo.

Para entender mejor las conexiones del flujo de - información dentro de un proyecto, se muestra en la - fig. II.1 una organización estructural típica de un departamento de diseño en una organización de ingeniería. Donde proyectos y procesos son departamentos se parados, a la par en el departamento de Ingeniería de Diseño.

Dentro de la división de tuberías hay cinco sec-- ciones, donde la sección analítica, es el punto de -- aclaraciones de la división misma.

A continuación y antes de consideraciones direc-- tas sobre tuberías y su cálculo, se expondrá de una - manera muy somera como se desarrolla un proyecto has-- ta culminar con el objetivo de este trabajo.

II.2 DESARROLLO DE UN PROYECTO.

La planeación es la interpretación racional e inteligente de las bases de diseño de un proyecto, realizada por la conjugación coordinada de las diferentes especialidades de ingeniería: de proceso, civil, de recipientes, eléctrica, instrumentación, evaluación mecánica, tuberías, proyecto y cliente, quienes establecen las características y fronteras, programando las rutinas que han de resolver los problemas claves del proyecto, cruzándose la información pertinente, para el buen logro de la planeación.

II.2.1 INFORMACION.

El ingeniero de Sistemas en cualquier nuevo proyecto recibirá la siguiente información básica, de los departamentos de Proceso y Proyectos, con la cual proveerá información hacia fuera.

Recibirá información de los Departamentos de Procesos y de Proyectos:

- A.- Bases de Diseño.
- B.- Diagramas de Flujo.
- C.- Hojas de Datos de Equipo.
- D.- Normas y Especificaciones de Ingeniería.
- E.- Plano de Localización General.

A. Bases de Diseño.-

Estas proporcionan información general para el desarrollo de un proyecto, siendo en esencia la siguiente:

a) Datos de proceso, por ejemplo: Condiciones de proceso para cada una de las corrientes que entran o salen de la planta, como son: presión, temperatura, composición, estado físico, flujo mínimo, normal y máximo.

b) Servicios Auxiliares del Proceso.-

- Vapor: de baja, de media, de alta presión; expresando presión y temperatura en los límites de batería.

- Condensado: presión de retorno.

- Agua:

+ agua de enfriamiento: fuente de suministro, presión y temperatura de retorno, temperatura de reposición (en torre de enfriamiento).

+ agua de servicios: presión, temperatura, calidad.

+ agua contra incendio: presión.

- Aire:

+ aire de servicios: presión de entrada.

+ aire de instrumentos: si lo proporciona el cliente, presión de descarga (compresor), punto de rocío.

- Combustible:

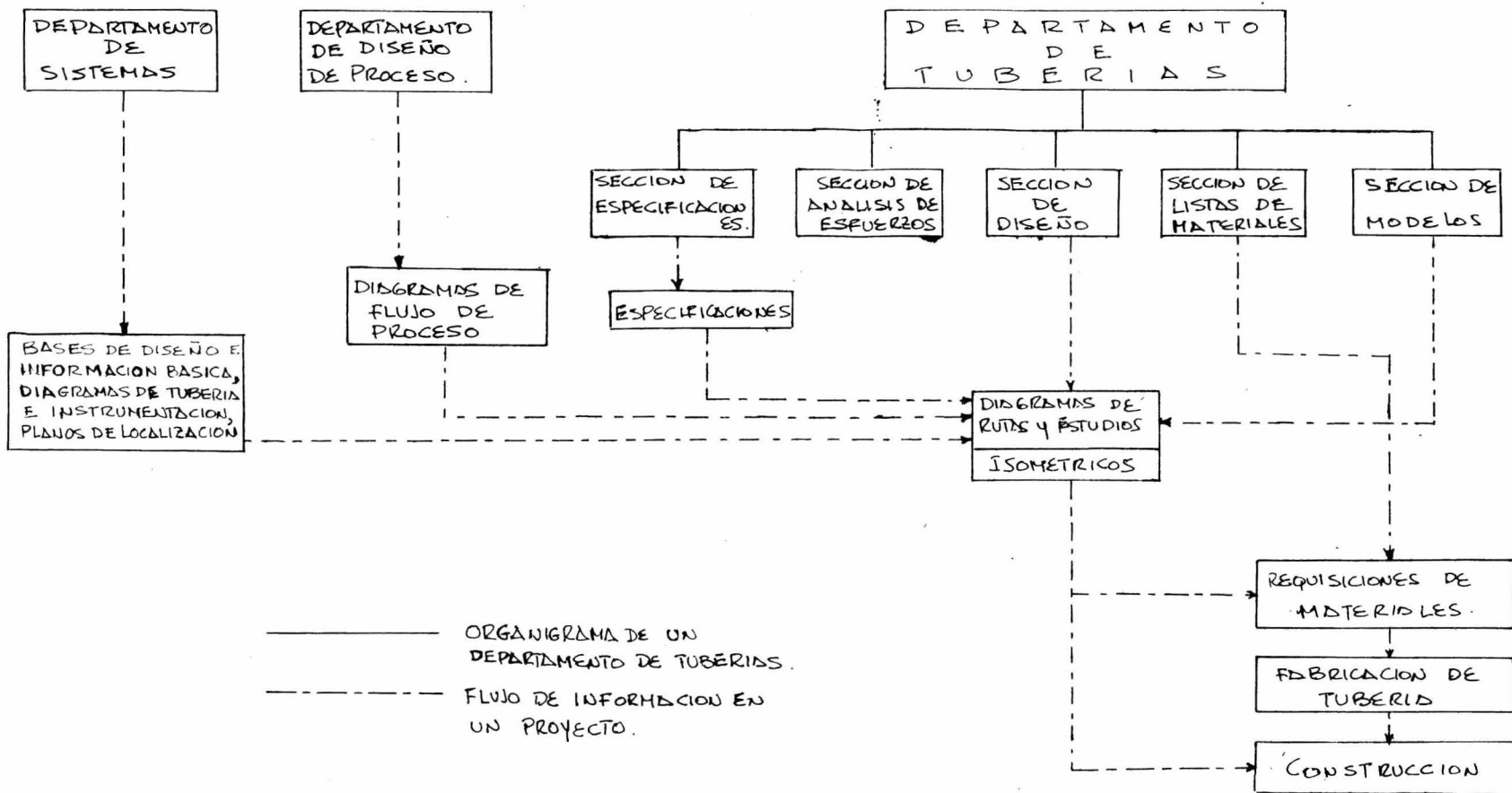


FIG. II.1

- + gas combustible: presión, temperatura, compo
sición promedio, poder calorífico bajo.
- + combustóleo: presión, temperatura, viscosi--
dad, poder calorífico.
- Energía Eléctrica: características de alimentata
ción (voltaje, fases, CPS), número de alimenta
dores (localización), calibre de conductores
de entrada, capacidad de corto circuito, -
alimentación de motores (HP, volts, fases, --
CPS), alumbrado de emergencia, instrumentos -
(volts, fases, CPS).
- Drenajes: Materiales seleccionados para drenajes;
aceitoso, de agua de proceso, pluvial, sa
nitario, químico.
- c) Equipo.
- d) Vientos: Dirección dominante, Dirección reinante,
Velocidad media de viento, Velocidad máxima
de viento, Presión de viento en planos perpendi
culares.
- e) Condiciones sísmicas: Zona, Reglamento, Coefici
entes por sismo, según estructuras.
- f) Cambiadores de Calor.
- g) Ingeniería Civil.
 - + Viento. (ver inciso d)
 - + Condiciones sísmicas. (ver inciso e)

- + Precipitación pluvial: Horaria máxima, anual media, Diaria media, En mm/hr.
- + Estudio de Mecánica de suelos.
- + Elevación de la planta, sobre el nivel del mar.
- + Nivel de piso terminado, referido a banco de nivel de la refinería o lugar.
- + Drenajes: Puntos de conexión en límites de la planta, de los drenajes aceitosos, agua de proceso y sanitario.

h) Arquitectura.

- + Temperatura máxima, mínima, Bulbo húmedo - Max.
- + Humedad relativa % Media, Máxima, Mínima.
- + ¿ Se requiere aire acondicionado ?
- + Temperatura media.
- + Presión Atmosférica.

i) Instrumentos.

- + Tipo de tablero.
- + Tamaño de instrumentos.

j) Puntos de conexión en límites de planta; indicando: Coordenadas, elevación y diámetro, algunos de éstos son:

- Carga a la planta
- Desfogue al quemador

Salida de nafta ligera
Salida de querosina
Salida de gasóleo pesado
Vapor de baja presión
Condensado
Agua de enfriamiento
Aire de servicio
Gas Combustible
Combustóleo

k) Soportes.- Materiales.

l) Edificios dentro del área: Cuarto de Control -
de la Planta, Oficina, Sanitarios, Subestación.

m) Sistema de Desfogue.

+ Tipo de sistema

+ Localización

+ ¿Se conecta o no a un sistema existente? o -

¿Se requiere un sistema separado?

B. Diagramas de Flujo.-

El diagrama de flujo, es la base para el desarrollo del diseño de la planta. Dicho plano debe contener el balance de materia y energía requerido por la planta para obtener los productos terminados con calidad deseada y todos los equipos que intervendrán en el proceso.

Debido a la importancia del diagrama de flujo, éste deberá ser elaborado cuidadosamente por el departamento de Proceso, procurando que sea objetivo y represente para el ingeniero de Sistemas una ayuda para la resolución de los problemas que se van presentando en el diseño.

Dentro de los diferentes diagramas de flujo, comúnmente se usan 3 tipos, los cuales a continuación se describen:

- a) Diagrama Gráfico de Flujo
- b) Diagrama de Bloques
- c) Diagrama de flujo de Proceso

a) Diagrama Gráfico de Flujo.

Este diagrama se emplea para publicidad o información de tipo general, es elaborado por un dibujante publicitario y es quien se encargará de darle cierta forma artística para llamar la atención en los puntos más importantes del proceso y así logre la finalidad para lo que fue

elaborado dicho diagrama; pero no se usa en ingeniería.

b) Diagrama de Bloques.

El diagrama de bloques es de los más sencillos de elaborar ya que representa por medio de cuadros y flechas, las cuales indican la secuencia del proceso de un cuadro a otro, representando cada uno de ellos una operación unitaria o una sección de la planta.

Debido a la sencillez de este diagrama, el departamento de Proceso elabora el diagrama de balance de servicios auxiliares por medio de bloques y que representan al equipo que requiere de determinado servicio. Este diagrama cuenta con un listado en la parte superior, en el cual se numeran las corrientes que contiene el balance de material y condiciones de operación que llegan o salen de los equipos dependiente de servicios tales como: Vapor, agua de enfriamiento, combustible o cualquier otro servicio que se requiera.

c) Diagrama de Flujo de Proceso.

Es el diagrama que contiene toda la información necesaria de las condiciones de operación de los equipos y en el cual el Ingeniero de Sistemas basa el diseño de la planta.

El departamento de Proceso elabora este diagrama basándose en experiencias a escala de la ---

planta piloto si es un proceso nuevo o en experiencias tomadas de procesos similares que ya existan en la industria. Primeramente hace un diagrama de bloques preliminar, el cual le ayudará a desarrollar el diagrama de flujo de proceso en donde intervendrán todos los -- equipos que requiera el proceso. A continuación se enlistarán los requisitos que debe -- cumplir un diagrama de Flujo de Proceso:

- Objetividad
- Enlistado que contenga identificación de todas las corrientes con el balance correcto de material, condiciones de operación y propiedades más importantes de los fluidos.
- Nomenclatura y servicio de todos los equipos que intervienen en el proceso.
- De instrumentación sólo se indicarán las válvulas de control requeridas por el proceso y variable a controlar como puede ser: presión, temperatura, flujo o nivel.
- Identificación dentro de un cuadro con el número de la corriente que se encuentre en el enlistado del segundo punto.
- Banderolas que indiquen la presión y temperatura de operación de los equipos y líneas más importantes.

- Hexágonos que indiquen el % de vaporización en peso en las líneas que manejen flujo en dos fases.
- Notas generales que complementen el diagrama y que dependerán de las necesidades del proceso.

Como se podrá comprender, la importancia del diagrama de Flujo de Proceso (un ejemplo de éste está en la figura II.2) dependerá una gran parte del diseño de la planta que si cumple los requisitos mencionados, el ingeniero de sistemas, contará con todas las facilidades para lograr un diseño satisfactorio y evitará al máximo los errores.

C. Hojas de datos de equipo.-

Las hojas de datos provenientes del departamento de proceso, describen y esquematizan al equipo, dando sus condiciones de operación y construcción, ubicando en el cuerpo las boquillas, especificándolas y definiendo sus funciones.

En algunos equipos como son las bombas y cambiadores de calor, la firma de ingeniería proporciona solamente capacidades, condiciones de operación, calor intercambiado y códigos que deberán considerar los fabricantes y son ellos los que proporcionan los dibujos e información final de las dimensiones y características del equipo; comprometiéndose con el cliente que el diseño de dicho equipo cumplirá con las especificaciones y requerimientos pedidos.

Los equipos donde existe transferencia de masa como son las torres fraccionadoras, el Departamento de Proceso es quien las diseña y entrega al fabricante la información necesaria para la manufactura de dicho equipo. El mismo procedimiento se sigue para los recipientes.

D. Normas y Especificaciones de Ingeniería.-

Las normas y especificaciones, revisten una gran importancia en el diseño de plantas de proceso, dado

que una firma de ingeniería no puede empezar a desarrollar el proyecto; si no se ha puesto de acuerdo con el cliente para definir las normas y especificaciones en que se basará el diseño de la planta.

La importancia de basar el diseño de una planta de proceso en determinadas normas y especificaciones de ingeniería, radica en la homogeneidad de criterios en el diseño de equipos y especificación de materiales, dado que toda persona que participe en el proyecto, deberá leerlas y apegarse a ellas en cuanto a su trabajo se refieran.

E. Plano de Localización General.-

Existen dos tipos de Planos:

- Maestro
- Específico
- El plano de localización general maestro, define grandes proyectos, como complejos petroquímicos o refinerías que están integradas por diferentes zonas de proceso (plantas) intimamente relacionadas, para obtener un producto o productos deseados.
- El plano de localización general específico, define una zona de proceso o planta, perteneciente a un complejo petroquímico o refinería.

La literatura para la elaboración del plano de localización general de equipos no es muy extensa; -

debido a que la distribución dentro de la planta depende de factores específicos como son vientos dominantes, proceso, área disponible, capacidad de la planta, entrada y salida de límites de batería de líneas de proceso y servicios, carreteras de acceso a la planta, vías de ferrocarril o puertos y características propias donde se haya localizado la planta. Con lo anterior se entiende que la distribución de Equipos, la deberán hacer los ingenieros de Proyecto más experimentados en plantas similares a la que se proyecta, ayudándose de las recomendaciones existentes en la literatura.

A continuación se exponen los procedimientos y recomendaciones para elaborar el plano y lograr una distribución de equipo que sea económica y funcional:

a) Procedimientos para Elaborar el Plano.

- Se hace una lista de los equipos de proceso y servicios con las dimensiones de cada uno de ellos.
- Se recorta en cartulina plantillas a escala (se usará la que convenga, dependiendo del tamaño de la planta y del papel de dibujo) las áreas individuales que ocuparán cada uno de los equipos, edificio de condensadores, soportes principales de tubería y cuarto de control.
- Se delimita a escala el área disponible para la

planta en papel de dibujo marcándose módulos de 10 mts., norte astronómico, dirección de vientos dominantes, entradas y salidas de tubería y medios de acceso o comunicación a la planta

b) Recomendaciones para la Localización de Equipo.

En la actualidad una localización funcional, económica y segura, se realiza tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- De Ruta de Tubería: La ruta de tubería, es en realidad un "Diagrama de ruta de tubería", por medio del cual se relacionan unifilarmente los distintos equipos que integran las diferentes zonas de proceso, formando lo que se conoce por "Camas de tubería", que identifican y anulan las rutas largas y retornos innecesarios, sobre todo en la tubería de aleación y gran diámetro.
- De Materiales: Los materiales costosos son los de aleación, por lo tanto, los equipos que lo contengan y se relacionen, deberán localizarse adyacentes o lo más próximo posible.
- Hidráulicas: Si la planeación se realiza con los diagramas de proceso, deben tomarse en cuenta los gastos para predimensionar la tubería y así apreciar los excesos de ruta en grandes diámetros. Dentro de las consideraciones hidráulicas de carácter práctico, podemos mencionar las

siguientes:

- + Las bombas hay que ponerlas, cerca y debajo - del punto de succión.
- + Los recalentadores y condensadores deben es-- tar cerca de las torres.
- + El tanque colector de fondos, de las torres - que por proceso los requieran, se localizan a un lado de ellas.
- + Los tanques de succión de los compresores, de ben estar cerca de ellos.
- + Hay que respetar los diferentes niveles, que en los recipientes establece el departamento- de diseño de proceso.
- + Es provechoso localizar los condensadores de superficie, directamente debajo de las turbi- nas, para así seleccionar una bomba con una - NPSH bajo.
- De Esfuerzos: La temperatura de trabajo en los diferentes sistemas, es de gran importancia en la localización de los equipos, pues hay que to mar en cuenta espacios para curvas de expansión y claros que darán paso a tuberías de gran diá- metro y aislamiento grueso (aislamiento para ba ja temperatura).
- De Operación y Mantenimiento: En la localiza-- ción de equipos, deben de tomarse en cuenta, ca minos de acceso, pasillos a nivel de piso y ele

vados, para operación de accesorios, ajuste de instrumentos, localización de estaciones de con trol y servicios auxiliares, espacio para remover fluces de equipo de transmisión de calor si lo requiere, para operar y dar mantenimiento a equipo como bombas, turbinas, compresores, turbo-expansores, generadores para gruas viajeras-- en casas de compresoras, trenes de cambiadores-- y equipo que las requieran, plataformas para la operación y mantenimiento de recipientes elevados etc.

En esta consideración, se recomienda que los -- compresores (turbo-compresores, moto-compreso-- res) y compresores--expansores de ser posible in cluírlos, se agrupen en una sola unidad para fa cilitar su operación y mantenimiento, lo mismo-- se recomienda para todas aquellas unidades, que por su tipo de servicio se puedan agrupar.

- Meteorológicas: El conocimiento de la direc--- ción de los vientos dominantes y reinantes, favorece la localización de las casas de compresoras y equipos que trabajan con hidrocarburos altamente flamables, calentadores, evaporadores y generadores de vapor de agua, que trabajan a fuego directo, así como las subestaciones de -- energía eléctrica, evitando que los vientos lle

ven gas al fuego y fuego al gas.

- De Seguridad: Los equipos deben localizarse - conservando entre sí, una separación práctica, en cuanto a operación y mantenimiento se refiere, conservando la distancia mínima que por seguridad y de acuerdo con la peligrosidad se recomienda. Ver la tabla II.1

Los equipos que trabajen a fuego directo, se localizarán en la periferia de la planta y opuestos (con respecto a la dirección de los vientos), a los equipos que operan con hidrocarburos altamente inflamables.

Las subestaciones de energía eléctrica y casas generadoras se localizarán fuera del alcance de equipos considerados como peligrosos.

- Económicas: Las separaciones entre equipos, serán las recomendadas en el punto anterior, con el propósito de no requerir superficies considerables de terreno, así mismo deben evitarse las estructuras para soportar equipos por ser costosas, localizándose éstos a nivel de piso, siempre y cuando el Departamento de Diseño de Proceso, no indique lo contrario.

Con toda esta información en sus manos, analizará el diseño del proceso y expande dicho diseño en los diagramas de tubería e instrumentación.

La corrección, precisión y eficiencia con que se efectuen estos diagramas, determinará la eficiencia del diseño de tuberías e influye significativamente en la eficiencia y calidad de diseño final de una planta.

II.2.2 DIAGRAMAS DE TUBERIA E INSTRUMENTACION.

Estos diagramas son la base para el diseño de los dibujos isométricos de tuberías, localización de instrumentos y operación de la planta, dado que aparecen en ellos todos los equipos, accesorios y tuberías que los interconectan.

Para desarrollar estos diagramas, el ingeniero de Sistemas deberá basarse en instrumentaciones típicas de tuberías y equipos existente en la literatura, así como en procedimientos de trabajo que a continuación se describen, los cuales toman en cuenta cuatro aspectos importantes durante el desarrollo de los diagramas:

- Líneas y equipos auxiliares para el arranque de la planta.
- Se deberán tomar en cuenta operaciones de emergencia como pueden ser: variaciones en la capacidad de la planta, falla en algún equipo, ruptura de tubos o cualquier otra emergencia que se pudiera presentar durante la operación de la planta.
- Líneas y equipos auxiliares para el vaciado de equipo en los paros programados para mantenimiento de la planta.

Los procedimientos de trabajo para elaborar diagramas de tubería e instrumentación son como sigue:

A. Se definen las secciones de la planta que aparecerán en cada uno de los dibujos y el número que se les asignará.

Por ejemplo:

Dib. No. 00023 Sección de Fraccionamiento.

Dib. No. 00024 Servicios Auxiliares.

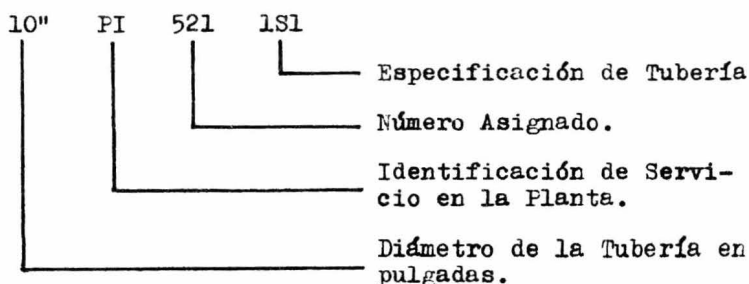
Etc.

Esta distribución se hace dependiendo de la capacidad de la planta o sea del número de equipos existentes.

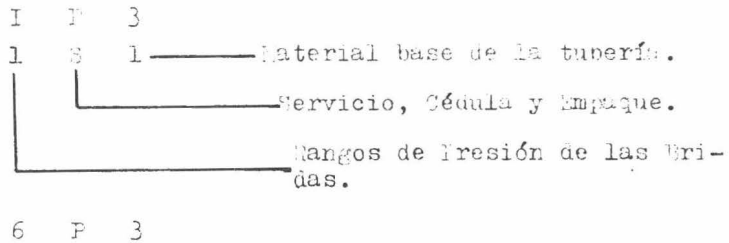
B. En los diagramas deberán aparecer todos los equipos y sus tuberías de interconexión, así como accesorios necesarios para el funcionamiento de la planta.

C. La numeración de los instrumentos se hace progresiva a partir de un número predeterminado en el sentido del flujo y en orden numérico de los dibujos.

D. Se deberá escoger un criterio para numerar líneas; un ejemplo podría ser:



La clave de la especificación de tubería, podría definirse de la siguiente manera:



D. A cada uno de los diagramas se les asignará un número de serie para numerar las líneas que tengan su origen en cada uno de los planos. Se establecerá la forma en que se manejará la numeración de tuberías.

A continuación se muestra (Fig.II.3) como ejemplo; un diagrama de tubería e instrumentación.

II.2.3 ELEVACIONES DE EQUIPO.

Por medio de las elevaciones de equipo, se proporciona al Ingeniero Diseñador de Tuberías, información que definitivamente lo restringen y es una de las consideraciones primarias en el comienzo del diseño de tuberías.

Todas las piezas principales del equipo tienen -- elevación fija al igual que algunos puntos de circuitos críticos colocados fuera, esto es debido a las necesidades de flujos por gravedad.

Algunos de los principales requerimientos se mencionan a continuación:

- NPSH de Bombas:

Cuando una bomba esta asociada a una torre fraccionadora, la elevación de ésta será fijada por el NPSH de la bomba, basandose en las condiciones de la línea de fondos de la torre hacia la bomba.

La línea de fondos es normalmente asociada con el líquido en equilibrio. Cuando no hay suficiente cabeza de presión para compensar la fricción en las líneas, la bomba recibirá una mezcla de vapor-líquido y por consiguiente cavitará.

- Circuitos de Reboilers:

En los circuitos de reboilers, nuevamente se fijan las elevaciones, un reboiler de termo sifón requiere de suficiente cabeza estática de líquido para que proporcione suficiente gradiente, y trabaje adecuadamente. Dicha cabeza determinará la proporción circulante y la cantidad de vapor recirculado a la torre (el gradiente del circuito del reboiler es la diferencia entre las cabezas estáticas de las líneas, del líquido extraído y el retorno vapor-líquido menos las pérdidas por fricción).

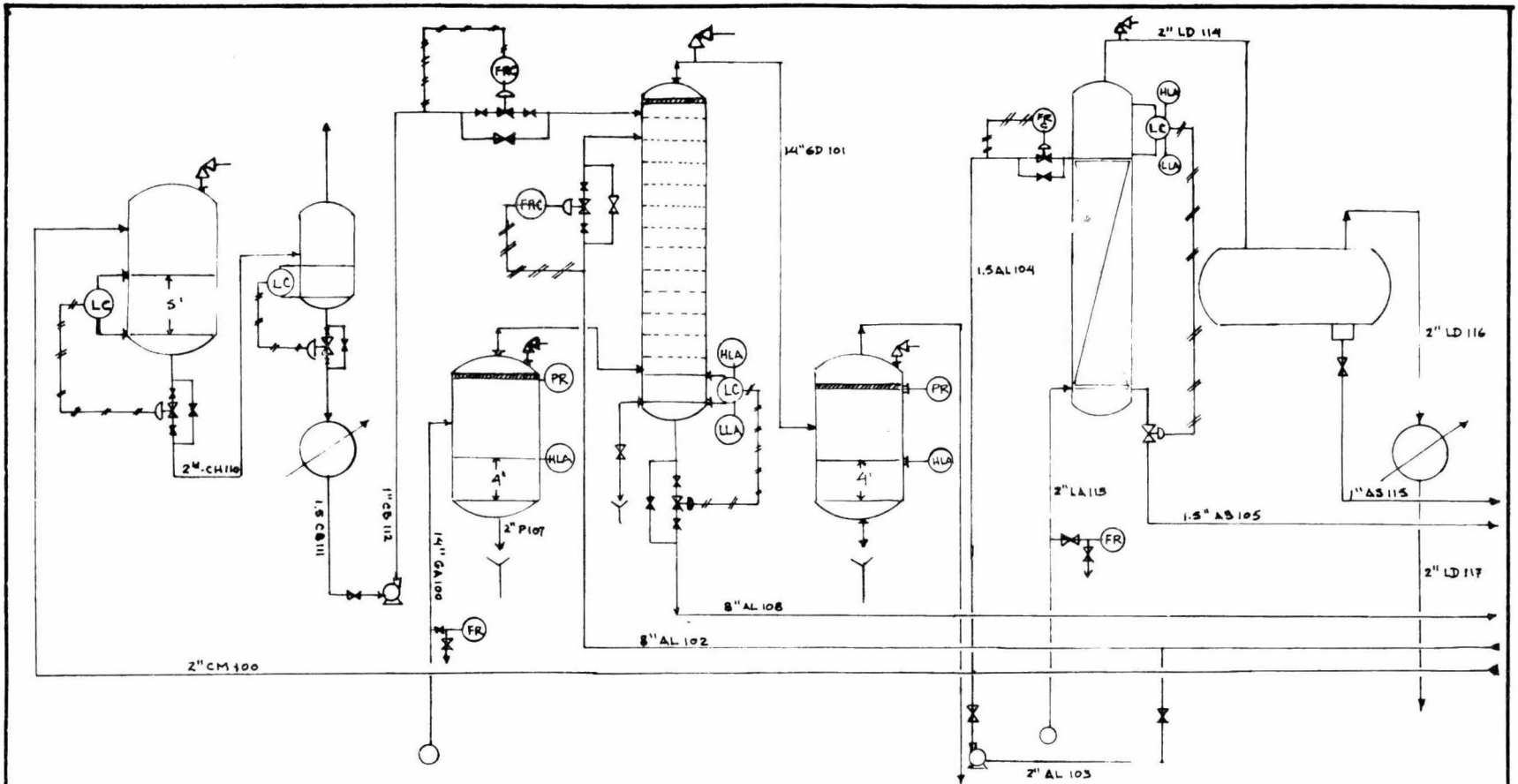
El circuito del reboiler y el NPSH de la bomba son consideraciones que nos fijan la elevación de la torre.

- Líquidos Flasheados:

Un líquido flasheado debe tener la suficiente cabeza estática para compensar las pérdidas por fricción en las líneas y la pérdida total al pasar por el orificio. En este caso el recipiente del cual será extraído el líquido y la localización del orificio bridado deberán ser especificados y definir la elevación definitiva o la elevación relativa.

- Flujos por Gravedad:

El flujo por gravedad estará determinado por las elevaciones relativas de las piezas del equipo-



CLAVE

GA GAS ACIDO
 GD GAS DULCE
 LA LIQUIDO ACIDO
 LD LIQUIDO DULCE
 AL AMINA LIMPIA
 AS AMINA SUCIA
 CM COND. DE MEDIA
 CB COND. DE BAJA

DIAGRAMA DE TUBERIA E
 INSTRUMENTACION DE UNA PLANTA
 DE ELIMINACION DE H₂S Y CO₂

EJEMPLO: FIG. II.3

relacionado y más probablemente estarán más determinados por las elevaciones exactas de los mismos equipos.

Con los puntos mencionados, podemos notar que las elevaciones de equipo especificadas, determinan los arreglos críticos en dirección vertical, para el ingeniero diseñador de tuberías. Pero él estará en libertad de arreglar otros equipos, los cuales no estén involucrados en los circuitos críticos, dentro del mejor arreglo que pueda visualizar.

II.2.4 DISEÑO DE TUBERIAS.

Recibiendo los diagramas de Tubería e Instrumentación, Elevaciones de Equipo, Plano de Localización Específico, e información técnica a cerca de las líneas, especificación de Materiales, como su ruta (desde y hasta donde van), su presión de operación, Diseño y Prueba, el medio de prueba, la temperatura de diseño y operación, su densidad o gravedad específica, tipo de aislamiento si lo requiere y número de capas, observaciones (si son críticas o no), dibujos de recipientes especificando diámetro, servicio, tipo de cara, proyección y notas pertinentes de las boquillas; el ingeniero de Tuberías comenzará a efectuar los estudios de tubería con objeto de una distribución armónica, funcional, económica y segura de los diferentes cabezales y ramales de los sistemas de proceso; servicios auxiliares y de seguridad, así como las estaciones de control que relacionan entre sí los diferentes equipos que integran la planta.

Estos estudios de Tubería se pueden clasificar en :

- Tubería Aérea: Donde se arregla la tubería que relaciona los diferentes equipos que integran la planta, sobre el nivel de piso terminado, así como sobre los niveles de operación en es--

estructuras y planta, formas de equipos elevados.

- Tubería Subterránea: Donde se arreglan las redes de drenaje y agua de servicio contra incendio dispuestas bajo el nivel de piso terminado en una planta.

Para efectuar un estudio de tubería se debe tener conocimientos sobre los requerimientos generales de diseño, y de construcción de Sistemas de Tubería de proceso y Servicio; los principales son:

A.- Requerimientos Generales de Diseño:

- a) Códigos y Estándares.
- b) Arreglo General.
- c) Espacios Libres (claros)
- d) Materiales.
- e) Presiones y Temperaturas de Diseño.
- f) Tolerancia.
- g) Detalles de Diseño.

a) Códigos y Estándares:

Todos los sistemas de Tubería se diseñarán de acuerdo con los reglamentos gubernamentales y los requerimientos del Código de Tuberías a presión ANSI. B 31.3 (capítulo III);- la tubería entre las calderas de vapor y la primera válvula de bloqueo se ajustará a los requerimientos del Código ASME de recipientes--

tes a presión para calderas, en lugar del código ANSI.

Todas las diferencias se ajustarán a la última edición de Códigos y Estándares, los sistemas especiales de tubería no comprendidos dentro de ellos se diseñarán de acuerdo con la práctica de ingeniería más adecuado.

b) Arreglo General:

Las rutas de tubería serán cortas, con el mínimo de conexiones previendo su flexibilidad, se llevarán sobre soportes elevados excepto las tuberías de ácido, cáustico y líneas con flujo pulsante que se apoyarán sobre durmientes, las trincheras en las unidades se evitarán al máximo, líneas de gran longitud y pared delgada que conducen fluidos no inflamables se enterrarán sobre un lecho continuo de arena, tuberías aéreas sin aislamiento, aisladas para protección al personal y conservación de calor con temperaturas menores de 343°C (650°F) se llevarán a una elevación común, líneas con temperaturas superiores, con vapor sobrecalentado y calentadas con venas de vapor, se soportarán con zapatas de acero, tuberías con aislamiento para bajas temperaturas se soportarán tomando en cuenta

el aislamiento y el soporte fuera del aislamiento.

Todo cambio de dirección causará un cambio de elevación. Las tuberías con temperatura de operación de 121°C (250°F) y mayores que que se apoyen sobre miembros de concreto, se soportarán sobre zapatas de acero.

Los arreglos de tubería facilitarán la operación e inspección del equipo; los espacios para mantenimiento estarán libres de interferencias de tubería, las válvulas de control, alivio, etc., serán accesibles desde plataformas o el piso y agrupadas en los niveles principales de operación cuando sea posible, líneas que transportarán materiales de alta viscosidad, llevarán una pendiente continua y deberán drenarse descargando en un recipiente.

Se evitarán bolsas en todas las tuberías; -- las tuberías de escape de vapor a la atmósfera, se instalarán con amortiguadores de escape (Exhaust Heads).

c) Espacios Libres (claros).

La altura mínima, a la parte inferior (lecho bajo) de bridas, aislamiento o soportes estructurales sobre caminos, plataformas y pi-

esos de operación será:

- 3000 mm (10'-0") Para accesos normales dentro de límites de batería.
- 2300 mm (7'-6 $\frac{1}{2}$ ") Sobre plataformas, pasillos e interiores de edificios.
- 4800 mm (16'-0") Sobre caminos de la planta, fuera de límites de batería.
- 200 mm (0'-8") A nivel de piso (durmientes)
- 3600 mm (12'-0") Sobre caminos de la planta, áreas de acceso (camiones), dentro de los límites de batería.
- 6700 mm (22'-0") Sobre vías férreas y caminos públicos principales.

Se considerará una separación mínima de 25 mm (1") para el mantenimiento entre tubos paralelos, entre aislamientos, brida y tubo (aislamiento) previendo los movimientos térmico. El lecho bajo de la tubería instalada en trincheras estará a 75 mm (3") de su piso, el espacio mínimo para pasillos entre tubería y equipo debe ser de 600 mm (2'-0").

d) Materiales.

Los materiales se ajustarán a los requerimientos de la especificación "Clasificación de Materiales por servicio para tubería de proce

so y Servicios Auxiliares".

e) Presiones y Temperaturas de Diseño.

Estas serán básicas para el diseño de los sistemas de tubería. Los estándares de materiales se ajustarán al código de tuberías a presión ANSI B 31.3 u otro código adecuado - (Cap: III) las condiciones máximas de operación se mostrarán en los diagramas de flujo aplicables.

f) Tolerancia por Corrosión.

A menos que se especifique lo contrario en la clasificación de tubería, las tolerancias mínimas por corrosión, serán como sigue:

Acero al carbón	1.25 mm (0.050")
Aleaciones ferríticas	1.25 mm (0.050")
Aceros Austénicos	0
Aleaciones no ferrosas	0
Acero Galvanizado bañado en caliente	0

g) Detalles de Diseño.

- Diámetros de Tubería y Conexiones.

Los diámetros de $2\frac{1}{2}$ " , $3\frac{1}{2}$ " e impares como 5" y 7" no se usarán, excepto donde se requieran para conectar equipo mecánico de diseño estándar o donde la velocidad especifi-

ca deba mantenerse, el diámetro mínimo empleado será de $\frac{1}{2}$ " para líneas de servicio, 1" para líneas de proceso, 4" para drenaje subterráneo y $1\frac{1}{2}$ " para líneas subterráneas que no sean de drenaje. No hay limitación de diámetros para conexiones de instrumentos y venas de vapor. La tubería roscada de acero al carbón en servicios de proceso será de cédula 80 como mínimo, la roscada de aleación será de cédula 405 como mínimo.

- Cambios de Especificación de Material.

En líneas que se conecten de especificación o rango de presión diferente, la especificación mayor será mantenida hasta la primera válvula inclusive, en las estaciones de control (By-pass) la especificación mayor será mantenida hasta la válvula de control y válvula de desvío, las válvulas de bloqueo serán de especificación menor. Si la presión de diseño de los recipientes es mayor que la de las líneas que se les conectan, las válvulas adoptarán la especificación del recipiente si están normalmente abiertas durante la operación.

- Dobles de Tubería, codos de gajos y codos

simples.

En tubería que se fabrique en el taller, se usarán dobleces en lugar de codos soldables si lo autorizan los ingenieros de proyecto. Los codos de gajos se usarán si las condiciones de proceso y/o esfuerzos lo permiten. Se usarán codos de radio largo desde 2ϕ y mayores, excepto donde el diseño obligue el uso de radio corto.

- Reducciones.

Las reducciones pueden ser bridadas, soldables, roscadas, inserto soldables o suaves. Los bushings roscados no deberán ser usados.

- Bridas.

El uso de bridas se limitará a conexiones a equipos y válvulas bridadas excepto en donde se requiera desmontaje frecuente de tubería por mantenimiento, donde sistemas de tubería plástica o no metálica no puedan ser soldadas o unidas si no es por bridas.

- Niples Roscados y Tapones.

Los niples roscados de acero al carbón y -- aleaciones ferríticas serán de cédula 80 como mínimo. Los roscados de acero inoxidable austénítico y aleaciones no ferrosas serán de

cédula 405 mínimo. Los tapones macho de —
1" ϕ y menores serán de acero sólido, tapo—
nes mayores de 1" ϕ pueden ser huecos excep—
to en áreas de clima frío o servicios corro—
sivos.

- Válvulas.

El número y tipo de válvulas lo determinan —
los diagramas de flujo y estarán de acuerdo—
con el ANSI B16.10, se suministrarán siste—
mas de doble bloqueo para evitar contamina—
ciones por sistemas peligrosos.

Las válvulas de bloqueo generalmente son de
compuerta, bola o macho, empleándose la de —
macho o la de bola en lugar de la de compuer—
ta en servicios donde se acumulen sólidos —
previniendo el asentamiento de la cufia, las
válvulas macho lubricadas se usarán en hidro—
carburos líquidos ligeros y gases.

Las válvulas de mariposa y de globo en diáme—
tros de 3" ϕ y mayores se usarán en donde se
requiera estrangulamiento, empleándose las —
de mariposa en servicios de agua de enfria—
miento.

Se suministrarán válvulas con engranajes ade—
cuados, cuando un servicio requiera apertura

o cierre rápido por trastorno en la operación y cuando el rango esté de acuerdo a lo siguiente:

- 150 # - 10" \emptyset y mayores.
- 300 # - 10" \emptyset y mayores.
- 600 # - 8" \emptyset y mayores.
- 900 # - 8" \emptyset y mayores.
- 1500 # - 6" \emptyset y mayores.
- 2500 # - 4" \emptyset y mayores.

Las válvulas que necesiten operarse con un sistema de engranes se indicarán en los diagramas de flujo.

Cuando exista una presión diferencial a través de una válvula cerrada aproximadamente igual al rango de presión y a la temperatura de operación de dicha válvula, ésta deberá suministrarse con un By-pass igualador de presión, que constará de una válvula de globo del diámetro que se indica a continuación:

Válvula Compuerta					
Diámetro (Pulgada)	150#	300#	400#	600#	900# y Mayores
4"	-	-	-	-	3/4"
6"	-	-	-	3/4"	3/4"
8"	-	-	3/4"	3/4"	3/4"
10"	-	1"	1"	1"	1"
12"	1"	1"	1"	1"	1"
14" a 20"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
24"	2"	2"	2"	2"	-

las válvulas que requieran By-pass y los By-pass integrales preferidos se indicarán en los diagramas de flujo.

Las válvulas de retención bridadas y soldables a tope se suministrarán con un teton (boss) sobre el lado corriente abajo de la válvula para una conexión de drenaje, el cual será taladrado y taponeado en el campo. El taladro será de $\frac{1}{2}$ " NPT para líneas de 3" y 4" y de $\frac{3}{4}$ " NPT para líneas de 6" y mayores.

- Terminales Cerradas.

En líneas de proceso y servicios con presiones de diseño mayores de $1.0 \text{ Kg./am}^2 \text{ man.}$ (15 Psig) o en servicio de vacío se usarán cachuchas soldables en sus terminales cerradas.

En tubería mayores de $12" \text{ } \phi$ con una presión de diseño de $0.1.0 \text{ Kg./cm}^2 \text{ man.}$ podrán usarse cierres planos.

- Bridas Ciegas.

Las bridas ciegas se suministran en las líneas de proceso y servicio en los límites de batería, para facilitar pruebas, inspección o mantenimiento de equipo y donde los diagramas de flujo lo indiquen.

- By-Passes (Desvíos)

Se usarán cuando se requieran para una operación normal y cuando los indiquen los diagramas de flujo, no se usarán si el propósito es exclusivamente permitir el servicio o remplazo del equipo mientras la unidad está en operación.

B. Requerimientos Generales de Instalación:

a) Expansión y flexibilidad:

Se preverá la expansión y construcción térmica de acuerdo con los códigos que gobiernen, para absorber expansiones se usarán curvas fabricadas de tubería, excepto donde, por los esfuerzos la oficina de análisis, decida el empleo de juntas de expansión. La tubería se diseñará de tal manera que las fuerzas y momentos sobre las boquillas de los equipos como bombas, compresoras, turbinas, expansores, etc., no excedan de lo permisible especificado por el fabricante.

b) Soportes y Anclajes:

Toda la tubería deberá instalarse con el soporte adecuado y convenientemente instalado para prevenir las fuerzas excesivas.

La tubería en válvulas y equipos mecánicos se soportará de tal manera que las válvulas y equipos puedan remplazarse sin necesidad de instalar soportes temporales.

c) Juntas y Conexiones:

Las uniones en todos los sistemas de tubería mayor de $1\frac{1}{2}$ " deberán hacerse de preferencia soldables. Las uniones en tubería de $1\frac{1}{2}$ " y menor deberá hacerse con conexiones de inserto soldable o roscadas. Generalmente las conexiones bridadas deberán usarse en conexiones a recipientes y equipos.

Las bridas de acero usadas para las uniones con bridas de cara plana de hierro fundido deberán ser también de cara plana.

d) Ramales:

Los ramales se diseñarán y fabricarán de acuerdo con la especificación de requerimientos de fabricación. El inserto se diseñará de modo que el ángulo de intersección entre el ramal y el cabezal, no sea menor de 45° .

La elección de ramales estará condicionada a lo siguiente:

- Se usarán para ramales de líneas de 2" y menores.

- Se usarán coples de inserto soldable o roscados, según especificación de materiales aplicable, para todos los ramales de 2" y menores en líneas de 3" y mayores.

Los coples podrán substituirse con accesorios reforzados de acero forjado roscados o inserto-soldables (Socoklets, Thredolets, Elbolets, Latrolets, etc.)

- Se usarán tes soldables a tope en todas las líneas de 3" y mayores cuando el diámetro del ramal sea el mismo que el de la línea.

- Para todas las otras condiciones, donde los diámetros de los ramales sean de $2\frac{1}{2}$ " y mayores y los diámetros de las líneas de 3" y mayores se usarán injertos o accesorios reforzados de acero forjado soldables (weldolets, Elbolets, Latrolets, Sweepolets, etc.). Cuando el servicio de proceso sea crítico, los injertos deberán substituirse por dichos accesorios.

e) Instalación de Válvulas:

Las válvulas de operación frecuente cuyo vástago esté a una altura mayor de 2250 mm

(7'-6") sobre el nivel de piso terminado o sobre plataformas requieran volantes con cadena o vástagos de extensión para su operación, estos dispositivos no se usarán en válvulas roscadas, las válvulas que no requieran operación frecuente y estén a esa altura, se instalarán de tal manera que puedan operarse desde una escalera portátil de 4200 mm (14'-0").

Las válvulas dentro de trincheras y de operación frecuente cuyo volante esté 300 mm (12") debajo de la cubierta se suministrarán con un vástago de extensión para alcanzar una distancia de 100 mm (4") debajo de dicha cubierta.

Las válvulas en las torres se conectarán directamente o lo más cerca posible de las boquillas a menos que una interferencia física evite la operación, siendo preferible no localizarlas dentro del faldón del recipiente.

f) Instalación de Tuberías en Bombas:

Las líneas de succión en bombas se diseñarán para soportarse adecuadamente evitando trampas y bolsas, las válvulas en líneas de succión a bombas serán del mismo diáme-

tro que el de la línea, las válvulas en -- las líneas de descarga de 3" ϕ y mayores - podrán ser de menor diámetro que el de la línea, pero no menor que el diámetro de la boquilla de la bomba, si una reducción es conveniente se mostrará en los diagramas - de flujo; antes de arrancar las bombas se instalarán filtros temporales en la suc--- ción por lo que se diseñará adecuadamente para quitar y reemplazar los filtros, usan do filtros planos temporales en líneas de succión de $1\frac{1}{2}$ " y mayores. En líneas de 1" ϕ y menores se usarán cedazos permanentes tipo "Y" y donde se indiquen en los diagra mas de flujo.

g) Venteos y Drenajes:

Se deberán suministrar válvulas en todos - los venteos y drenajes, tanto de recipientes y equipo, como de los instalados en lí neas aéreas que se utilizan para ayudar en las pruebas.

Se deberán suministrar drenajes en puntos bajos de todas las líneas.

Los drenajes que descarguen en recipientes, deberán terminar 50 mm (2") arriba de la - parte superior del recipiente y la descar-

ga deberá ser visible desde la válvula de drene.

A menos que se indique lo contrario en los dibujos de tubería o diagramas de flujo, - el diámetro mínimo de conexiones de ventosos y drenajes deberá ser de $3/4$ " .

ESPECIF. A.S.T.M.	TAMAÑO	SERVICIO	TIPO DE SOLDADURA	METAL DE RELLENO	TRATAMIENTO TERMICO	PROCESO REQUERIDA	RADIOGRAFIA DE SOLDADURA	PRUEBAS HIDRÓGRAFICAS DE PRESIÓN PSI, P=2 St/D	ALERCIÓN DESIGNADA	GRADOS Y RESISTENCIA A LA TENSIÓN MINIMA PSI	MATERIAL DE LA PLACA DE ACERO	RECONOCIMIENTO POR OTRO CODIGO
A155	NORMALMENTE 16" O.D. Y MAYORES.	ALTA TEMPERATURA	FUSION ELECTRICA	SI	REQUERIDO A TEMPERATURAS SUPERIORES DE 1100°F	T B(pi) BT	CLASE 1 REQUIERE CLASE 2 NO REQ.	REQUIERE: S=0.75 YS YS=YIELD STRENGTH	1/2 Mo 1/2 Mo 1/2 Mo 1/2 Cr-1/2 Mo 1 Cr-1/2 Mo 1 1/4 Cr-1/2 Mo 2 1/4 Cr-1 Mo 3 Cr-1/2 Mo	CM 65 65,000 CM 70 70,000 CM 75 75,000 1/2 Cr 68,000 1 Cr 60,000 1 1/4 Cr 60,000 2 1/4 Cr 60,000 3 Cr 60,000	A 204 GRADO A A 204 GRADO B A 204 GRADO C A 387 GRADO A A 387 GRADO B A 387 GRADO C A 387 GRADO D	A 357
A 333	SIN LIMITE	BANDA TEMPERATURA HASTA -320°F	SIN COSTURA Y SOLDADO.	NO PERMITIDO	REQ. NORMALIZADO O NORMA HASTA Y ATEMPERADO; GRADO B TEMPLADO Y ATEMPERADO	T F I	NO REQUIERE	REQ: S=0.60 YS 2,500 MAX. HAS TA 3". 2800 MAX. SUPS. A 3".	3 1/2 Ni Cr-Cu-Ni 2 1/4 Ni 9 Ni	3 65,000 4 60,000 7 65,000 8 100,000	-----	ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE SA-333 (EXCEPTO NOTA 1, PÁRRAFO 1a).
A 335	SIN LIMITE	ALTA TEMPERATURA	SIN COSTURA	-----	REQ. P1, P2, P12 ALIVIO DE ESFUERZOS A: 1200-1300°F; P5c TRAT. TER. A 1350°F Y LOS DEMÁS RECOCITE NORMALIZADO Y ATEMPERADO ARIEBA DE 1200°F	T F	-----	REQ. S=0.60 YS 2,500 MAX. HASTA 3". 2800 MAX. SUPS. A 3".	1/2 Mo 1/2 Mo (DLTO SI) 1/2 Cr-1/2 Mo 1 Cr-1/2 Mo 1 1/4 Cr-1/2 Mo 2 1/4 Cr-1/2 Mo 3 Cr-1 Mo 3 Cr-1/2 Mo 5 Cr-1/2 Mo (DLTO SI) 5 Cr-1/2 Mo (BANDO C) 7 Cr-1/2 Mo 9 Cr-1 Mo	F1 55,000 P15 60,000 P2 55,000 P12 60,000 P11 60,000 P22 60,000 P23 60,000 P5 60,000 P5b 60,000 P5c 60,000 P7 60,000 P9 60,000	-----	ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE SA-335
A 336	SIN LIMITE	COLECTORES DEFORJADOS	SIN COSTURA	-----	REQUIERE: RECOCIDO O NORMALIZADO Y ATEMPERADO	T	-----	NO REQUIERE	1/2 Mo 1 Cr-1/2 Mo 2 1/4 Cr-1 Mo 5 Cr-1/2 Mo (BAND C) 5 Cr-1/2 Mo (DLTO C) 1/2 Mo-1/4 V. 2 1/2 Ni-1/4 Mo-0.1 V. 3/4 Ni-3 1/2 Cr-0.4 Mo-0.1 V	F1 70,000 F2 70,000 F22 70,000 F5 60,000 F5a 80,000 F30 80,000 F31 95,000 F32 100,000	-----	ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE SA-336

SUMARIO DE REQUERIMIENTOS PRINCIPALES DE ESPECIFICACIONES A.S.T.M. PARA TUBERIA DE ACERO DE BANDA ALERCIÓN, CON Y SIN COSTURA.

planta de proceso, es indispensable llevar parte de - las mismas en una red subterránea; ya que deben pre-- verse espacios libres para operación y mantenimiento de equipos; accesos para instalación de equipos y tuberías y, operación de válvulas, así como lectura de controles e indicadores, etc. En igual forma hay que considerar claros libres (20% recomendable) en los -- puentes de tuberías aéreas, esto con objeto de prevenir instalaciones futuras.

De lo anterior es interesante observar la impor-- tancia que reviste el llevar tuberías enterradas que integren la red, algunas de ellas obligadas como acon tece con los drenajes fluyendo por gravedad y, el res to en base a la combinación de varios factores, tales como los requerimientos de espacio, conveniencia económica de instalación, requisitos de entrada y salida de líneas en los límites de batería de y hacia el com plejo, etc.

Resultado de todo lo expuesto anteriormente, es - la selección de tuberías y/o servicios que normalmente integran la red subterránea, como a continuación - se indica: Agua de enfriamiento, agua de servicio, - agua sanitaria, agua contra incendio, sistemas de dre naje.

- Agua de Enfriamiento:

Es la de mayor consumo en una planta, ya que ge

neralmente alimenta una gran cantidad de equipos que la requieren, como condensadores enfriados por agua y enfriadores. Su fuente normal de abastecimiento es un río o lago cercano. En ocasiones, debido a su escasez es recomendable recircularla, a través de torres de enfriamiento. En otras será necesario tratarla para prevenir incrustaciones, corrosión y formaciones de lama, en tuberías y equipos.

- Agua de Servicio:

Es la utilizada para fines de limpieza, tales como lavado de áreas de operación y cascarones de equipos, irrigación y mantenimiento. Debe estar libre de sedimentos pero no requiere ningún otro tratamiento, por lo que el personal de la planta debe evitar beberla.

- Agua Sanitaria:

Debe ser potable y, en consecuencia libre de bacterias y otros contaminantes, cuando se emplea independientemente a la utilizada en regaderas, lavabos y sanitarios.

Los sistemas de agua sanitaria operan a una presión que varía de 1.40 a 3.60 Kg./cm² (20 a 50 lb/pulg²) y, de existir una presión mayor, ésta deterioraría rápidamente los aparatos sanitarios.

- Agua contra Incendio:

Los requerimientos de este tipo de agua son intermitentes, por lo que debe garantizarse un almacenamiento suficiente de ella. Al igual que para el Agua Sanitaria, pueden instalarse tanques para almacenamiento elevados, de preferencia el agua debe ser limpia y, no contener ninguna conexión para alimentar ninguna otra red de agua, en ninguna circunstancia. Normalmente para alimentar el sistema se utilizan bombas - centrífugas, mismas que deben tener la capacidad suficiente para mantener en los hidrantes una presión de salida entre 7.03 y 8.80 Kg/cm² (100 a 125 lb/pulg.²).

Dichas bombas, por otra parte, deben tener diferente fuente de energía, es decir, una de ellas será impulsada por motor eléctrico y la otra, por ejemplo, con motor de gasolina.

- Sistemas de Drenaje:

Los sistemas de drenaje fluyendo por gravedad - para plantas de proceso, persiguen entre otros objetivos lo siguiente: Sistemas para desalojar rápidamente el agua pluvial, agua contra incendio y desperdicios; sistemas de trampeo de suciedad y sedimentos; Sistemas para prevenir la

propagación de fuego de una área a otra, etc.
Los sistemas de drenaje pueden clasificarse de acuerdo al tipo de servicio que prestan, según se indica a continuación:

- + Drenaje de Agua Pluvial.- Es el sistema que nos sirve para coleccionar el drenaje superficial máximo, esto es, para incluir la precipitación en una hora; agua de lavado (no contaminada) y agua contra incendio de mangueras, aspesores y monitores.
- + Drenaje de Agua Aceitosa.- Desechos de proceso no corrosivo que van a ser drenados periódicamente como: desperdicios de tanques, torres, bombas etc. así mismo se deben incluir las áreas drenadas de superficies donde existan derrames de hidrocarburos, tales como: Estaciones de carga de carros-tanque, trincheras de casas de bombas etc.
El drenaje aceitoso debe llevarse a un separador agua-aceite, antes de efectuar cualquier conexión al drenaje pluvial.
- + Drenaje Acido.- También conocido como drenaje químico y/o cáustico, es el empleado para coleccionar únicamente desechos químicos de proceso corrosivo que ocurran, tales como derrames, escapes y desfuegos de válvulas en equi

pos de proceso y bombas, incluyendo además - agua de lavado de las áreas ácidas. Los desechos ácidos y alcalinos, se manejan como - dos sistemas de drenaje separado hacia un me dio de tratamiento o pozo neutralizador.

+ Drenaje Sanitario.- Es el que constituye un sistema de alcantarillado para aguas negras, dentro del cual no se permitan desechos de - otros que no sean sanitarios. Este drenaje debe descargar dentro de una fosa séptica, - para una vez tratado se conecte al drenaje - pluvial.

La tubería metálica usada para redes subterráneas es: Hierro fundido; usado para drenajes en donde la unión de secciones de tubo de 3.60 m. y mayores, hacen más económica su instalación que las de barro vi trificado. Técnicamente su empleo se recomienda -- cuando las cargas exteriores resultan apreciables y no se cuenta con superficie colchón para amortiguarlas; así como cuando se requiere una impermeabilidad absoluta o en conductos expuestos a la interperie.

También es conveniente emplearla en conexiones con válvulas.

Hierro fundido revestido de cemento; su empleo se amplía para servicios que sean corrosivos o bien,

sujetos a grandes presiones.

Acero al Carbón: prácticamente esta tubería puede utilizarse para cubrir los requerimientos de todos los servicios considerados, debido a la amplia gama de tipos que se fabrican; pudiendo encontrar el tipo adecuado para un servicio dado, que satisfaga las cuatro variables principales que intervienen en la selección de un material de tubería como son: la temperatura, la presión, los efectos de la corrosión y el costo.

Cobre: La tubería de cobre puede utilizarse en agua-sanitaria, aún cuando el cobre se deteriora rápidamente a la temperatura y bajo esfuerzos repetidos. Suele emplearse en todo caso, en diámetros pequeños.

Se usan otros materiales no metálicos como: concreto simple, concreto armado, asbesto-cemento, barro vitrificado o barro cocido, todos ellos para drenajes.

II.2.5 PROCEDIMIENTOS DE DIBUJO.

Existen tres procedimientos para desarrollar con detalle los trazados de tuberías, éstos son:

- A. Planta y sección
- B. Isométrico
- C. Modelo.

El método de planta y sección es un sistema convencional de proyecciones ortogonales, en el cual -- las tuberías son representadas en planta a varias -- elevaciones tomándose diversas secciones para determinar totalmente el trazado. Un ejemplo de este dibujo es la Fig. II.4 actualmente este sistema se -- usa, para planos de conjunto llamados planos de área

El método isométrico utiliza una proyección isométrica del sistema, para representarlo aunque el -- sistema o línea este representada en planta, se hace uno o varios isométricos del mismo para representarlo con toda claridad y datos necesarios, elaborandolo junto con una lista de materiales requeridos --- Fig.II.5 este sistema es universalmente adoptado.

El método de modelo emplea uno o varios modelos a escala conjuntamente con un número limitado de dibujos, ya que siempre es necesaria la utilización de un plano de situación.

Una vez que el modelo esta terminado se pueden hacer los correspondientes isométricos directamente o - a partir del modelo. Este sistema ha sufrido un gran incremento en su utilización en los últimos años ya - que representan ventajas de ahorro de tiempo con relación a los metodos clásicos.

A. Método de Planta y Sección.-

- a) Se inicia con el estudio de la situación y trazados de líneas, se decide la escala y la división en áreas de la planta.
- b) Dibujo de plantas; todas las líneas y equipo - que aparecen en una área determinada son dibujados en planta en uno o varios dibujos, tantos como distintas elevaciones se hagan, para mayor claridad.
- c) Dibujo de Secciones: simultaneamente con las - plantas, se dibujan las secciones para mayor claridad de partes demasiado complicadas para ser representadas unicamente en planta.
- d) Comprobación de los Dibujos: esto es hecho en uno o dos pasos; a veces simultaneamente.

Una comprobación se hace para estar seguro de que estan todas las líneas que aparecen en el diagrama de flujo y que estas líneas figuren - con su apropiada especificación.

La otra verificación consiste en comprobar que

los requerimientos de proceso son cumplidos, - las válvulas se encuentren en posición operable, que existan las necesarias tolerancias entre los equipos, que las dimensiones sean correctas, etc.

- e) Lista de Materiales: una vez que los equipos - han sido verificados, todo el material es enlistado para proceder a su compra.

B. Método Isométrico.-

Los puntos a) y b); Estudio y dibujo de plantas; - son los mismos que para el método anterior, -- con la excepción de que no se hace tan detallado, ya que las tuberías pequeñas o secundarias no son representadas. (Fig. II.5)

- c) La mayor diferencia de este método con el anterior, consiste en esta fase, en la cual la tubería es mostrada en todo detalle en un sistema isométrico. Normalmente cada línea es representada en un solo dibujo, excepto cuando esta muy complicada, en cuyo caso se requeriran varios.
- d) Comprobación de Dibujos: Después de pasar por el punto c), los procedimientos a seguir varían con el equipo humano de trabajo. La comprobación es hecha por una o varias personas, según

el tamaño y la disposición de personal.

- f) **Lista de Materiales:** La elaboración de ésta, - se simplifica grandemente con este método; ya que cada trazado en particular posee su propia lista de material y puede ser reflejado conjuntamente en el dibujo isométrico de la línea.

C. Método de Modelo.-

- a) **Estudio;** los modelos a escala son preparados - con todos los elementos a escala, usualmente - la misma que se usa en los dibujos. Los materiales son de madera y de plástico.

Sobre una mesa cuadriculada a escala, se van - situando los distintos componentes del área, - una vez que se ha decidido la mejor situación del equipo, de esta forma se elimina gran parte del estudio del trazado y situación del --- equipo y líneas, aunque siempre sea necesario el auxilio de algunos esquemas, principalmente para la situación de líneas complejas.

- b) **Dibujo de Plantas:** En esta fase es cuando más ahorro de tiempo y esfuerzo se realiza, ya que no es necesario hacer plantas, pues el propio modelo constituye la planta.

- c) **Dibujo de Secciones:** No es normalmente usado - excepto en algunos esquemas preliminares. Los isométricos pueden ser preparados directamente

a partir del modelo.

- d) Comprobación: Como en los otros dos métodos anteriores se realiza una comparación a través del diagrama de flujo, pero si el modelo se completa con gran detalle, podría que no fuese necesaria una comprobación con el diagrama de flujo.

En general el procedimiento que se siga para la comprobación no varía grandemente con relación a los seguidos en los otros dos métodos anteriores, aunque depende del tipo de planta de proceso y de la calidad del personal de diseño. Los posibles conflictos aparecen con mayor notoriedad, durante la construcción del modelo por lo que pueden ser eliminados más fácilmente.

- e) Lista de Materiales: Como se utilizan isométricos para el detallado, es sistema a seguir es idéntico al utilizado en el método tridimensional.

II.2.5.1 COMPARACION DE LOS METODOS.

No sería consecuente seleccionar un sólo método para todos los proyectos, ya que cada planta tiene sus propias particularidades y la capacidad de los grupos de diseño también varía de un proyecto a otro.

Los tres métodos mostrados anteriormente son usados por casi todas las compañías de ingeniería.

El método de planta y sección es un método clásico que fundamentalmente tiene la ventaja de la simplicidad, por lo cual se emplea para sistemas de tuberías tales como:

- Tubería enterrada, colectores de desagüe, sistemas de agua.
- Trazado de Líneas Paralelas.
- En plantas con trazados sencillos o colectores en plantas de bombeo.

El método isométrico es extremadamente útil para la representación de sistemas de tuberías complejas, tales como se encuentran normalmente en las Plantas de Proceso.

Con el fin de simplificar los procedimientos cuando se trata de grandes cantidades de líneas, es más económico fijar los procedimientos a seguir en relación con el tipo de planta y de tuberías, o más comúnmente, con el tamaño de la planta.

En la preparación de modelos, el diseño de la planta puede hacerse mucho más rápidamente que mediante el método clásico conjuntamente con este ahorro de tiempo, el modelo da una mayor visualización, con lo cual se evitan muchos problemas, ya que éstos pueden ser -

evitados en las primeras fases del diseño. Normalmente esta facultad de poder ver los problemas en las -- primeras fases del diseño compensa el mayor precio -- del modelo, debido a que cualquier cambio en las tuberías, afecta no solamente al diseño de tuberías en sí, sino también materiales, fabricación y algunas veces montaje.

El modelo es muy útil para el estudio inicial de la planta y para el diseño de las estructuras de la - planta, ya que a partir del modelo, los diseñadores - de estructuras, pueden a menudo simplificar plataformas, escaleras y soportes, y aun ocurre lo mismo para diseño eléctrico.

Para la organización de la ingeniería de proyecto; el modelo introduce simplificaciones importantes, evitando pérdidas de tiempo; tales como hacer copias, -- transmisión y distribución de éstas, estudios en co-- mún; diseñadores-cliente etc.

El último uso del modelo lo hace el constructor - durante la construcción de la planta, por lo cual resulta conveniente enviar el modelo al lugar de cons-- trucción de la planta para poder utilizarlo como referencia por los grupos de montaje y para resolver los problemas que pudiesen presentarse durante el montaje y, en última instancia, cuando la planta ha sido to--

talmente terminada, sirve para el entrenamiento del personal de operación.

Los modelos tienen el inconveniente de que no pueden ser reproducidos y ser fácilmente transportados, aunque puede ser fotografiado de distintos ángulos.

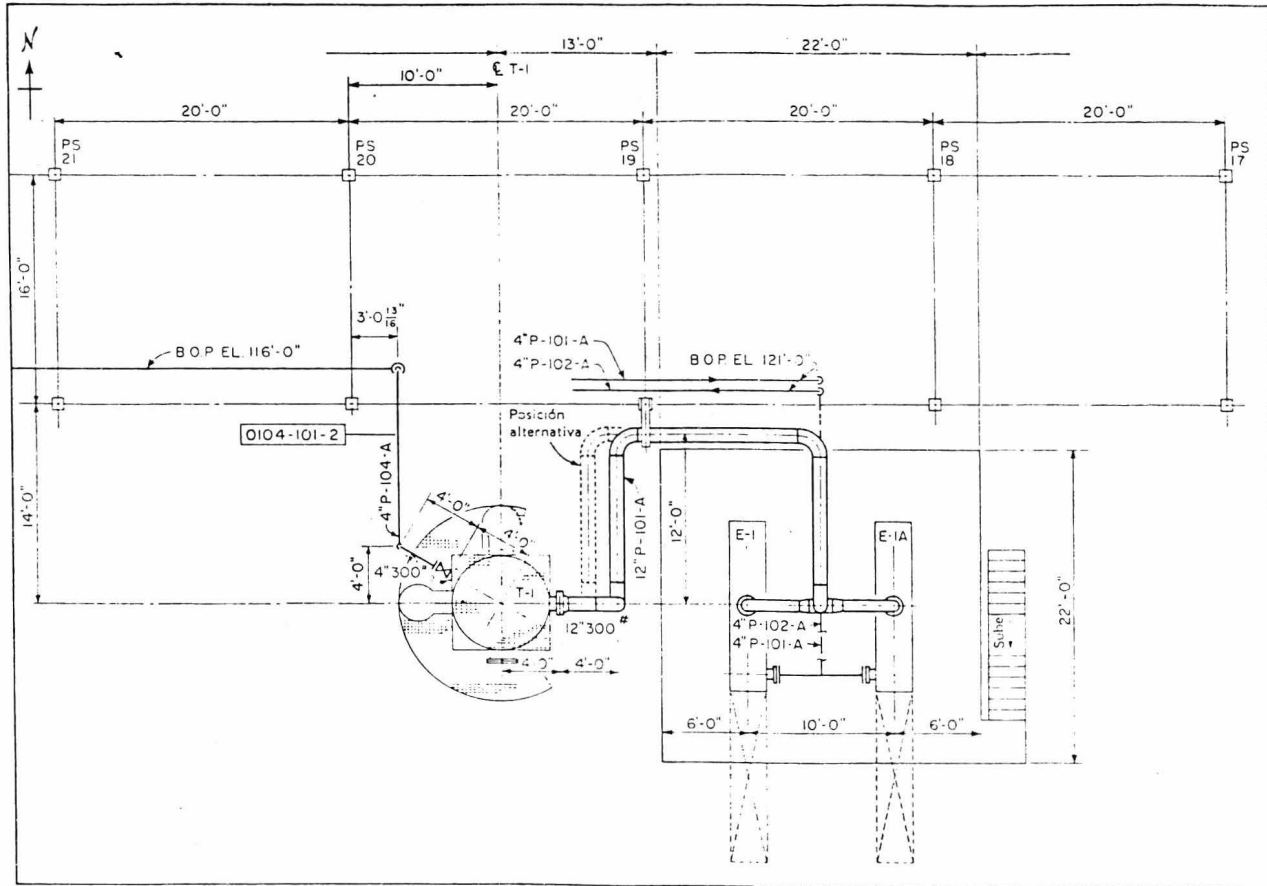


FIG. II.4 DIBUJO DE PLANTA Y SECCION DE TUBERIAS.

II.2.6 CALCULOS DE TUBERIA.

La caída de presión en una línea para una instalación de tubería en particular de tubería es la suma de las pérdidas por fricción en tuberías, válvulas y accesorios ~~mas~~ pérdidas en válvulas de control ~~mas~~ pérdidas en el equipo del sistema ~~mas~~ la pérdida estática - debido a la elevación o nivel de presión.

Para estimar las pérdidas por fricción se hace uso de una serie de gráficas y tablas mostradas en este -- punto.

Las pérdidas por fricción dependen y estan en función del número de Reynolds y del factor de fricción.

A. Pérdidas por Fricción.-

- Número de Reynolds Re:

El número de Reynolds fué originalmente propuesto por Sir Osborne Reynolds a mediados del siglo pasado, como un criterio para delimitar la naturaleza del flujo en ductos y tuberías.

El número de Reynolds puede derivarse en varias formas diferentes; por ejemplo, considere la --- ecuación de transferencia de cantidad de movi--- miento en una geometría cilíndrica.

$$\tau_y q_c = -(v + \epsilon_T) \rho \frac{dv}{dr} \quad (1)$$

El miembro de la derecha de esta ecuación expresa la velocidad de transferencia de cantidad de movimiento mediante dos mecanismos, y los dos mecanismos pueden separarse en:

Velocidad de transferencia por transporte molecular.

$$- \nu \rho \left(\frac{dv}{dr} \right) \quad (2)$$

y Velocidad de transferencia por transporte turbulento:

$$- E_T \rho \left(\frac{dv}{dr} \right) \quad (3)$$

Combinando los dos términos separados en un mecanismo apropiado se tiene:

$$\frac{\text{Transferencia de cantidad de movimiento por mecanismo turbulento.}}{\text{Transferencia de cantidad de movimiento por mecanismo molecular.}} = \frac{- E_T \rho (dv/dr)}{- \nu \rho (dv/dr)} \quad (4)$$

El miembro derecho de la ecuación (4) está compuesto por los valores de punto de los dos mecanismos de transferencia. En cualquier punto --- (dv/dr) es constante, prescindiendo del mecanismo; por lo tanto, la ec. (4) puede escribirse para definir un valor de punto del número de Reynolds.

$$(NR_e)_r = \frac{(E_T)_r}{\nu} \quad (5)$$

Donde r es la posición radial.

Si la difusibilidad de cantidad de movimiento de los remolinos, se expresa como el producto de la velocidad pulsante en flujo cruzado y la longitud de mezcla de Prandtl ($E_T = \lambda |v'|$), y la velocidad de pulsación es igual a la velocidad de pulsación en el flujo axial o $|u'| = |v'|$; por lo tanto, el valor de punto del número de Reynolds puede escribirse como:

$$(NRe)_r = \frac{(\lambda |v'|)_r}{\nu} \quad (6)$$

Las cantidades λ (longitud de mezcla de Prandtl) y v' pueden integrarse sobre el núcleo turbulento para dar los valores medios de $\bar{\lambda}$ y \bar{v}' en cuyo caso $\bar{\lambda} \approx D$ y $|\bar{v}'| \approx v(\sqrt{f/8})$. Si se desprecia la variación de $\sqrt{f/8}$ entonces $(\bar{\lambda} \bar{v}') \approx (D\bar{v})$ y el número de Reynolds puede escribirse como:

$$NRe = \frac{D\bar{v}}{\nu} = \frac{D\bar{v}\rho}{\mu} \quad (7)$$

Donde ν viscosidad cinemática, y $\nu = \frac{\mu}{\rho}$. Una relación útil puede ser la desarrollada escribiendo una ecuación sencilla de balance de materiales para el flujo a través de ductos.

$$w = \bar{v} \rho s \quad (8)$$

donde W = flujo en masa.

Esta ecuación se llama ecuación de continuidad en tuberías de sección transversal constante, y que operan a régimen permanente, W y S son constantes:

$$\frac{W}{S} = \bar{v} \rho = \text{cte.} \quad (9)$$

El producto $\bar{v} \rho$ es constante para cualquier fluido independientemente de su cambio en densidad debido a la temperatura o a la presión en los fluidos compresibles. La velocidad ajusta los cambios de densidad. Este producto se conoce como masa-velocidad y está dado por el símbolo $G = \bar{v} \rho$ usando este símbolo, el número de Reynolds frecuentemente se escribe como:

$$N_{Re} = \frac{D \bar{v} \rho}{\mu} = \frac{DG}{\mu} = \frac{D \bar{v}}{\nu} \quad (10)$$

- Factor de Fricción:

El factor de fricción es proporcional al cociente de la pérdida de cantidad de movimiento del fluido y a la pérdida de cantidad de movimiento debido a la actividad de los remolinos.

La gráfica de la fig. II.6 que corelaciona el factor de fricción y el número de Reynolds se basa en tubos lisos, y consecuentemente depende de la fricción de la capa fronteriza. Es-

ta capa fronteriza es la porción de la fricción del fluido que se asocia con la fuerza tangencial en una superficie lisa y que está orientada en forma paralela a la dirección del flujo. En contraste a la tubería lisa, la parte interior de los tubos comerciales no es lisa en el sentido en que la palabra se usa aquí. La fricción para una tubería comercial nueva en el régimen turbulento es de 20 a 30 % mayor que en los tubos lisos. En este caso la fricción del fluido es una función de la aspereza de la tubería, el tamaño de la misma, de las propiedades del fluido, y de la velocidad del mismo.

Una tubería comercial es áspera en virtud del procedimiento de manufactura. Esta rugosidad causará la separación de la capa fronteriza y obligará a la formación de paquetes o remolinos dentro de las asperezas, la que dá como resultado una disipación de la energía y pérdidas adicionales, debidas a la fricción. Los experimentos han confirmado este hecho: la caída de presión en tubería muy áspera (artificialmente) es más elevada que la caída de presión en tubería menos áspera, manteniendo los otros factores constantes en ambos casos.

En la literatura se encuentran reportadas diferentes ecuaciones para el cálculo de factor de fricción, ninguna de ellas difiere respecto al concepto global. La diferencia se localiza en el valor y localización de una constante. Una de ellas es despejando de la ecuación para cálculo de pérdidas de fricción:

$$f = \frac{Hfs}{\rho^2 L} = \phi [(NRe), (\epsilon/D)]$$

Donde f = factor de fricción (adimensional)

D = Diámetro de la tubería

\bar{v} = Velocidad promedio del fluido

Hfs = Pérdida total por fricción en el fluido.

L = Longitud total

ϵ/D = Rugosidad relativa (adimensional).

La fig. II. 6 está hecha a partir de las siguientes ecuaciones:

$$f = \phi [Re, \epsilon/D]$$

Para la zona de régimen laminar está representada por la siguiente ecuación.

$$f = \frac{64}{NRe}$$

Varias ecuaciones todas ellas empíricas, se ofrecen para la región de flujo turbulento; la primera es válida para el rango de NRe entre 5,000 y 200,000

$$f = \frac{0.184}{(NRe)^{0.2}}$$

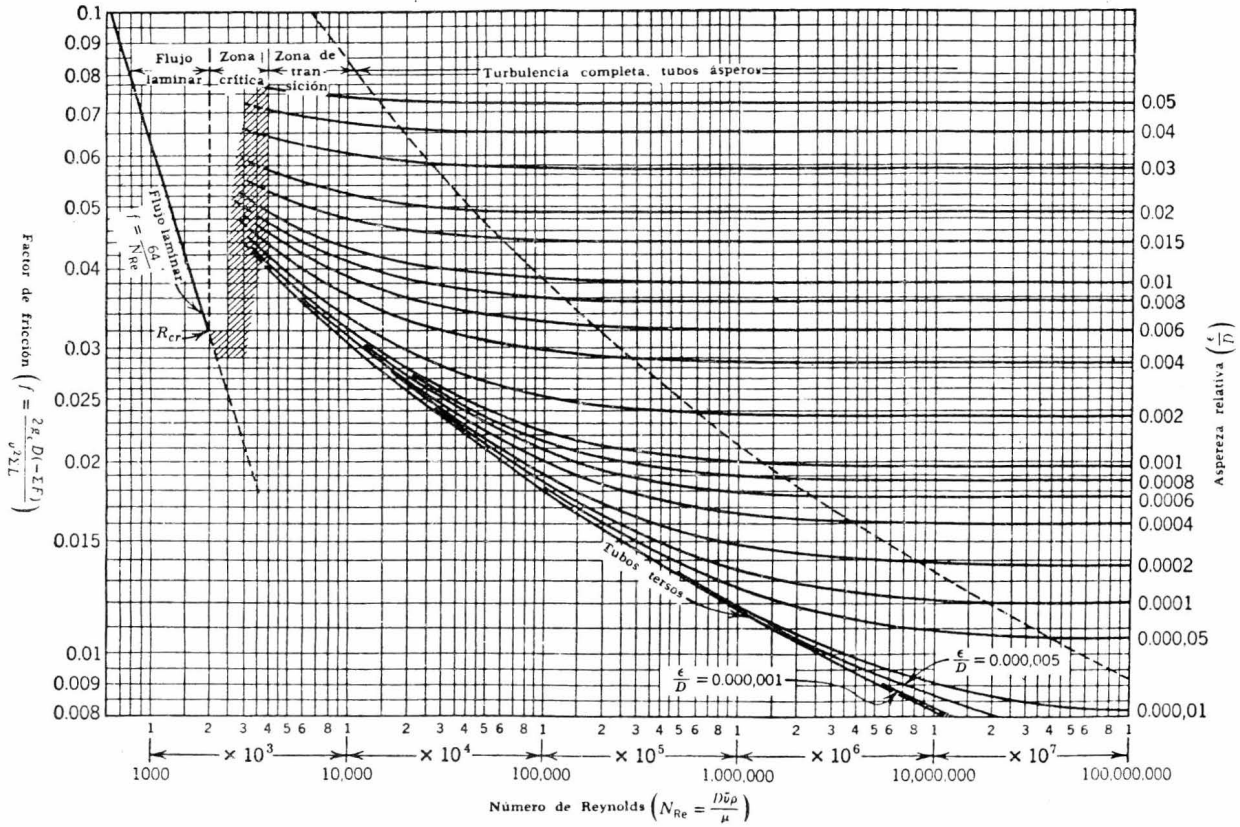


FIG. II.6 FACTOR DE FRICCIÓN PARA TUBERIA LIMPIA DE ACEROS COMERCIALES.

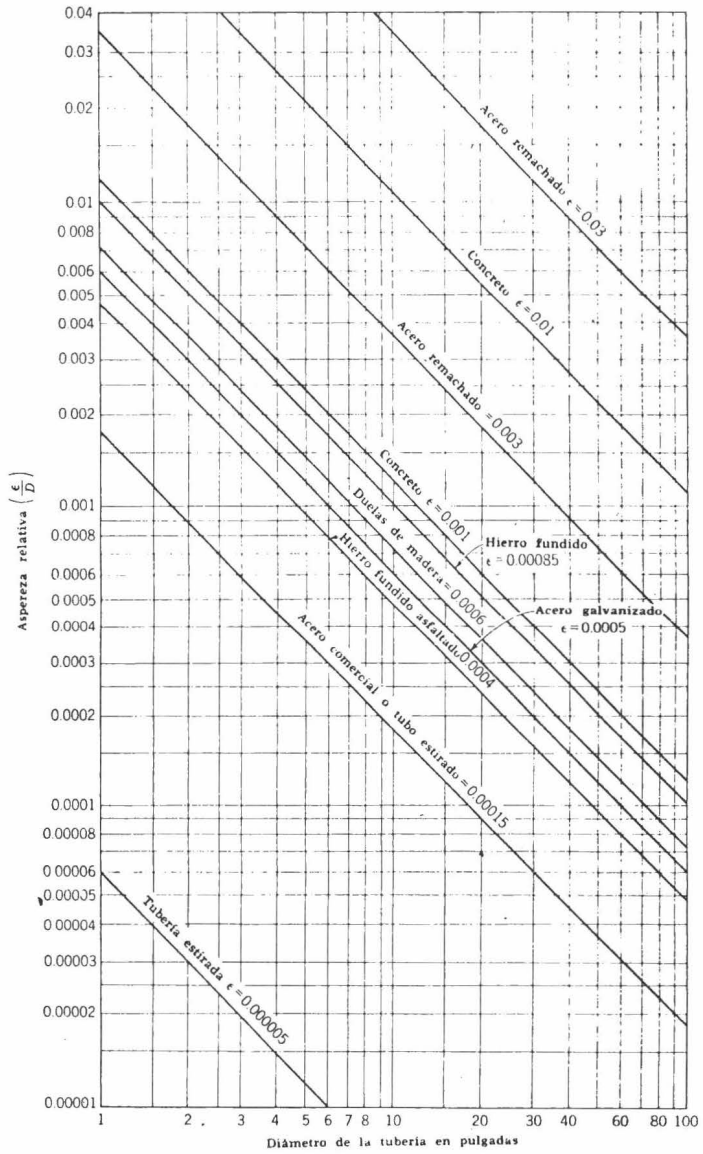


Fig.II.6a: Rugosidad Relativa de Materiales para Tuberías.

Otra expresión más exacta, válida para un rango más amplio, de NRe entre 3,000 y 3 millones es.

$$f = 0.00560 + \frac{0.5}{(NRe)^{0.32}}$$

Rangos de flujos laminar transición y turbulento, por medio de valores de número de Reynolds:

Flujo laminar < 2000

Flujo transición $2000 - 4000$

Flujo turbulento > 4000

B. Ecuación General de Energía Mecánica o Ecuación de Bernoulli:

Para obtener una relación entre los diversos tipos de energía implicados en el sistema que está fluyendo imaginando en la fig.II.7 se requieren varias su posiciones.

El material que fluye a través del sistema es un fluido.

La definición de un sistema de flujo abierto bajo las condiciones del estado establece requerir que:

- a) El fluido que fluye al sistema sea uniforme en cuanto a propiedades y a velocidad, y que éstas sean invariantes con el tiempo.
- b) El fluido que sale del sistema sea uniforme en cuanto a propiedades y velocidad, y que estas sean invariantes con el tiempo.

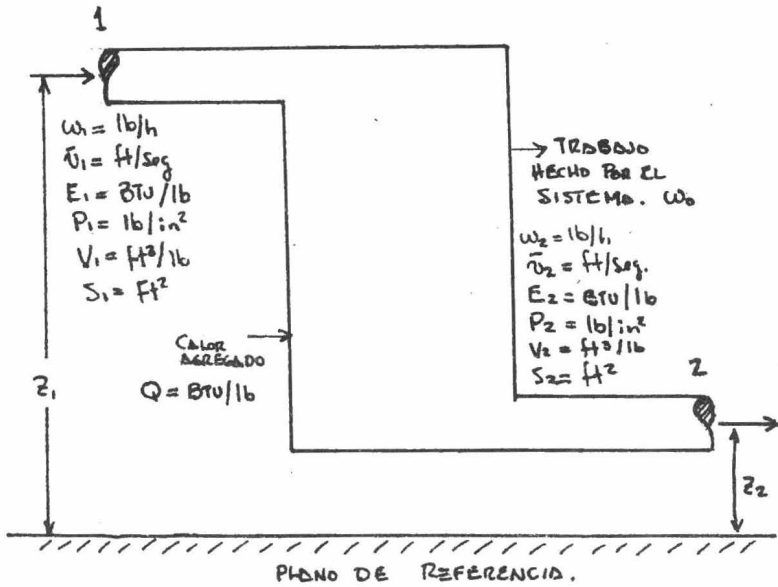


FIG. II.7

Las condiciones de salida no serán idénticas forzosamente a los de entrada.

- c) Las propiedades físicas del fluido en cualquier punto dentro del sistema son constantes con respecto al tiempo.
- d) La cantidad de masa que entra y sale del sistema es constante.
- e) El calor añadido y el trabajo dado son constantes. De acuerdo con el principio de conservación de la energía, la energía total que entra el sistema debe ser igual a la energía total -- que sale del sistema, si se deprecian las energías electrostáticas y magnéticas, las energías que consideramos para este sistema son aquellas transportadas por el fluido y las transferidas entre el fluido y su vecindad.

La energía transportada por el fluido incluye:

- La Energía Interna:

La energía interna es una propiedad intrínseca del fluido. El sistema que estamos estudiando - estará integrado por moléculas, siguiendo un movimiento errático. La orientación y movimiento de las moléculas puede estar aunando a la energía potencial interna y cinética.

La energía interna esta definida como la ener--

gía que tiene una libra de fluido debido al momentum de energía cinética + energía rotacional + energía traslacional, etc. de la molécula

Dimensiones:

$$U = \frac{\overrightarrow{1b} \text{ ft}}{1b_m}$$

- Energía Potencial:

La energía potencial externa $Z \frac{g}{g_c}$ debida a la posición del fluido con respecto a un plano de referencia arbitrario.

Dimensiones:

$$Z \frac{g}{g_c} \text{ ft} \frac{\cancel{\text{ft}} \cancel{\text{seg}^2}}{\cancel{\text{ft}} \cancel{\text{seg}^2} \frac{1b_m}{1b_f}} = \text{ft} \frac{1b_f}{1b_m}$$

- Energía Cinética.

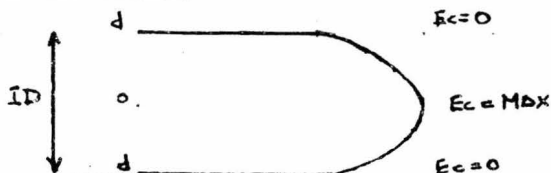
La energía cinética externa ($v^2 / 2g_c \alpha$) asociada al movimiento del fluido. El término α debe estar incluido en el término relativo a la energía cinética para tomar en cuenta el efecto de la distribución de velocidad en el perfil del flujo sobre la energía cinética promedio. Si existiera un pequeño gradiente de velocidad tal como acontece en el flujo turbulento completamente desarrollado α se aproxima a la unidad. Para el flujo laminar, el valor de α no es la unidad y debe estar incluido en el término de -

la energía cinética, la fig. II.8 muestra la relación entre α y el número de Reynolds para el flujo de fluidos dentro de tubos. α es adimensional. *Fig.*

Dimensiones:

$$\frac{v^2}{2\alpha g_c} = \frac{(\text{ft}/\text{seg})^2}{\frac{\text{ft}/\text{seg}^2 \cdot \frac{\text{lbm}}{\text{lb}_f}}{\text{lb}_f}} = \text{ft} \frac{\text{lb}_f}{\text{lbm}}$$

Distribución de la energía cinética en el perfil del fluido



- La energía de presión (PV) transportada por el fluido como resultado de haber sido introducido en el sistema. En realidad el producto PV es un término de trabajo a expensas de la energía de la vecindad. Esta energía es la fuerza ejercida por el fluido inmediatamente después del punto de entrada multiplicada por la distancia a lo largo de la cual actúa. Esta distancia es igual al volumen específico del material dividido entre el área transversal en el punto de entrada así que el trabajo hecho es la fuerza multiplicada por la distancia.

$$(PS) \left(\frac{V}{S} \right) = PV$$

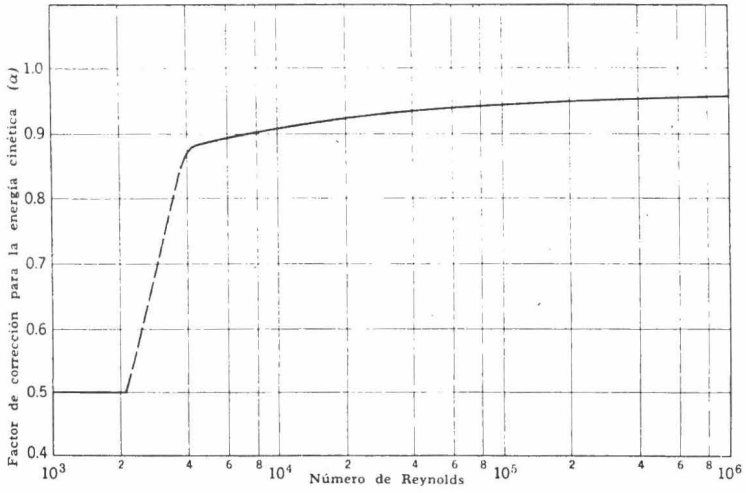


Fig. II.8 Factor de correlacion para la Energía Ci nética como una función del número de — Reynolds.

Factor de corrección p/E.C. = f (No. Re)

La energía transferida entre el sistema y su ve
cindad incluye:

a) **Energía Calorífica:**

El calor Q es absorbido por el material que es-
ta fluyendo de la vecindad. La temperatura del
fluido puede o no aumentar, al proporcionar ca-
lor al sistema. Es posible que el fluido perma
nezca en un flujo isotérmico mientras se agrega
calor, ya que la energía añadida puede encon --
trar salida en otras formas.

La cantidad de calor procedente de los alrededo
res debe incluir totalmente el calor que pasa
a través de la frontera del sistema.

Esto excluye el calor generado por fricción, --
puesto que este calor debe venir de una disipa-
ción de otras formas de energía. Según la con-
vención el signo de Q es positivo si el calor --
se transfiere del medio ambiente al sistema.

Dimensiones:

$$Q = \frac{\text{lb}}{\text{lbm}}$$

b) **Trabajo:**

El trabajo W es transferido por el fluido al ex
terior a medida que fluye por el equipo. Para
que el fluido pueda dar trabajo al exterior, se

requiere que opere algún equipo productor de -- trabajo; tal como una turbina, bomba, etc. Este término se llama frecuentemente trabajo "en la flecha". Esta cantidad de trabajo, como el calor, debe pasar a través de la frontera del sistema. Según la convención, el signo de W es positivo si el trabajo se hace por el fluido y se transfiere a los alrededores.

El balance de todas las energías incluidas por el sistema de flujo estudiado, y siguiendo la -- la. ley de la termodinámica; (la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma). Se -- puede escribir:

Energía en el punto 1 = energía en el punto 2

$$Z_1 \frac{\rho}{\rho_c} + \frac{\bar{U}_1^2}{2g_c} + P_1 V_1 + U_1 + Q + W_0 = Z_2 \frac{\rho}{\rho_c} + \frac{\bar{U}_2^2}{2g_c} + P_2 V_2 + U_2 \quad (1)$$

En forma diferencial.

$$dQ + dW_0 = \frac{\rho}{\rho_c} dZ + \frac{v dv}{g_c} + d(PV) + dU \quad (1-A)$$

Esta ecuación esta referida a un balance total- de energía, puesto que se basa solamente en el concepto de conservación de la misma, su vali- -- dez es rigurosa para el estado estable.

La energía interna es una propiedad termodinámi- ca intrínseca del sistema, y se obtiene solamen- te por diferencia o bien estableciendo una ---

base arbitrariamente a partir de la cual se puede calcular U. en forma similar el término PV es también una propiedad intrínseca del sistema, más aún, puesto que U y PV aparecen como sumas en ambos lados de la ecuación 1 es a veces conveniente combinar esta suma en una sola cantidad que sea también una propiedad intensiva del sistema, así podemos definir la entalpía: (2a. ley de la termodinámica).

$$h = U + PV \quad (2)$$

sustituyendo 2 en la ecuación 1.

$$z_1 \frac{g}{g_c} + \frac{\bar{v}_1^2}{2Ag_c} + h_1 + Q_1 + W_b = z_2 \frac{g}{g_c} + \frac{\bar{v}_2^2}{2Ag_c} + h_2 \quad (2-A)$$

La entalpía, como la energía interna, puede calcularse solamente como una diferencia. En general, el cambio de entalpía de un sistema es una función del calor específico y del cambio de temperatura del sistema a lo largo de una trayectoria a presión constante, o bien — donde el volumen específico es muy pequeño, como es el caso en los sólidos y en los líquidos, por lo tanto, el cambio en entalpía con respecto a la temperatura es:

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT \quad (4)$$

donde: ΔH = cambio de entalpía BTU/lb

C_p = calor específico a presión constante BTU/lb °F

T_2 y T_1 = temperaturas inicial y final °F

Para un caso real, la ecuación general de balance, de energía o ecuación de Bernoulli, deberá de llevar un término referente a la energía que pierde el fluido en el trayecto estudiado, este término es referente a las pérdidas por fricción. (H_{fs}).

El proceso de flujo es un proceso irreversible.

$$dU = Tds - p dV \quad (4)$$

En un proceso reversible $Tds = dQ_r$ (5)

sustituyendo (5) en (4):

$$dU = dQ_r - p dV \quad (6)$$

y ∴

$$dQ_r = dQ + dH_{fs} \quad (7)$$

donde dH_{fs} = diferencial de la pérdida de energía por fricción.

sustituyendo en la ecuación (4)

$$dU = dQ + dH_{fs} - P dV \quad (8)$$

sustituyendo (8) en la ecuación diferencial de energía

$$\frac{q}{g_c} dz + \frac{v du}{g_c} + d(PV) + dQ + dH_{fs} - p dV = dQ + dW_o \quad (9)$$

Integrando entre los puntos 1 y 2 de la ecuación (9) queda:

$$\frac{g}{g_c} (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2\alpha g_c} + (P_2 V_2 - P_1 V_1) + \sum \frac{z}{r} H f_s - \int_1^2 p dV = \omega_0 \quad (10)$$

$$z_1 \frac{g}{g_c} + \frac{\bar{v}_1^2}{2\alpha g_c} + P_1 V_1 - \int_1^2 p dV + \omega_0 = z_2 \frac{g}{g_c} + \frac{\bar{v}_2^2}{2\alpha g_c} + P_2 V_2 + \sum \frac{z}{r} H f_s \quad (11)$$

Que es la ecuación general de balance de energía mecánica o ecuación de Bernoulli, en forma diferencial queda expresada:

$$\frac{g}{g_c} dz + \frac{v dv}{\alpha g_c} + d(PV) - p dV = d\omega_0 - dH f_s \quad (12)$$

Para fluido incompresibles: $dV = 0$ (el cambio de volumen es = cero)

$$\int p dV = 0 \quad (13)$$

La ecuación (11) queda:

$$z_1 \frac{g}{g_c} + \frac{\bar{v}_1^2}{2\alpha g_c} + P_1 V_1 + \omega_0 = z_2 \frac{g}{g_c} + \frac{\bar{v}_2^2}{2\alpha g_c} + P_2 V_2 + \sum \frac{z}{r} H f_s \quad (14)$$

Si tomamos como base de masa, la unidad;

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (15)$$

sustituyendo 15 en la ecuación (14)

$$z_1 \frac{g}{g_c} + \frac{\bar{v}_1^2}{2\alpha g_c} + \frac{P_1}{\rho_1} + \omega_0 = z_2 \frac{g}{g_c} + \frac{\bar{v}_2^2}{2\alpha g_c} + \frac{P_2}{\rho_2} + \sum \frac{z}{r} H f_s \quad (16)$$

La ecuación No. (16) es la expresión para estudiar un tramo de tubería en condiciones reales. donde el término $H f_s$ es igual a :

$$h_{fs} = \frac{f L v^2}{D 2g_c} \quad \text{Ecuación general de pérdidas por fricción o fórmula de Darcy's}$$

donde : f = factor de fricción = ϕ (NRe, E/D)--
mencionados anteriormente.

C. Fluidos Compresibles:

El flujo de fluidos compresibles tales como gases, vapores, vapor de agua, etc., es considerado en general de igual manera que los líquidos o fluidos no-compresibles.

La ecuación general de balance de energía o de -- Bernoulli en su forma diferencial (Ec.12) es usada -- para todos los fluidos.

Se han desarrollado además fórmulas empíricas, -- que se ajustan a sistemas en particular, las cuales -- tienen que ser demostradas para ser aceptadas dentro de la ingeniería de fluidos.

a) Pérdidas por fricción para flujos de vapor de agua:

- La relación de D'arcy para flujo de vapor es:

$$\Delta P/100 = \frac{0.000336 f w^2 \bar{v}}{d^5} \quad (17)$$

$$\Delta P/100 = \frac{0.000001959 f (q'h)^2 S_g^2}{d^5 \rho} \quad (17.a)$$

donde:

f = factor de fricción

w = flujo (lb/h)

\bar{V} = volumen específico (ft³/lb)

d = diámetro (ft)

p = densidad (lb/ft³)

Estas fórmulas son aplicables a sistemas con flujos compresibles bajo las siguientes condiciones:

- + cuando la Δp total $< 10\%$ de la presión de entrada, usar ρ o \bar{V} basadas en las condiciones de entrada o salida.
- + cuando Δp total $> 10\%$ la presión de entrada, pero $< 40\%$, usar ρ o \bar{V} promedio basadas en las condiciones de entrada y salida.
- + cuando Δp total $> 40\%$ la presión de entrada, usar la fórmula de Babcock.

De la fórmula (17); se puede escribir así:

$$\Delta P/100 = (w^2 10^{-19}) \left(\frac{336000}{d^5} \right) \bar{V} \quad (19)$$

Si

$$C_1 = w^2 10^{-19} \quad (20) \quad \text{y} \quad C_2 = \frac{336000 f}{d^5} \quad (20)$$

SUSTITUYENDO: (20) en (19) queda:

$$\Delta P/100 = C_1 C_2 \bar{V} = \frac{C_1 C_2}{p} \quad (21)$$

C_1 y C_2 pueden obtenerse usando el nomograma de la Fig. II.9 y tabla de la Fig. II.10

b) Fórmula de Babcock:

Comparando los resultados obtenidos entre varias fórmulas empíricas para vapor, la ecuación de -- Babcock proporciona mejores resultados para diseños a presiones de 500 psia y menores. Para líneas más pequeñas de 4"

$$P_1 - P_2 = \Delta P = 0.000131 \left(1 + 3.6/d\right) \frac{\omega^2 L}{\rho d^5} \quad (22)$$

$$\Delta P/100 = \omega^2 F / \rho \quad (23)$$

donde F es un factor (fig. II.11)

Para líneas de transmisión largas, superiores a 200 ft, la línea deberá ser calculada, tomando ρ promedio para cada incremento.

c) Pérdidas por fricción en líneas de flujo de vapor y gases:

- Velocidad sónica o crítica.- (velocidad del sonido en el fluido) es la máxima velocidad a la cual un fluido compresible puede alcanzar en una tubería.

$$V_s = \left[(C_p/C_v) (32.2) (1544/MW) (460+t)^{1/2} \right] \quad (24)$$

$$V_s = 68.1 \left[(C_p/C_v) P/\rho \right]^{1/2} \quad (25)$$

la relación C_p/c_v se denomina k y se encuentra tabulado en tablas o gráficas.

Donde las propiedades son evaluadas a las condiciones del flujo sónico.

En el punto donde se alcance la velocidad sónica se alcanza la máxima caída de presión.

d) Como determinar el tamaño de tubería para una determinada capacidad y caída de presión:

1) fijar un diámetro de tubería y calcular la velocidad en ft/seg por medio del flujo.

2) calcular la velocidad sónica por medio de la ecuación 24.

3) cuando la velocidad del inciso (2) sea mayor que la velocidad del inciso (1), calcular la caída de presión en la línea con las ecuaciones usuales; si la velocidad sónica es menor que la velocidad calculada en el inciso (1), fijar otro diámetro y repetir el cálculo.

e) Fórmula de Weymouth:

Esta ecuación es aplicable a gases y vapores sometidos a grandes pérdidas por fricción y por consiguiente a grandes cambios de densidad, en tubería a presión alta; de 30-600 psig. en líneas de 6" y mayores:

$$P_1^2 - P_2^2 = \frac{16f L W^2 Z R T}{g_c M \pi^2 D^5 (144)^2} \quad (26)$$

$W = \text{lb/seg.}$

$D = \text{Diam. int. (ft)}$

$P = \text{psi}$

$R = \text{cte. gases } 1544 \frac{\text{ft}^2}{\text{lb}} \rightarrow$

$\pi = \text{Vol. molecular } \text{ft}^3/\text{lb mol}^{\circ}\text{F.}$

$M = \text{peso molecular}$

$T = \text{temperatura absoluta } ^{\circ}\text{F}$

$Z = \text{factor de compresibilidad.}$

Values of C_1

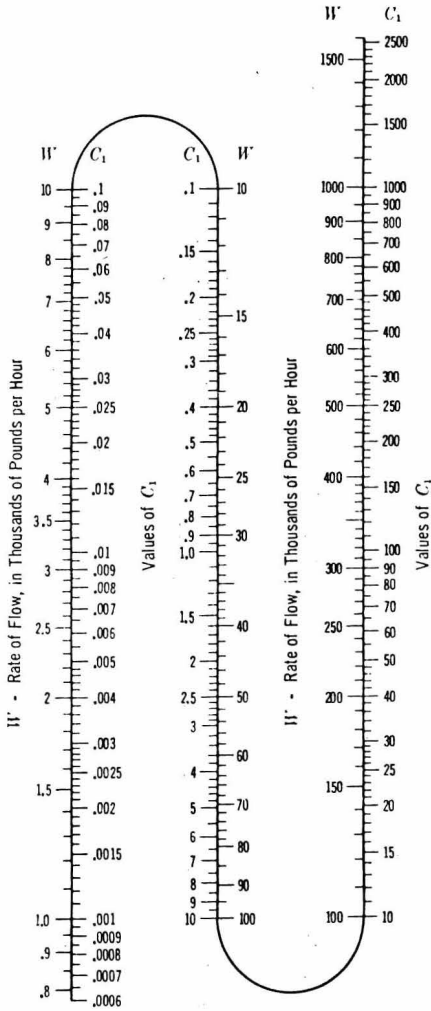


FIG. II.9

VALORES DE T₂

TAM. NOMINAL Inches	No. CEDULA	VALOR C ₂	TAM. NOMINAL Inches	No. CEDULA	VALOR C ₂	TAM. NOMINAL Inches	No. CEDULA	VALOR C ₂
1	40 s	7 920 000.	5	40 s	1.59	16	10	0.004 63
	80 x	26 200 000.		80 x	2.04		20	0.004 21
1/4	40 s	1 590 000.	6	120	2.69	18	30 s	0.005 04
	80 x	4 290 000.		160	3.59		40 x	0.005 49
3/8	40 s	319 000.	8	xx	4.93	20	60	0.006 12
	80 x	718 000.		40 s	0.610		80	0.007 00
1/2	40 s	93 500.	10	80 x	0.798	24	100	0.008 04
	80 x	186 100.		120	1.015		120	0.009 26
3/4	160	4 300 000.	12	160	1.376	28	140	0.010 99
	xx	11 180 000.		xx	1.861		160	0.012 44
1	40 s	21 200.	14	20	0.133	32	10	0.002 47
	80 x	36 900.		30	0.135		20	0.002 56
1 1/4	160	100 100.	16	40 s	0.146	36	30 s	0.002 66
	xx	627 000.		60	0.163		40 x	0.002 76
1 1/2	40 s	5 950.	18	80 x	0.185	40	60	0.002 87
	80 x	9 640.		100	0.211		80	0.003 35
2	160	22 500.	20	120	0.252	44	100	0.004 35
	xx	114 100.		140	0.289		120	0.005 04
2 1/2	40 s	1 408.	22	160 xx	0.317	48	140	0.005 73
	80 x	2 110.		160	0.333		160	0.006 69
3	160	3 490.	24	20	0.039 7	52	10	0.001 41
	xx	13 640.		30	0.042 1		20 s	0.001 50
3 1/2	40 s	627.	26	40 s	0.044 7	56	30 x	0.001 61
	80 x	904.		60 x	0.051 4		40	0.001 69
4	160	1 656.	28	80	0.056 9	60	60	0.001 91
	xx	4 630.		100	0.066 1		80	0.002 17
4 1/2	40 s	169.	30	120	0.075 3	64	100	0.002 51
	80 x	236.		140	0.090 5		120	0.002 87
5	160	488.	32	160	0.105 2	68	140	0.003 35
	xx	899.		20	0.015 7		160	0.003 85
5 1/2	40 s	66.7	34	30	0.016 8	72	80	0.002 17
	80 x	91.8		40 s	0.017 5		100	0.002 51
6	160	146.3	36	60 x	0.018 0	76	120	0.002 87
	xx	380.0		80	0.019 5		140	0.003 35
6 1/2	40 s	66.7	38	100	0.020 6	80	160	0.003 85
	80 x	91.8		80	0.023 1		80	0.000 534
7	160	146.3	40	100	0.026 7	84	20 s	0.000 565
	xx	380.0		120	0.031 0		30 x	0.000 597
7 1/2	40 s	21.4	42	140	0.035 0	88	40	0.000 614
	80 x	28.7		160	0.042 3		60	0.000 651
8	160	48.3	44	20	0.009 49	92	80	0.000 835
	xx	96.6		30 s	0.009 96		100	0.000 972
8 1/2	40 s	10.0	46	40	0.010 46	96	120	0.001 119
	80 x	13.2		60	0.010 99		140	0.001 274
9	40 s	5.17	48	80 x	0.011 55	100	160	0.001 478
	80 x	6.75		60	0.012 44		80	0.000 835
10	120	8.94	50	80	0.014 16	104	100	0.000 972
	160	11.80		100	0.016 57		120	0.001 119
11	xx	18.59	52	120	0.018 98	108	140	0.001 274
	40 s	5.17		140	0.021 8		160	0.001 478
12	80 x	6.75	54	160	0.025 2	112	80	0.000 835
	160	11.80		80	0.014 16		100	0.000 972
13	xx	18.59	56	100	0.016 57	116	120	0.001 119
	40 s	5.17		120	0.018 98		140	0.001 274
14	80 x	6.75	58	140	0.021 8	120	160	0.001 478
	160	11.80		160	0.025 2		80	0.000 835
15	xx	18.59	60	20	0.009 49	124	100	0.000 972
	40 s	5.17		30	0.010 46		120	0.001 119
16	80 x	6.75	62	40	0.010 99	128	140	0.001 274
	160	11.80		60	0.011 55		160	0.001 478
17	xx	18.59	64	80 x	0.011 55	132	80	0.000 835
	40 s	5.17		60	0.012 44		100	0.000 972
18	80 x	6.75	66	80	0.014 16	136	120	0.001 119
	160	11.80		100	0.016 57		140	0.001 274
19	xx	18.59	68	120	0.018 98	140	160	0.001 478
	40 s	5.17		140	0.021 8		80	0.000 835
20	80 x	6.75	70	160	0.025 2	144	100	0.000 972
	160	11.80		80	0.014 16		120	0.001 119
21	xx	18.59	72	100	0.016 57	148	140	0.001 274
	40 s	5.17		120	0.018 98		160	0.001 478
22	80 x	6.75	74	140	0.021 8	152	80	0.000 835
	160	11.80		160	0.025 2		100	0.000 972
23	xx	18.59	76	20	0.009 49	156	120	0.001 119
	40 s	5.17		30	0.010 46		140	0.001 274
24	80 x	6.75	78	40	0.010 99	160	160	0.001 478
	160	11.80		60	0.011 55		80	0.000 835
25	xx	18.59	80	80 x	0.011 55	164	100	0.000 972
	40 s	5.17		60	0.012 44		120	0.001 119
26	80 x	6.75	82	80	0.014 16	168	140	0.001 274
	160	11.80		100	0.016 57		160	0.001 478
27	xx	18.59	84	120	0.018 98	172	80	0.000 835
	40 s	5.17		140	0.021 8		100	0.000 972
28	80 x	6.75	86	160	0.025 2	176	120	0.001 119
	160	11.80		80	0.014 16		140	0.001 274
29	xx	18.59	88	100	0.016 57	180	160	0.001 478
	40 s	5.17		120	0.018 98		80	0.000 835
30	80 x	6.75	90	140	0.021 8	184	100	0.000 972
	160	11.80		160	0.025 2		120	0.001 119
31	xx	18.59	92	20	0.009 49	188	140	0.001 274
	40 s	5.17		30	0.010 46		160	0.001 478
32	80 x	6.75	94	40	0.010 99	192	80	0.000 835
	160	11.80		60	0.011 55		100	0.000 972
33	xx	18.59	96	80 x	0.011 55	196	120	0.001 119
	40 s	5.17		60	0.012 44		140	0.001 274
34	80 x	6.75	98	80	0.014 16	200	160	0.001 478
	160	11.80		100	0.016 57		80	0.000 835
35	xx	18.59	100	120	0.018 98	204	100	0.000 972
	40 s	5.17		140	0.021 8		120	0.001 119
36	80 x	6.75	102	160	0.025 2	208	140	0.001 274
	160	11.80		80	0.014 16		160	0.001 478
37	xx	18.59	104	100	0.016 57	212	80	0.000 835
	40 s	5.17		120	0.018 98		100	0.000 972
38	80 x	6.75	106	140	0.021 8	216	120	0.001 119
	160	11.80		160	0.025 2		140	0.001 274
39	xx	18.59	108	20	0.009 49	220	160	0.001 478
	40 s	5.17		30	0.010 46		80	0.000 835
40	80 x	6.75	110	40	0.010 99	224	100	0.000 972
	160	11.80		60	0.011 55		120	0.001 119
41	xx	18.59	112	80 x	0.011 55	228	140	0.001 274
	40 s	5.17		60	0.012 44		160	0.001 478
42	80 x	6.75	114	80	0.014 16	232	80	0.000 835
	160	11.80		100	0.016 57		100	0.000 972
43	xx	18.59	116	120	0.018 98	236	120	0.001 119
	40 s	5.17		140	0.021 8		140	0.001 274
44	80 x	6.75	118	160	0.025 2	240	160	0.001 478
	160	11.80		80	0.014 16		80	0.000 835
45	xx	18.59	120	100	0.016 57	244	100	0.000 972
	40 s	5.17		120	0.018 98		120	0.001 119
46	80 x	6.75	122	140	0.021 8	248	140	0.001 274
	160	11.80		160	0.025 2		160	0.001 478
47	xx	18.59	124	20	0.009 49	252	80	0.000 835
	40 s	5.17		30	0.010 46		100	0.000 972
48	80 x	6.75	126	40	0.010 99	256	120	0.001 119
	160	11.80		60	0.011 55		140	0.001 274
49	xx	18.59	128	80 x	0.011 55	260	160	0.001 478
	40 s	5.17		60	0.012 44		80	0.000 835
50	80 x	6.75	130	80	0.014 16	264	100	0.000 972
	160	11.80		100	0.016 57		120	0.001 119
51	xx	18.59	132	120	0.018 98	268	140	0.001 274
	40 s	5.17		140	0.021 8		160	0.001 478
52	80 x	6.75	134	160	0.025 2	272	80	0.000 835
	160	11.80		80	0.014 16		100	0.000 972
53	xx	18.59	136	100	0.016 57	276	120	0.001 119
	40 s	5.17		120	0.018 98		140	0.001 274
54	80 x	6.75	138	140	0.021 8	280	160	0.001 478
	160	11.80		160	0.025 2		80	0.000 835
55	xx	18.59	140	20	0.009 49	284	100	0.000 97

FACTOR F PARA LA FORMULA DE TABCOOL.

TAMAÑO NOMINAL DE TUB. (PULG.)	TUBERIA PESO STD. &	TUBERIA EXTRA PESADA #
1/2	951.1 X 10 ⁻³	2.051
3/4	184.7 X 10 ⁻³	340.8 X 10 ⁻³
1	45.7 X 10 ⁻³	77.71 X 10 ⁻³
1 1/4	9.432 X 10 ⁻³	14.67 X 10 ⁻³
1 1/2	3.914 X 10 ⁻³	5.865 X 10 ⁻³
2	951.9 X 10 ⁻⁶	1.365 X 10 ⁻³
2 1/2	351.0 X 10 ⁻⁶	493.8 X 10 ⁻⁶
3	104.7 X 10 ⁻⁶	143.2 X 10 ⁻⁶
3 1/2	46.94 X 10 ⁻⁶	62.95 X 10 ⁻⁶
4	23.46 X 10 ⁻⁶	31.01 X 10 ⁻⁶
5	6.854 X 10 ⁻⁶	8.866 X 10 ⁻⁶
6	2.544 X 10 ⁻⁶	3.354 X 10 ⁻⁶
8	587.1 X 10 ⁻⁹	748.2 X 10 ⁻⁹
10	176.3 X 10 ⁻⁹	225.3 X 10 ⁻⁹
12	70.32 X 10 ⁻⁹	90.52 X 10 ⁻⁹
14 C.D.	42.84 X 10 ⁻⁹	55.29 X 10 ⁻⁹
16 C.D.	21.39 X 10 ⁻⁹	27.28 X 10 ⁻⁹
18 C.D.	11.61 X 10 ⁻⁹	14.69 X 10 ⁻⁹
20 C.D.	6.621 X 10 ⁻⁹	8.469 X 10 ⁻⁹
24 C.D.	2.561 X 10 ⁻⁹	3.278 X 10 ⁻⁹

& BASADOS EN DIAMETRO INTERNO CD. 40

BASADOS EN DIAMETRO INTERNO CD. 80

FIG. II.11

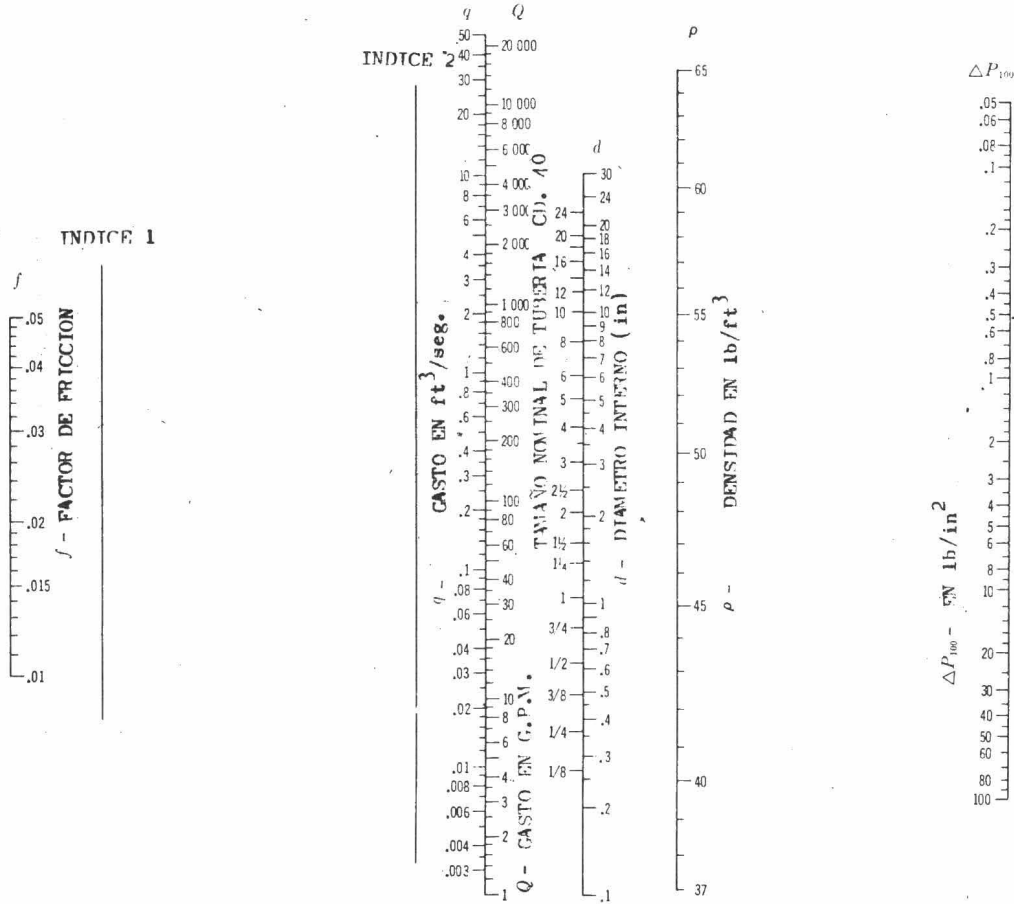
VELOCIDADES Y MATERIALES RECOMENDABLES.

FLUIDO	VELOCIDAD	MATERIAL
Gas Natural	6000 fpm	Acero
Aceites Lubricantes	6 fps	Acero
Oxigeno (Temp.Amb.)	1800 fpm Max.	Acero (300 pSig Max.)
Baja Temp.	4000 fpm	tipo 304 SS
Glicol Propileno	5 fps	Acero
Hidroxido de Sodio.		
0-30%	6 fps	Acero y Niquel
30-50%	5 fps	Acero y Niquel
50-73%	4 fps	Acero y Niquel
Percloro Etileno	6 fps	Acero
Vapor.		
0-30 psi (SAT)	4000-6000 fpm	Acero
30-150 (SAT. o Sobre cal)	6000-10,000fpm	Acero
Sup. 150 psi(sobrecal)	6500-15,000fpm	Acero
Líneas Cortas	15,000 fpm(máx)	Acero
Acido Sulfúrico.		
88 - 93 %	4 fps	SS - 316, Plomo,
93 - 100 %	4 fps	Hierro o Acero <u>Fun</u> dido CD. 80
Dioxido de Azufre	4000 fpm	Acero
Estireno	6 fps	Acero
Tricloro Etileno	6 fps	Acero
Cloruro de Vinilo	6 fps	Acero
Agua		Acero
Servicio Medio	3-8(Prom.6)fps	Acero
Líneas de Bombas de Suc ción(Max.Economía)	7 - 10 fps	

VELOCIDADES Y MATERIALES RECOMENDABLES.

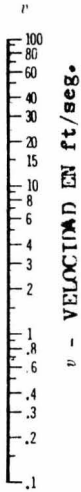
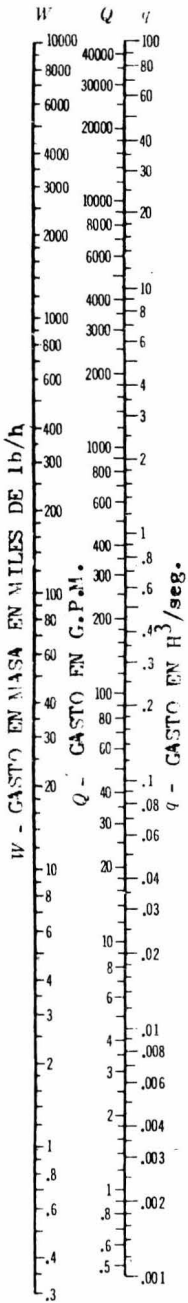
FLUIDO	VELOCIDAD	MATERIAL
Acetileno. (observar las limitaciones de presión)	4000 fpm	Acero
Aire (0-3pSig)	4000 fpm	Acero
Amoniaco Líquido	6 fps	Acero
Gas	6000 fpm	Acero
Tetracloruro de carbono.	6 fps	Acero
Benceno	6 fps	Acero
Bromo Líquido	4 fps	Vidrio
Gas	2000 fpm	Vidrio
Cloro (seco) líquido.	5 fps	Acero CD.80
Gas	2000-5000fpm	Acero CD.80
Cloroformo Líquido	6 fps	Cobre y Acero
Gas	2000 fpm	Cobre y Acero
Gas Etileno	4 fps	Vidrio
Dicloro Etileno	6 fps	Acero
Etilenglicol	6 fps	Acero
Hidrógeno	4000 fpm	Acero
Ac. Clorhídrico Líquido.	5 fps	Tubería forrada - de caucho.
Gas	4000 fpm	Tubería forrada - de caucho.
Cloruro de Metilo - Líquido.	6 fps	Acero.
Gas	4000 fpm	Acero.

CAIDA DE PRESION PARA LIQUIDOS A REGIMEN TURBULENTO.

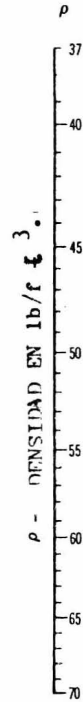
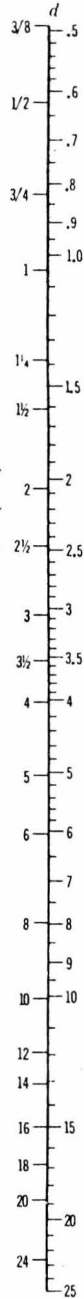


CAIDA DE PRESION PARA LIQUIDOS A REGIMEN TURBULENTO.

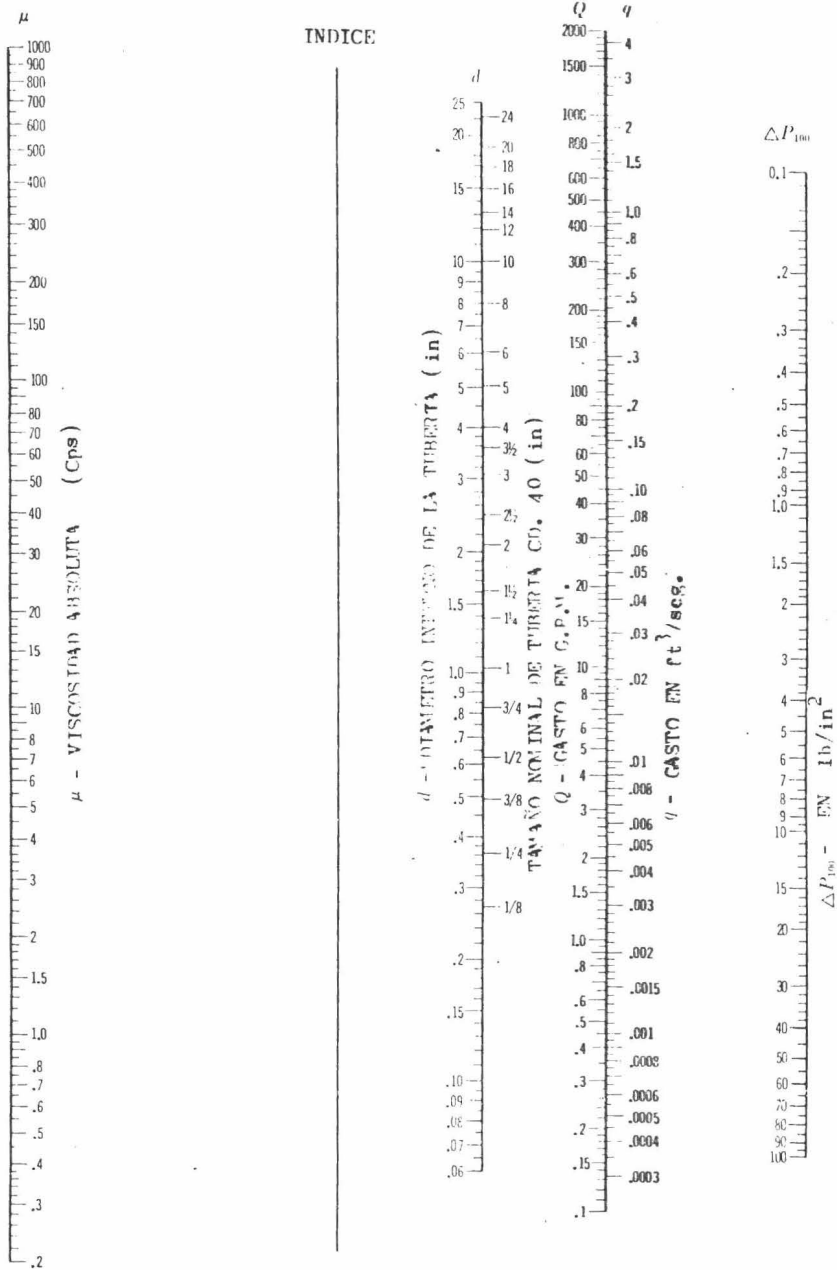
Velocidad de Líquidos en Tuberías.



TAMAÑO NOMINAL DE TUBERIA CD.40 (in)



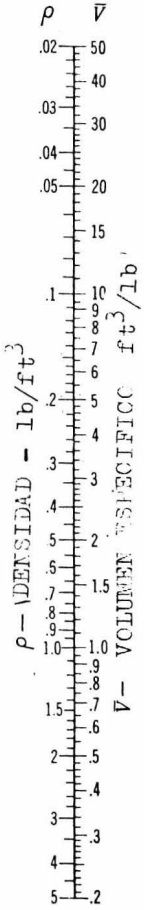
Caída de Presión para Líquidos a Régimen Laminar.



GASTO $\Delta P/100$ PIES Y VELOCIDAD EN TUBERIA CO. 40 PARA AGUA A 60°F

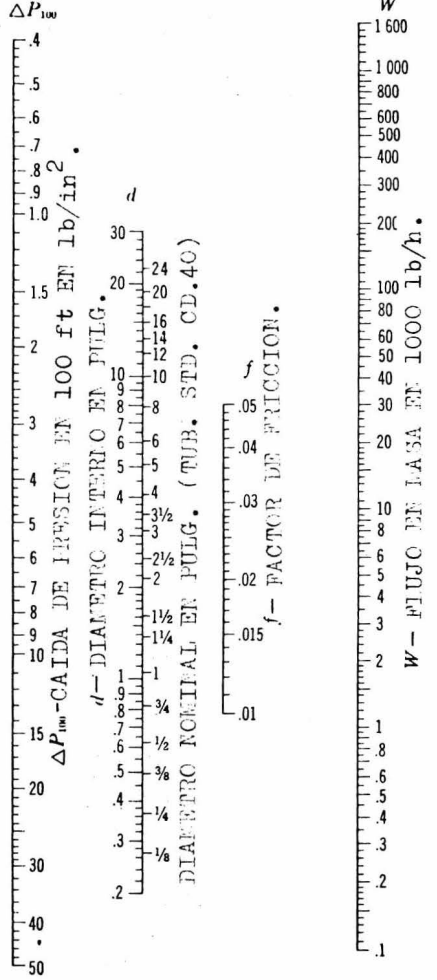
P.M.	ft ³ /seg	VEL. ΔP		VEL. ΔP		VEL. ΔP		VEL. ΔP		VEL. ΔP		VEL. ΔP		VEL. ΔP			
		1/8"		1/4"		3/8"		1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"	
		VEL.	ΔP	VEL.	ΔP	VEL.	ΔP	VEL.	ΔP	VEL.	ΔP	VEL.	ΔP	VEL.	ΔP	VEL.	ΔP
.2	0.000446	1.11	1.86	0.616	0.359	0.401	0.159	0.117	0.061								
.3	0.00068	1.69	4.22	0.924	0.503	0.601	0.240	0.172	0.086								
.4	0.000891	2.27	6.98	1.23	0.641	0.822	0.345	0.242	0.123								
.5	0.00111	2.82	10.5	1.54	0.79	1.04	0.430	0.328	0.167	0.301	0.033						
.6	0.00134	3.39	14.7	1.85	0.94	1.31	0.531	0.433	0.240	0.401	0.041						
.8	0.00178	4.52	25.0	2.40	1.25	1.74	0.684	0.584	0.408	0.481	0.102						
1	0.00223	5.65	37.2	3.08	1.68	2.31	0.885	0.785	0.565	0.571	0.048						
2	0.00446	11.29	134.4	6.16	3.01	4.62	1.36	1.17	0.810	0.743	0.104	0.040	0.420	0.044	0.473	0.043	
3	0.00668	1.91	9.25	84.1	5.04	13.9	3.17	4.33	3.81	1.83	1.49	0.585	0.858	0.150	0.650	0.071	
4	0.00891	12.33	111.2	8.72	23.9	4.22	7.42	2.41	2.75	1.86	0.835	1.073	0.223	0.788	0.104		
5	0.01114	15.44	146.7	10.95	30.1	5.28	11.2	3.01	3.01	2.15	1.49	1.073	0.223	0.788	0.104		
6	0.01337	0.574	0.044	2 1/2"		10.08	51.9	6.33	15.8	3.61	3.84	2.21	1.17	1.29	0.309	0.946	0.145
8	0.01782	0.765	0.073	13.44	91.1	8.45	27.7	4.81	6.60	2.97	1.99	1.72	0.518	1.26	0.241		
10	0.02228	0.956	0.108	16.70	0.046	10.56	42.4	6.02	9.99	3.71	2.99	2.15	0.774	1.58	0.361		
15	0.03342	1.43	0.224	0.044	3"		12.03	0.056	12.03	37.8	7.43	10.9	4.29	2.78	1.16	1.28	
20	0.04456	1.91	0.375	1.34	0.158	0.868	0.056	3 1/2"		12.03	37.8	7.43	10.9	4.29	2.78	1.16	
25	0.05570	2.39	0.561	1.68	0.234	1.09	0.083	0.812	0.041	4"							
30	0.06684	2.87	0.786	2.01	0.327	1.40	0.114	0.974	0.056	9.28	16.7	5.37	4.22	3.94	1.93		
35	0.07798	3.35	1.05	2.35	0.436	1.82	0.151	1.14	0.074	11.14	23.8	6.44	5.92	4.73	2.72		
40	0.08912	3.83	1.35	2.68	0.556	2.24	0.192	1.30	0.095	1.01	0.041	12.09	28.8	7.31	7.90	5.32	
45	0.1003	4.30	1.67	3.02	0.668	2.67	0.239	1.46	0.117	1.13	0.064	10.74	15.66	6.23	7.09	5.85	
50	0.1114	4.78	2.03	3.35	0.839	3.17	0.288	1.62	0.142	1.26	0.076	5"	12.89	22.2	9.47	10.21	
60	0.1337	5.74	2.87	4.02	1.18	4.00	0.406	1.93	0.204	1.51	0.107	12.89	22.2	9.47	10.21		
70	0.1560	6.70	3.84	4.69	1.59	5.01	0.540	2.27	0.261	1.76	0.143	1.12	0.047	11.05	13.71		
80	0.1782	7.65	4.97	5.36	2.03	6.17	0.687	2.60	0.334	2.02	0.180	2.28	0.060	12.62	17.59		
90	0.2005	8.60	6.20	6.03	2.53	7.44	0.861	2.92	0.416	2.27	0.224	1.44	0.074	14.20	22.0		
100	0.2228	9.56	7.59	6.70	3.09	8.91	1.05	3.25	0.509	2.52	0.272	1.60	0.090	1.11	0.036	15.78	26.9
125	0.2775	11.97	11.76	8.48	4.71	13.43	1.61	4.06	0.769	3.15	0.415	2.01	0.135	1.39	0.055	17.72	41.4
150	0.3342	14.36	16.70	10.05	6.69	18.12	2.24	4.87	1.08	3.78	0.580	2.41	0.190	1.67	0.077		
175	0.3899	16.75	22.3	11.73	8.97	24.00	3.00	5.68	1.44	4.41	0.774	2.81	0.253	1.94	0.102		
200	0.4456	19.14	28.8	13.42	11.68	30.87	3.87	6.49	1.85	5.04	0.985	3.21	0.323	2.22	0.130	8"	
225	0.5013	21.53	35.3	15.09	14.63	37.72	4.83	7.30	2.32	5.67	1.23	3.61	0.401	2.50	0.162	1.44	0.043
250	0.557	23.92	41.8	16.70	17.88	44.57	5.83	8.11	2.84	6.30	1.46	4.01	0.495	2.78	0.195	1.60	0.051
275	0.6127	26.31	48.3	18.31	21.17	51.42	6.83	8.91	3.40	6.93	1.79	4.41	0.583	3.05	0.234	1.76	0.061
300	0.6684	28.70	54.8	19.92	24.46	58.27	7.83	9.72	4.02	7.86	2.11	4.81	0.683	3.33	0.275	1.92	0.071
325	0.7241	31.09	61.3	21.53	27.71	65.12	8.83	10.53	4.09	8.19	2.47	5.21	0.797	3.61	0.320	2.08	0.083
350	0.7798	33.48	67.8	23.14	30.96	71.97	9.83	11.36	4.60	8.82	2.84	5.62	0.919	3.89	0.367	2.24	0.095
375	0.8355	35.87	74.3	24.75	34.21	78.82	10.83	12.17	5.11	9.45	3.25	6.02	1.05	4.16	0.416	2.40	0.108
400	0.8912	38.26	80.8	26.36	37.46	85.67	11.83	12.98	5.62	10.08	3.68	6.42	1.19	4.44	0.471	2.56	0.121
425	0.9469	40.65	87.3	27.97	40.71	92.52	12.83	13.80	6.13	10.71	4.12	6.82	1.33	4.72	0.529	2.73	0.136
450	1.003	43.04	93.8	29.58	43.96	99.37	13.83	14.61	6.64	11.34	4.60	7.22	1.48	5.00	0.590	2.89	0.151
475	1.059	45.43	100.3	31.19	47.11	106.22	14.83	15.42	7.15	12.03	5.12	7.62	1.64	5.27	0.653	3.04	0.166
500	1.114	47.82	106.8	32.80	50.26	113.07	15.83	16.23	7.66	12.74	5.65	8.03	1.81	5.55	0.720	3.21	0.182
550	1.225	52.24	119.7	35.62	56.41	125.92	17.83	18.03	8.67	13.88	6.79	8.82	2.17	6.11	0.861	3.53	0.219
600	1.337	56.65	132.6	38.44	62.56	138.77	19.83	19.83	9.69	15.12	8.04	9.63	2.55	6.66	1.02	3.85	0.258
650	1.448	61.06	145.5	41.26	68.71	151.62	21.83	21.83	10.71	16.36	9.28	10.43	2.98	7.22	1.18	4.17	0.301
700	1.560	65.47	158.4	44.08	74.86	164.47	23.83	23.83	11.79	17.59	10.43	11.24	3.43	7.78	1.35	4.49	0.343
750	1.671	69.88	171.3	46.90	81.01	177.32	25.83	25.83	12.83	18.83	11.64	12.03	3.92	8.33	1.55	4.81	0.392
800	1.782	74.29	184.2	49.72	87.16	190.17	27.83	27.83	13.83	20.03	12.83	12.83	4.43	8.88	1.75	5.13	0.443
850	1.894	78.70	197.1	52.54	93.31	203.02	29.83	29.83	14.83	21.23	13.64	13.64	5.00	9.44	1.96	5.45	0.497
900	2.005	83.11	210.0	55.36	99.46	215.87	31.83	31.83	15.83	22.43	14.44	14.44	5.58	9.99	2.18	5.77	0.554
950	2.117	87.52	222.9	58.18	105.61	228.72	33.83	33.83	16.83	23.63	15.24	15.24	6.21	10.55	2.42	6.09	0.613
1000	2.228	91.93	235.8	61.00	111.76	241.57	35.83	35.83	17.83	24.83	16.04	16.04	6.84	11.10	2.68	6.41	0.675
1100	2.451	103.6	254.7	67.62	121.01	254.32	39.63	39.63	19.63	26.63	17.05	17.05	8.23	12.22	3.22	7.05	0.807
1200	2.674	115.3	273.6	74.24	130.26	267.07	43.43	43.43	21.43	28.43	18.03	18.03	9.63	13.31	3.81	7.70	0.948
1300	2.896	127.0	292.5	80.86	139.51	279.82	47.23	47.23	23.23	30.43	19.03	19.03	11.03	14.43	4.45	8.33	1.11
1400	3.119	138.7	311.4	87.48	148.76	292.57	51.03	51.03	25.03	32.43	20.03	20.03	12.43	15.53	5.13	8.98	1.28
1500	3.342	150.4	330.3	94.10	158.01	305.32	54.83	54.83	26.83	34.43	21.03	21.03	13.83	16.63	5.85	9.62	1.46
1603	3.565	162.1	349.2	100.72	167.26	318.07	58.63	58.63	28.63	36.43	22.03	22.03	15.23	17.73	6.61	10.26	1.65
1800	4.010	187.8	397.7	113.64	185.51	343.52	67.43	67.43	33.43	40.43	24.03	24.03	17.63	19.93	8.37	11.54	2.08
2000	4.456	213.5	446.2	126.56	203.76	368.97	76.23	76.23	38.23	44.43	26.03	26.03	19.43	22.21	10.3	12.82	2.55
2500	5.570	274.4	563.1	158.48	254.61	451.82	95.03	95.03	47.03	53.43	31.03	31.03	23.23	27.21	12.9	15.1	3.14
3000	6.684	335.3	680.0	190.40	305.46	534.67	113.83	113.83	55.83	61.83	34.03	34.03	27.23	31.19	15.1	17.4	3.73
3500	7.798	396.2	796.9	222.32	356.31	617.52	132.63	132.63	64.63	69.83	37.03	37.03	31.19	35.17	17.4	19.7	4.32

CAIDA DE PRESION EN LINEAS CON FLUIDOS COMPRESIBILES.



INDICE 1

INDICE 2



C A P I T U L O I I I
C O D I G O S Y E S T A N D A R E S

III.1 CÓDIGOS Y ESTÁNDARES.

Existen varios códigos y especificaciones estándares para el diseño y fabricación de tuberías, los cuales son preparados por Comités de Sociedades de Ingeniería y Grupos de Estandarización; y son generalmente escritos para establecer el mínimo de requerimientos de calidad y seguridad.

Algunos estándares también especifican requerimientos de inspección en orden de establecer niveles propios de calidad.

La mayoría de las organizaciones de normalización son miembros de la International Standard Organization (I.S.C.).

III.2 ESTÁNDARES AMERICANOS DE TUBERÍAS.

Las normas de tuberías aprobadas por A.N.S.I. (American National Standards Institute) comprenden la mayoría de las normas de los Estados Unidos que rigen el diseño de los sistemas de tuberías, las dimensiones y clasificación de tuberías, válvulas y accesorios. La mayoría de estos estándares están apadrinados por A.S.M.E American Society of Mechanical Engineering; A.W.W.A. American Water Works Association, A.S.T.M. American Society for Testing Material.

Además, un cierto número de estándares que no han sido aun aprobados como estandar americanos están en uso; estos incluyen normas publicados por organizaciones como:

Department of Commerce, con todos los tipos de nuevos productos.

A.W.W.A. y A.G.A. Con tubería de Hierro fundido y accesorios.

III.3 CODIGO A.N.S.I. (American National Standard Institute):

Esta asociación fué creada debido al gran crecimiento industrial americano como una necesidad de normalización, expresando un criterio común, pues existía una gran cantidad de normas y estándares -- creados por las diferentes sociedades de ingeniería; industriales o gubernamentales.

En 1918 cinco de las mayores sociedades de ingeniería; ASCE, ASME, AIEE, AIME, ASTM, se unificaron para formar la American Standard Association --- (A.S.A.) asociandose más de 100 sociedades y comerciantes.

Los fondos de mantenimiento son provistos fundamentalmente por unas 2 300 compañías miembro.

Se publicó por primera vez en 1935 como American Tentative Standard y después en 1942 como American Standard, y en 1948 se reorganizó para revisar

el código.

El código presenta un estándar con el mínimo de requerimientos de seguridad para:

- Selección de material; referidos a especificaciones estándar.
- Diseño para partes componentes.
- Erección y montaje de estos.
- Pruebas de confiabilidad.

La mayoría de las normas de ANSI son también -- aprobadas por otras asociaciones como:

A.S.M.E. (American Society of Mechanical Engineering)
A.W.W.A. (American Water Works Association) A.S.T.M.
(American Society for Testing Material) y A.P.I. ---
(American Petroleum Institute).

En México las firmas de diseño y fabricantes de tuberías están básicamente apoyados en el Código de A.N.S.I. para Tuberías a Presión Sección B 31; Este Código es una guía de los mínimos requerimientos de diseño. y como tal, permite al diseñador hacer rápidas decisiones en los problemas de diseño, con la seguridad de que estas decisiones están aceptadas por las autoridades.

Este Código consta de las siguientes secciones:

B.31. 1; Sistemas de tuberías para plantas energéticas.

- B.31.2; Sistemas de tubería industriales para gas y aire.
- B.31.3; Sistemas de refinerías y transporte de petróleo.
- B.31.4; Sistemas de tuberías de calefacción.
- B.31.5; Tuberías de refrigeración.
- B.31.6; Detalles de fabricación.
- B.31.7; Materiales.
- B.31.8; Sistemas de tuberías para transmisión y distribución de gas.
- B.16.5; Es referente a bridas y es complemento de todas las secciones referentes a tuberías.

La sección del código aplicable en las plantas de proceso es A.N.S.I. B.31.3 "Tuberías de refinerías de petróleo.

III.3.1 DEFINICIONES:

Tubería: Se denomina tubería a aquellos productos tubulares con medidas establecidas en la tabla-III.3 y en los estándares del API (American Petroleum Institute). El diámetro exterior de cualquier tamaño nominal es el mismo para cualquier peso (espesor de pared), dentro de un mismo tamaño. Es decir, el diámetro interior para un mismo tamaño nominal varía junto con su espesor.

El espesor viene expresado en términos del número de cédula, la cual esta expresada por la siguiente ecuación:

$$\text{No. CÉDULA} = 1000 \frac{P}{S}$$

Donde: P = Presión Interna en PSIG.

S = Esfuerzo permisible en PSI.

Esta expresión esta basada en la fórmula para calcular el espesor de la tubería.

Antiguamente no se denominaban los números de cédulas, se utilizaban los siguientes términos para expresar los espesores de pared:

Peso estandar (S)	hasta 10" CD 40
Extra fuerte (XS)	hasta 8" CD 80
Doble extrafuerte (XKS)	hasta 8" CD 160

Tubos: Son productos tubulares no fabricados en - tamaños estandar, se designan por el diámetro externo y cada tamaño es ofrecido en una variedad de diámetros internos.

III.3.2 ESPESOR DE PARED DE TUBERIA.

Tubería Metálica excepto hierro fundido:

La fórmula aplicable es:

$$T = M \left(\frac{PD}{2S} + C \right) \quad (1)$$

Donde: T=espesor de la tubería (en pulgadas) incluyendo 12.5% de tolerancia de fabricación. (Tabla - III.2).

P=presión interna de diseño (PSIG) es normal añadir aproximadamente 10% sobre el máximo anticipado.

D=diámetro externo de la tubería en pulgadas, se anexa tabla de dimensiones nominales de tube-

rfa. (TABLA III.3).

S = Fatiga (coeficiente de trabajo) máxima admisible en (PSI) lb/in²) basada en la temperatura -- máxima, se anexa tabla de esfuerzos (tabla III.4), - valores seleccionados de A.M.S.I. B 31.1 sección 3.

W = tolerancia de corrosión en pulgadas, mas la profundidad del roscado. (en caso de tuberías rosca das, se anexa tabla de estandar en roscas para tube rías tabla III.1). Las tolerancias de corrosión re comendables son mencionadas en el Capítulo II de es te trabajo.

Ejemplo:

Una tubería de 6 pulgadas de acero al carbón -- A.S.T.M. grado 106 opera a 600 PSIG. y 500^oF. deter minar el espesor de pared o número de cédula, para estas condiciones, utilizando una tolerancia de co rrosión de 0.125" siendo de construcción soldada.

de tabla III.4 S = 13.100 ps.

de tabla III.3 D = 6.625 plg.

$$T = 1.125 \quad \frac{(600) (6.625)}{(2) (13.100)} + 0.125 = 0.2765$$

De la tabla III.3 el número de cédula más próxi ma superior es de cédula 40 con 0.280 in.

ESTANDAR DE ROSCAS PARA TUBERIAS.

(SEGUN A.N.S.I. B.2.1)

TAMAÑO NOMINAL	PROFUNDIDAD DE LA ROSCA (in)
1/8	0.02963
1/4 - 3/8	0.04444
1/2 - 3/4	0.05714
1 - 2	0.06957
3	0.10000

TABLA III.1

TOLERANCIAS APROXIMADAS DE ESPESOR PARA TUBERIAS.

MATERIA:	TOLERANCIA %
ACERO	\pm 12.5
NIQUEL	\pm 10 - 12.5
COBRE	\pm 5 - 8
ALUMINIO	\pm 12.5 para CD. 5 S y 10 S otros -12.5

Para mayores detalles: Consultar STDS. aplicables:

ASTM

TABLA III.2

PROPIEDADES MECANICAS DE LAS TUBERIAS.

Las fórmulas siguientes son las utilizadas para calcular los valores dados en la tabla.

- ° Peso por pie de tubería (lb.) = $10.6802t(D - t)$
- Peso de agua por pie (lb.) = $0.3405t^2$
- Superficie externa (pie²) por pie = $0.2613D$
- Superficie externa (pie²) por pie = $0.2613dt$
- Superficie interna (in²) = $0.785d^2$
- Area de la sección (in²) = $0.785(D^2 - d^2)$
- Momento de inercia (in⁴) = $0.0191(D^4 - d^4)$
- = $1/8Rg^2$

Módulo resistente (in³) = $\frac{0.0982(D^4 - d^4)}{D}$

Radio de giro (in) = $0.25\sqrt{D^2 + d^2}$

- Am = Area del metal de la sección (in²)
- d = Diámetro interno D. I. (in)
- D = Diámetro externo D. E. (in)
- Rg = Radio de giro (in)
- t = Espesor de pared (in)

NOTA: a) ASA B.36.10. Números de lista de tuberías de acero.
 b) ASA B.36.10. Espesores nominales de paredes.
 c) ASA B.36.19. Números de lista para acero inoxidable.

* Los aceros inoxidables ferríticos pueden tener aproximadamente 5 % menos, y los austeníticos, aproximadamente 2 % más que los valores dados para acero al carbono, dados en la tabla.

Tamaño nominal, diámetro externo (in)	Número de lista (Sch.)			Espesor de pared (in)	Diámetro interno (in)	Area de flujo (in ²)	Area de la sección (metal) (in ²)	Superficie externa (pie ² /pie)	Superficie interna (pie ² /pie)	Peso por pie (lb.)	Peso del agua por pie (lb.)	Momento de inercia (in ⁴)	Módulo resistente (in ³)	Radio de giro (in)
	a	b	c											
3/8 0.405	—	—	10S	0.019	0.307	0.6740	0.0548	0.106	0.0804	0.186	0.0321	0.00088	0.00437	0.1271
	40	Std	40S	0.068	0.269	0.0568	0.0720	0.106	0.0705	0.245	0.0216	0.00106	0.00525	0.1215
	80	XS	80S	0.095	0.215	0.0364	0.0925	0.106	0.0563	0.315	0.0157	0.00122	0.00600	0.1146
1/4 0.540	—	—	10S	0.065	0.410	0.1320	0.0970	0.141	0.1073	0.330	0.0572	0.00279	0.01032	0.1694
	40	Std	40S	0.088	0.364	0.1041	0.1250	0.141	0.0955	0.425	0.0151	0.00331	0.01230	0.1628
	80	XS	80S	0.119	0.302	0.0716	0.1574	0.141	0.0794	0.535	0.0340	0.00378	0.01395	0.1547
3/8 0.675	—	—	10S	0.065	0.545	0.2333	0.1246	0.177	0.1127	0.423	0.1041	0.00586	0.01737	0.2169
	40	Std	40S	0.091	0.493	0.1910	0.1670	0.177	0.1295	0.568	0.0827	0.00730	0.02160	0.2090
	80	XS	80S	0.126	0.423	0.1405	0.2173	0.177	0.1106	0.739	0.0609	0.00862	0.02554	0.1991
1/2 0.840	—	—	10S	0.083	0.674	0.357	0.1974	0.220	0.1765	0.671	0.1547	0.01431	0.0341	0.2692
	40	Std	40S	0.109	0.622	0.331	0.2503	0.220	0.1628	0.851	0.1316	0.01710	0.0407	0.2613
	80	XS	80S	0.147	0.546	0.2340	0.320	0.220	0.1433	1.088	0.1013	0.02010	0.0478	0.2505
160	—	—	—	0.187	0.466	0.1706	0.383	0.220	0.1220	1.304	0.0740	0.02213	0.0527	0.2402
—	—	—	XXS	—	0.294	0.0499	0.504	0.220	0.0660	1.711	0.0216	0.02425	0.0577	0.2192
3/4 1.050	—	—	5S	0.065	0.920	0.665	0.2011	0.275	0.2409	0.684	0.2882	0.02454	0.0167	0.349
	—	—	10S	0.083	0.881	0.614	0.2521	0.275	0.2314	0.857	0.2661	0.02970	0.0566	0.343
	40	Std	40S	0.113	0.824	0.533	0.333	0.275	0.2157	1.131	0.2301	0.0370	0.0706	0.334
80	XS	80S	0.151	0.742	0.432	0.435	0.275	0.1943	1.474	0.1875	0.0448	0.0853	0.321	
160	—	—	—	0.218	0.614	0.2964	0.570	0.275	0.1607	1.937	0.1284	0.0527	0.1904	0.304
—	—	—	XXS	—	0.308	0.434	0.1479	0.275	0.1137	2.411	0.0644	0.0579	0.1104	0.2840
1 1.315	—	—	5S	0.065	1.185	1.103	0.2553	0.344	0.310	0.868	0.478	0.0500	0.0760	0.443
	—	—	10S	0.109	1.097	0.945	0.413	0.344	0.2872	1.401	0.409	0.0757	0.1151	0.428
	40	Std	40S	0.133	1.049	0.864	0.494	0.344	0.2746	1.679	0.374	0.0874	0.1329	0.421
80	XS	80S	0.179	0.957	0.719	0.639	0.344	0.2529	2.172	0.311	0.1056	0.1606	0.407	
160	—	—	—	0.250	0.815	0.522	0.836	0.344	0.2131	2.844	0.2261	0.1252	0.1903	0.387
—	—	—	XXS	—	0.358	0.599	0.2818	0.344	0.1570	3.659	0.1221	0.1105	0.2137	0.361
1 1/4 1.680	—	—	5S	0.065	1.530	1.839	0.326	0.434	0.401	1.107	0.797	0.1038	0.1250	0.564
	—	—	10S	0.109	1.442	1.633	0.531	0.434	0.378	1.805	0.707	0.1605	0.1934	0.550
	40	Std	40S	0.140	1.380	1.496	0.669	0.434	0.361	2.273	0.648	0.1948	0.2346	0.540
80	XS	80S	0.191	1.278	1.283	0.881	0.434	0.335	2.997	0.555	0.2418	0.2913	0.524	
160	—	—	—	0.260	1.160	1.057	1.107	0.434	0.304	3.765	0.458	0.2839	0.342	0.506
—	—	—	XXS	—	0.382	0.896	0.631	0.434	0.2346	5.244	0.2732	0.341	0.411	0.472
1 1/2 1.900	—	—	5S	0.065	1.770	2.401	0.375	0.497	0.463	1.274	1.067	0.1580	0.1663	0.649
	—	—	10S	0.109	1.682	2.222	0.613	0.497	0.440	2.085	0.962	0.2469	0.2599	0.634

TABLA III.3

Tamaño nominal, diámetro externo (in)	Número de lista (Sch.)			Espesor de pared (in)	Diámetro interno (in)	Área de flujo (in ²)	Área de la sección (metal) (in ²)	Superficie externa (pie ² /pie)	Superficie interna (pie ² /pie)	Peso por pie (lb.)	Peso del agua por pie (lb.)	Momento de inercia (in ⁴)	Módulo resistente (in ³)	Radio de giro (in)
	a	b	c											
1½ 1 900	40	Std	40S	0.145	1.610	2.036	0.799	0.497	0.421	2.718	0.882	0.310	0.326	0.623
	80	XS	80S	0.200	1.500	1.767	1.068	0.497	0.393	3.631	0.765	0.391	0.412	0.605
	160	—	—	0.281	1.338	1.406	1.429	0.497	0.350	1.859	0.698	0.483	0.508	0.581
2 2 575	—	—	—	0.400	1.100	0.950	1.885	0.497	0.288	6.408	0.412	0.568	0.598	0.549
	—	—	5S	0.065	2.245	3.96	0.472	0.622	0.588	1.604	1.716	0.315	0.2652	0.817
	—	—	10S	0.109	2.157	3.65	0.776	0.622	0.565	2.638	1.582	0.499	0.420	0.802
2½ 2 875	40	Std	40S	0.154	2.067	3.36	1.075	0.622	0.541	3.653	1.455	0.666	0.561	0.787
	80	XS	80S	0.218	1.939	2.953	1.477	0.622	0.508	5.022	1.280	0.868	0.731	0.766
	160	—	—	0.343	1.689	2.210	2.190	0.622	0.442	7.444	0.971	1.163	0.979	0.729
3 3 500	—	—	—	0.436	1.503	1.774	2.656	0.622	0.393	9.029	0.769	1.312	1.104	0.703
	—	—	5S	0.083	2.709	5.76	0.728	0.753	0.709	2.475	2.499	0.710	0.494	0.988
	—	—	10S	0.120	2.635	5.45	1.039	0.753	0.690	3.531	2.361	0.988	0.687	0.975
3½ 3 900	40	Std	40S	0.203	2.469	4.79	1.704	0.753	0.646	5.793	2.076	1.530	1.064	0.947
	80	XS	80S	0.276	2.323	4.24	2.254	0.753	0.608	7.661	1.837	1.925	1.339	0.924
	160	—	—	0.375	2.125	3.55	2.945	0.753	0.556	10.01	1.535	2.353	1.637	0.894
4 4 500	—	—	—	0.552	1.771	2.464	4.03	0.753	0.464	13.70	1.067	2.872	1.998	0.844
	—	—	5S	0.083	3.334	8.73	0.891	0.916	0.873	3.03	3.78	1.301	0.744	1.298
	—	—	10S	0.120	3.260	8.35	1.274	0.916	0.853	4.33	3.61	1.822	1.041	1.196
4½ 4 900	40	Std	40S	0.216	3.068	7.39	2.228	0.916	0.803	7.58	3.20	3.02	1.724	1.164
	80	XS	80S	0.300	2.900	6.61	3.02	0.916	0.759	10.25	2.864	3.90	2.226	1.136
	160	—	—	0.437	2.628	5.42	4.21	0.916	0.687	14.32	2.348	5.03	2.876	1.094
5 5 565	—	—	—	0.600	2.309	4.15	5.47	0.916	0.602	18.58	1.891	5.99	3.43	1.047
	—	—	5S	0.083	3.834	11.55	1.021	1.047	1.004	3.47	5.01	1.960	0.980	1.385
	—	—	10S	0.120	3.760	11.10	1.463	1.047	0.984	4.97	4.81	2.756	1.378	1.372
5½ 5 900	40	Std	40S	0.226	3.548	9.89	2.680	1.047	0.929	9.11	4.28	4.79	2.394	1.337
	80	XS	80S	0.318	3.364	8.89	3.68	1.047	0.881	12.51	3.85	6.28	3.14	1.307
	160	—	—	0.463	3.044	7.45	5.12	1.047	0.815	17.51	3.17	9.41	4.13	1.187
6 6 625	—	—	—	0.674	3.152	9.28	8.10	1.047	0.825	27.54	3.58	15.29	6.79	1.374
	—	—	5S	0.100	5.315	22.44	1.898	1.456	1.399	6.35	9.73	6.95	2.498	1.929
	—	—	10S	0.134	5.287	22.02	2.285	1.456	1.386	7.77	9.53	8.43	3.03	1.920
6½ 6 900	40	Std	40S	0.258	5.047	20.01	4.30	1.456	1.321	14.62	8.65	15.17	5.45	1.878
	80	XS	80S	0.375	4.819	18.19	6.11	1.456	1.260	20.78	7.19	21.63	7.43	1.789
	160	—	—	0.500	4.563	16.35	7.95	1.456	1.195	27.61	7.09	25.74	9.25	1.709
7 7 625	—	—	—	0.625	4.313	14.61	9.70	1.456	1.129	32.96	6.33	30.0	10.80	1.700
	—	—	5S	0.109	8.307	35.7	2.916	2.258	2.261	9.91	24.67	26.45	6.13	3.01
	—	—	10S	0.138	8.292	34.5	3.94	2.258	2.189	13.40	23.59	35.4	8.21	3.01
8 8 625	20	—	—	0.250	7.127	51.8	6.98	2.258	2.127	22.55	20.18	57.7	13.89	2.922
	30	—	—	0.277	6.971	51.2	7.26	2.258	2.113	24.70	22.18	63.4	14.69	2.953
	40	Std	40S	0.322	6.671	45.5	8.40	2.258	2.089	28.55	21.09	72.5	16.81	2.938
8½ 8 900	60	—	—	0.406	6.313	47.9	10.18	2.258	2.045	35.64	20.76	88.8	20.58	2.909
	80	XS	80S	0.560	6.025	45.7	12.76	2.258	1.996	43.39	19.80	105.7	24.52	2.878

TABLA III.3

CONTINUA.

Tamaño nominal, diámetro externo (in)	Número de lista (Sch.)			Espesor de pared (in)	Diámetro interno (in)	Área de flujo (in ²)	Área de la sección (metal) (in ²)	Superficie externa (pie ² /pie)	Superficie interna (pie ² /pie)	Peso por pie (lb.)	Peso del agua por pie (lb.)	Momento de inercia (in ⁴)	Módulo resistente (in ³)	Radio de giro (in)
	a	b	c											
8 8.625	100	—	—	0.593	7.439	43.5	14.96	2.258	1.948	50.87	18.81	121.4	28.14	2.847
	120	—	—	0.718	7.189	40.6	17.84	2.258	1.882	60.63	17.60	140.6	32.6	2.807
	140	—	—	0.812	7.001	38.5	19.93	2.258	1.833	67.76	16.69	153.8	35.7	2.777
	—	—	XNS	0.875	6.875	37.1	21.30	2.258	1.800	72.42	16.09	162.0	37.6	2.757
	160	—	—	0.906	6.813	36.5	21.97	2.258	1.784	74.69	15.80	165.9	38.5	2.748
10 10.750	—	—	5S	0.134	10.482	86.3	4.52	2.815	2.741	15.15	37.4	63.7	11.85	3.75
	—	—	10S	0.165	10.420	85.3	5.49	2.815	2.728	18.70	36.9	76.9	14.30	3.74
	20	—	—	0.250	10.250	82.5	8.26	2.815	2.683	28.04	35.8	113.7	21.16	3.71
	—	—	—	0.279	10.192	81.6	9.18	2.815	2.668	31.20	35.3	125.9	23.42	3.70
	30	—	—	0.307	10.136	80.7	10.07	2.815	2.654	34.24	35.0	137.5	25.57	3.69
	40	Std	40S	0.365	10.020	78.9	11.91	2.815	2.623	40.48	34.1	160.8	29.90	3.67
	60	XS	80S	0.500	9.750	74.7	16.10	2.815	2.553	54.74	32.3	212.0	39.4	3.63
	80	—	—	0.593	9.564	71.8	18.92	2.815	2.504	64.33	31.1	244.9	45.6	3.60
	100	—	—	0.718	9.314	68.1	22.63	2.815	2.438	76.93	29.5	286.2	53.2	3.56
	120	—	—	0.813	9.064	64.5	26.24	2.815	2.373	89.20	28.0	324	60.3	3.52
140	—	—	1.000	8.750	60.1	30.6	2.815	2.291	104.13	26.1	368	68.4	3.47	
160	—	—	1.125	8.500	56.7	34.0	2.815	2.225	115.65	24.6	399	74.3	3.43	
12 12.750	—	—	5S	0.145	12.120	121.2	6.52	3.34	3.25	19.56	52.5	129.2	20.27	4.45
	—	—	10S	0.180	12.390	120.6	7.11	3.34	3.24	24.20	52.2	140.5	22.03	4.44
	20	—	—	0.250	12.250	117.9	9.84	3.34	3.21	33.38	51.1	191.9	30.1	4.42
	30	—	—	0.330	12.090	114.8	12.88	3.34	3.17	43.77	49.7	248.5	39.0	4.39
	—	—	Std	0.375	12.000	113.1	14.58	3.34	3.14	49.56	49.0	279.3	43.8	4.38
	40	—	—	0.406	11.938	111.9	15.74	3.34	3.13	53.53	48.5	300	47.1	4.37
	60	XS	80S	0.500	11.750	108.4	19.24	3.34	3.08	65.42	47.0	362	56.7	4.33
	80	—	—	0.562	11.626	106.2	21.52	3.34	3.04	73.16	46.0	401	62.8	4.31
	100	—	—	0.687	11.376	101.6	26.04	3.34	2.978	88.51	44.0	475	74.5	4.27
	120	—	—	0.813	11.064	96.1	31.5	3.34	2.897	107.20	41.6	562	88.1	4.22
140	—	—	1.000	10.750	90.8	36.9	3.34	2.814	125.49	39.3	642	100.7	4.17	
160	—	—	1.125	10.500	86.6	41.1	3.34	2.749	139.68	37.5	701	109.9	4.13	
—	—	—	1.312	10.126	80.5	47.1	3.34	2.651	160.27	34.9	781	122.6	4.07	
14 14.000	10	—	—	0.250	13.500	143.1	10.80	3.67	3.53	36.71	62.1	255.4	36.5	4.86
	20	—	—	0.312	13.376	140.5	13.42	3.67	3.50	45.68	60.9	314	44.9	4.84
	30	Std	—	0.375	13.250	137.9	16.05	3.67	3.47	54.57	59.7	373	53.3	4.82
	40	—	—	0.437	13.126	135.3	18.62	3.67	3.44	63.37	58.7	429	61.2	4.80
	—	—	XS	0.500	13.000	132.7	21.21	3.67	3.40	72.09	57.5	484	69.1	4.78
	—	—	—	0.562	12.876	130.2	23.73	3.67	3.37	80.66	56.5	537	76.7	4.76
	60	—	—	0.593	12.814	129.0	24.98	3.67	3.35	84.91	55.9	562	80.3	4.74
	—	—	—	0.625	12.750	127.7	26.26	3.67	3.34	89.28	55.3	589	84.1	4.73
	—	—	—	0.687	12.626	125.2	28.73	3.67	3.31	97.68	54.3	638	91.2	4.71
	80	—	—	0.750	12.500	122.7	31.2	3.67	3.27	106.13	53.2	687	98.2	4.69
	—	—	—	0.875	12.250	117.9	36.1	3.67	3.21	122.66	51.1	781	111.5	4.65
	100	—	—	0.937	12.126	115.5	38.5	3.67	3.17	130.73	50.0	825	117.8	4.63
	120	—	—	1.093	11.814	109.6	44.3	3.67	3.09	150.67	47.5	930	132.8	4.58
140	—	—	1.250	11.500	103.9	50.1	3.67	3.01	170.22	45.0	1127	146.8	4.53	
160	—	—	1.406	11.188	98.3	55.6	3.67	2.929	189.12	42.6	1017	159.6	4.48	
16 16.000	10	—	—	0.250	15.500	188.7	12.37	4.19	4.06	42.05	81.8	384	48.0	5.57
	20	—	—	0.312	15.376	185.7	15.38	4.19	4.03	52.36	80.5	473	59.2	5.55
	30	Std	—	0.375	15.250	182.6	18.41	4.19	3.99	62.58	79.1	562	70.3	5.53
	—	—	—	0.437	15.126	179.7	21.37	4.19	3.96	72.64	77.9	648	80.9	5.50
	40	XS	—	0.500	15.000	176.7	24.35	4.19	3.93	82.77	76.5	732	91.5	5.48
	—	—	—	0.562	14.876	173.8	27.26	4.19	3.89	92.66	75.4	813	106.6	5.46
	—	—	—	0.625	14.750	170.9	30.2	4.19	3.86	102.63	74.1	894	112.2	5.44
	60	—	—	0.656	14.688	169.4	31.6	4.19	3.85	107.50	73.4	933	116.6	5.43
	—	—	—	0.687	14.626	168.0	33.0	4.19	3.83	112.36	72.7	971	121.4	5.42
	—	—	—	0.750	14.500	165.1	35.9	4.19	3.80	122.15	71.5	1047	130.9	5.40
80	—	—	0.843	14.314	160.9	40.1	4.19	3.75	136.46	69.7	1157	144.6	5.37	

TABLA III.3

CONTINUA.

Tamaño nominal, diámetro externo (in)	Número de lista (Sch.)			Espesor de pared (in)	Diámetro interno (in)	Área de flujo (in ²)	Área de la sección (metal) (in ²)	Superficie externa (pie ² /pie)	Superficie interna (pie ² /pie)	Peso por pie (lb.)	Peso del agua por pie (lb.)	Momento de inercia (in ⁴)	Módulo resistente (in ³)	Radio de giro (in)
	a	b	c											
16 16.000	—	—	—	0.875	14.250	159.5	41.6	4.19	3.73	141.35	69.1	1193	154.1	5.36
	100	—	—	1.031	13.938	152.6	48.5	4.19	3.65	164.83	66.1	1365	170.6	5.30
	120	—	—	1.218	13.564	144.5	56.6	4.19	3.55	192.29	62.6	1556	194.5	5.24
	140	—	—	1.437	13.126	135.3	65.7	4.19	3.44	223.50	58.6	1760	220.0	5.17
	160	—	—	1.593	12.814	129.0	72.1	4.19	3.35	245.11	55.9	1894	236.7	5.12
18 18.000	10	—	—	0.250	17.500	240.5	13.94	4.71	4.58	47.39	104.3	549	61.0	6.28
	20	—	—	0.312	17.376	237.1	17.34	4.71	4.55	59.03	102.8	678	75.5	6.25
	—	Std	—	0.375	17.250	233.7	20.76	4.71	4.52	70.59	101.2	807	89.6	6.23
	30	—	—	0.437	17.126	230.4	24.11	4.71	4.48	82.06	99.9	931	103.4	6.21
	—	XS	—	0.500	17.000	227.0	27.49	4.71	4.45	93.45	98.4	1053	117.0	6.19
	40	—	—	0.562	16.876	223.7	30.8	4.71	4.42	104.75	97.0	1172	130.2	6.17
	—	—	—	0.625	16.750	220.5	34.1	4.71	4.39	115.98	95.5	1289	143.3	6.15
	—	—	—	0.687	16.626	217.1	37.4	4.71	4.35	127.03	94.1	1403	156.3	6.13
	60	—	—	0.750	16.500	213.8	40.6	4.71	4.32	138.17	92.7	1515	168.3	6.10
	—	—	—	0.875	16.250	207.4	47.1	4.71	4.25	160.04	89.9	1731	192.8	6.06
	80	—	—	0.937	16.126	204.2	50.2	4.71	4.22	170.75	88.5	1834	202.8	6.04
	100	—	—	1.156	15.688	193.3	61.2	4.71	4.11	207.96	83.7	2180	242.2	5.97
	120	—	—	1.375	15.250	182.6	71.8	4.71	3.99	244.14	79.2	2499	277.6	5.90
140	—	—	1.562	14.876	173.8	80.7	4.71	3.89	274.23	75.3	2750	306	5.84	
160	—	—	1.781	14.438	163.7	90.7	4.71	3.78	308.51	71.0	3020	336	5.77	
20 20.000	10	—	—	0.250	19.500	298.6	15.51	5.24	5.11	52.73	129.5	757	75.7	6.98
	—	—	—	0.312	19.376	294.9	19.30	5.24	5.07	65.40	128.1	935	93.5	6.96
	20	Std	—	0.375	19.250	291.0	23.12	5.24	5.04	78.60	126.0	1114	111.4	6.94
	—	—	—	0.437	19.126	287.3	26.86	5.24	5.01	91.31	124.6	1286	128.6	6.92
	30	XS	—	0.500	19.000	283.5	30.6	5.24	4.97	104.13	122.8	1457	145.7	6.90
	—	—	—	0.562	18.876	279.8	34.3	5.24	4.94	116.67	121.3	1624	162.4	6.88
	40	—	—	0.593	18.814	278.0	36.2	5.24	4.93	122.91	120.4	1704	170.4	6.86
	—	—	—	0.625	18.750	276.1	38.0	5.24	4.91	129.33	119.7	1787	178.7	6.85
	—	—	—	0.687	18.626	272.5	41.7	5.24	4.88	141.71	118.1	1946	194.6	6.83
	—	—	—	0.750	18.500	268.8	45.4	5.24	4.84	154.20	116.5	2105	210.5	6.81
	60	—	—	0.812	18.376	265.2	48.9	5.24	4.81	166.40	115.0	2257	225.7	6.79
	—	—	—	0.875	18.250	261.6	52.6	5.24	4.78	178.73	113.4	2409	240.9	6.77
	80	—	—	1.031	17.938	252.7	61.4	5.24	4.70	208.87	109.4	2772	277.2	6.72
100	—	—	1.281	17.438	238.8	75.3	5.24	4.57	256.10	103.4	3320	332	6.63	
120	—	—	1.500	17.000	227.0	87.2	5.24	4.45	296.37	98.3	3760	376	6.56	
140	—	—	1.750	16.500	213.8	100.3	5.24	4.32	341.10	92.6	4220	422	6.48	
160	—	—	1.968	16.064	202.7	111.5	5.24	4.21	379.01	87.9	4590	459	6.41	
24 24.000	10	—	—	0.250	23.500	434	18.65	6.28	6.15	63.41	188.0	1316	109.6	8.40
	—	—	—	0.312	23.376	430	23.20	6.28	6.12	78.93	186.1	1629	135.8	8.38
	20	Std	—	0.375	23.250	425	27.83	6.28	6.09	94.62	183.8	1943	161.9	8.35
	—	—	—	0.437	23.126	420	32.4	6.28	6.05	109.97	182.1	2246	187.4	8.33
	—	XS	—	0.500	23.000	415	36.9	6.28	6.02	125.49	180.1	2550	212.5	8.31
	30	—	—	0.562	22.876	411	41.4	6.28	5.99	140.80	178.1	2840	237.0	8.29
	—	—	—	0.625	22.750	406	45.9	6.28	5.96	156.03	176.2	3140	261.4	8.27
	40	—	—	0.687	22.626	402	50.3	6.28	5.92	171.17	174.3	3420	285.2	8.25
	—	—	—	0.750	22.500	398	54.8	6.28	5.89	186.24	172.1	3710	309	8.22
	60	—	—	0.968	22.064	382	70.0	6.28	5.78	238.11	165.8	4650	388	8.15
	80	—	—	1.218	21.564	365	87.2	6.28	5.65	296.36	158.3	5670	473	8.07
	100	—	—	1.531	20.938	344	108.1	6.28	5.48	367.40	149.3	6850	571	7.96
	120	—	—	1.812	20.376	326	126.3	6.28	5.33	429.39	141.1	7830	652	7.87
140	—	—	2.062	19.876	310	142.1	6.28	5.20	483.13	134.5	8630	719	7.79	
160	—	—	2.343	19.314	293	159.4	6.28	5.06	541.94	127.0	9460	788	7.70	
30 30.000	10	—	—	0.312	29.376	678	29.1	7.85	7.69	98.93	293.8	3210	214	10.50
	20	—	—	0.500	29.000	661	46.3	7.85	7.59	157.53	286.3	5040	336	10.43
	30	—	—	0.625	28.750	649	57.6	7.85	7.53	196.08	281.5	6220	415	10.39

TABLA III.3

Material	Especificación			Sección 3: TUBERÍA DE REFINERÍAS DE PETRÓLEO												
	ASTM or API	Grado	Clasa*	Temperatura (°F)												
				900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1300	1400	1500			
ACERO AL CARBONO	A-53 or S1†	A B	BW LW													
			ERW	5500	3800	2150	1350	850								
		S		5500	3800	2150	1350	850								
				6500	4500	2500	1600	1000								
	A-83‡	A	S		6500	4500	2500	1600	1000							
					6500	4500	2500	1600	1000							
	A-106	A B	S		6500	4500	2500	1600	1000							
					6500	4500	2500	1600	1000							
	A-135	A B	ERW		5500	3800	2150	1350	850							
					5500	3800	2150	1350	850							
A-155†•	C50 C55	EFW		6500	4500	2500	1600	1000								
				6500	4500	2500	1600	1000								
	KC60 KC65 KC70		6500	4500	2500	1600	1000									
			6500	4500	2500	1600	1000									
A-333‡	O	S		6500	4500	2500	1600	1000								
HIERRO FORJADO	A-72		BW LW													
1/2 Cr-1/2 Mo 1 Cr-1/2 Mo	A-150†	1 CR 1 CR	EFW	12500	10000	6750	4000	2400								
1 1/4 Cr-1 Mo 2 1/4 Cr-1 Mo 5 Cr-1/2 Mo		2 1/4 CR 2 1/4 CR 5 CR		13100	11000	7600	5500	4500	2500	1200						
				11500	10000	7500	5200	3800	2200	1500						
1/2 Cr-1/2 Mo 1 Cr-1/2 Mo 1 1/4 Cr-1/2 Mo	A-335	F2 P12 P11	S	12500	10000	6750	4000	2400								
2 1/4 Cr-1 Mo 3 Cr-1 Mo 5 Cr-1/2 Mo		P22 F21 P5		13100	11000	7600	5500	4200	2000	2000						
				12500	9000	7500	5500	4000	2700	1500						
				11500	10000	7500	5200	3300	2200	1500						
5 Cr-1/2 Mo Si 7 Cr-1/2 Mo 9 Cr-1 Mo		F5b P7 P9		10900	9000	5500	3500	2500	1800	1200						
				9500	7000	5500	3500	2500	1500	1200						
10 Cr-8 Ni 15 Cr-13 Ni-2 1/4 Mo	A-312	TP304 TP316	S	9400	6100	3800	2500	2000	1500	2400	1400	250				
				15000	15100	14000	12200	10400	8700	6800	4200	2350	1700			
16 Cr-3 Ni-1 1/4 18 Cr-8 Ni-1 1/4		TP347 TP347		14100	13900	13000	11100	12500	8000	5000	2700	1550	1000			
		14100	13850	13000	11000	12500	8000	5000	2700	1550	1000					
COBRE	B-42	Recomend.	S													
MONEL	L-165	Recomend.	S	8000												

* Abreviaturas utilizadas

BW: Soldadura a tope
LW: Soldadura a solape
S: Sin costura

ERW: Soldadura eléctrica por resistencia
EFW: Soldadura eléctrica por fusión

† Los valores de fatiga son para tubería Clase I.

‡ Por encima de 900°F se recomienda acero calcinado al 5%.

• Por encima de 875°F se recomienda acero resistente al fuego (Inconel).
Los valores son dados en **psi** y pueden ser interpolados para temperaturas intermedias.

La tubería no debe ser utilizada a temperaturas superiores a las dadas para la clase de tubería el **máximo**. La fatiga por corrosión puede ocurrir, incluso en el caso de acero inoxidable, al contacto por encima de 775°F, tanto con el carbono *Mo* por encima de 800°F y Cr *Mo* (Cr menor de 0.4%) por encima de 975°F.

CONTINUACION - TABLA III.4

FATIGAS ADMISIBLES EN TUBERIAS DE PLCMC.

TEMPERATURA °F	FATIGA ADMISIBLE, psi	
	PLCMO	PLCMO 6 % ANTIMONIO
70	199	396
100	183	347
120	173	313
140	162	280
160	152	250
180	142	217
200	132	186
220	122	153
240	113	122
260	104	90
280	92	57
300	81	-

CONTINUACION -TABLA III.4

III.3.3 TUBERÍA DE HIERRO FUNDIDA.

El uso de tubería de hierro fundido ha sido limitado por el código, tal como se indica a continuación:

líneas de gas y líneas de petróleo, con temperatura máxima de 350^oF. y 400 psig para tubería no enterrada y 100 psig para tubería enterrada líneas de agua y drenaje.

Las tablas III.5.A; III.5.B; III.5.C.; III.5.D. dan los espesores para las distintas condiciones. La tabla III.6 da los espesores estándares para tubería fundida centrifugada. Estas tablas corresponden a especificaciones A.I.S.I. y han sido calculadas de acuerdo A.I.S.I. A.21.1

Los espesores incluyen las tolerancias de fundición, corrosión, cargo de vehículo (dos camiones pasando simultáneamente con los ejes posteriores - con 9,000 lb en cada rueda trasera) y golpe de ariete.

La tubería fundida centrifugada es la más resistente, siendo generalmente la más utilizada en trabajos de planta de proceso. Otros estándares o los presentados pueden ser encontrados para tubería fundida en molde A.I.S.I. A.21.2 y A.21.3

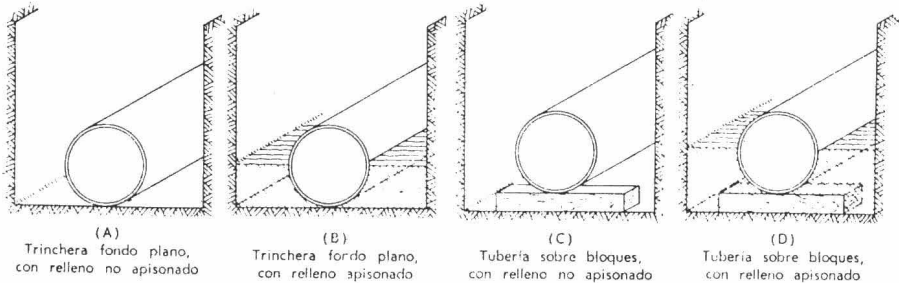
El límite máximo de utilización es de 400 psig a 300^oF.

**ESTANDAR DE ESPESOR PARA TUBERIA DE ACERO EN FIERRO FUNDIDO CENTRIFUGALAS EL MOLDE METALICO.
(ANSI A.21.6)**

Condición de tendido A) Trincheras fondo plano, sin bloques y sin relleno apisonado.
 Condición de tendido B) Trincheras fondo plano, sin bloques y con relleno apisonado.
 Condición de tendido C) Tendido sobre bloques, sin relleno apisonado.
 Condición de tendido D) Tendido sobre bloques, con relleno apisonado.

Tamaño (in)	Presión de operación (psi)	3 1/2 pies de cobertura				5 pies de cobertura				8 pies de cobertura				
		Condición de tendido				Condición de tendido				Condición de tendido				
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
Espesor (in)														
3	50	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
	100	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
	150	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
	200	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
	250	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
	350	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
4	50	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	100	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	150	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	200	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	250	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	350	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
6	50	0.38	0.38	0.41	0.38	0.38	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.48	0.38
	100	0.38	0.38	0.41	0.38	0.38	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.48	0.38
	150	0.38	0.38	0.41	0.38	0.38	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.48	0.38
	200	0.38	0.38	0.41	0.38	0.38	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.48	0.38
	250	0.38	0.38	0.41	0.38	0.38	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.48	0.38
	350	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.52	0.38
8	50	0.41	0.41	0.44	0.41	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.41	0.52	0.41
	100	0.41	0.41	0.44	0.41	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.41	0.52	0.41
	150	0.41	0.41	0.44	0.41	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.41	0.52	0.41
	200	0.41	0.41	0.44	0.41	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.41	0.52	0.41
	250	0.41	0.41	0.44	0.41	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.41	0.52	0.41
	350	0.41	0.41	0.44	0.41	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.41	0.52	0.41
10	50	0.44	0.44	0.48	0.44	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.44	0.60	0.44
	100	0.44	0.44	0.48	0.44	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.44	0.60	0.44
	150	0.44	0.44	0.48	0.44	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.44	0.60	0.44
	200	0.44	0.44	0.48	0.44	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.44	0.60	0.44
	250	0.44	0.44	0.48	0.44	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.44	0.60	0.44
	350	0.44	0.44	0.48	0.44	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.44	0.60	0.44
12	50	0.48	0.48	0.52	0.48	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.48	0.65	0.48
	100	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.48	0.65	0.48
	150	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.48	0.65	0.48
	200	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.48	0.65	0.48
	250	0.52	0.48	0.60	0.52	0.52	0.52	0.60	0.52	0.52	0.52	0.52	0.65	0.52
	350	0.52	0.52	0.60	0.52	0.52	0.52	0.60	0.52	0.52	0.52	0.52	0.65	0.52

Los espesores incluyen la tolerancia de fundición, corrosión y golpe de ariete o carga de camion.



VER TABLA III.6 PARA DESIGNACIONES DE EMERSONES.

TABLA III.5 A

ESTANDAR DE ESFESOR PARA TUBERIA DE AGUA DE HIERRO FUNDIDO CENTRIFUGADAS EN MOLDE METALICO.

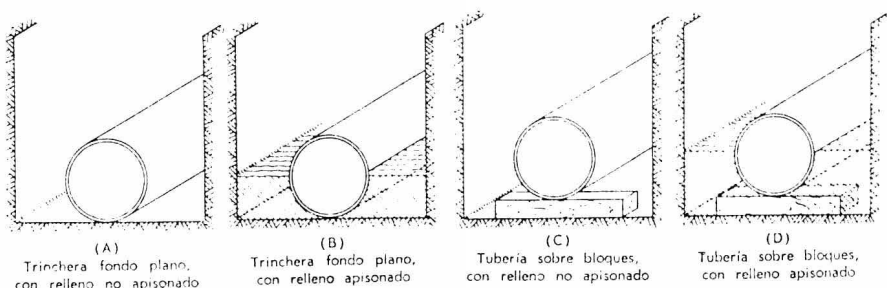
(ANSI A.21.6)

CONTINUACION.

- Condición de tendido A) Trinchera fondo plano, sin bloques y sin relleno apisonado.
 Condición de tendido B) Trinchera fondo plano, sin bloques y con relleno apisonado.
 Condición de tendido C) Tendido sobre bloques, sin relleno apisonado.
 Condición de tendido D) Tendido sobre bloques, con relleno apisonado.

Tamaño no. (in.)	Presión de operación (psi)	3 1/2 pies de cobertura				5 pies de cobertura				8 pies de cobertura			
		Condición de tendido				Condición de tendido				Condición de tendido			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Espesor (in)													
14	50	0.51	0.48	0.59	0.51	0.51	0.45	0.59	0.55	0.53	0.55	0.62	0.59
	100	0.51	0.45	0.59	0.55	0.51	0.51	0.55	0.52	0.52	0.55	0.62	0.54
	150	0.55	0.51	0.59	0.55	0.55	0.51	0.61	0.59	0.61	0.59	0.55	0.61
	200	0.55	0.51	0.64	0.59	0.55	0.55	0.61	0.59	0.61	0.59	0.75	0.57
	250	0.59	0.55	0.64	0.59	0.59	0.59	0.69	0.59	0.61	0.61	0.75	0.59
16	50	0.51	0.50	0.63	0.58	0.58	0.51	0.63	0.58	0.63	0.58	0.73	0.63
	100	0.54	0.54	0.63	0.58	0.58	0.51	0.68	0.63	0.68	0.58	0.73	0.68
	150	0.58	0.54	0.63	0.58	0.58	0.51	0.68	0.63	0.68	0.63	0.73	0.68
	200	0.53	0.58	0.68	0.63	0.63	0.58	0.68	0.63	0.68	0.63	0.73	0.73
	250	0.63	0.58	0.68	0.63	0.63	0.63	0.73	0.68	0.73	0.68	0.79	0.73
18	50	0.58	0.54	0.63	0.58	0.58	0.51	0.68	0.63	0.58	0.63	0.72	0.68
	100	0.58	0.54	0.68	0.63	0.63	0.58	0.73	0.63	0.68	0.63	0.79	0.73
	150	0.63	0.58	0.68	0.63	0.63	0.58	0.73	0.68	0.73	0.63	0.79	0.73
	200	0.63	0.58	0.73	0.68	0.68	0.63	0.78	0.68	0.73	0.68	0.85	0.73
	250	0.68	0.53	0.73	0.68	0.68	0.68	0.78	0.73	0.73	0.73	0.85	0.79
20	50	0.62	0.57	0.72	0.62	0.62	0.57	0.72	0.62	0.72	0.62	0.78	0.72
	100	0.62	0.57	0.72	0.62	0.62	0.62	0.74	0.62	0.72	0.62	0.84	0.78
	150	0.62	0.62	0.72	0.62	0.62	0.62	0.78	0.72	0.74	0.72	0.84	0.78
	200	0.67	0.62	0.78	0.72	0.72	0.67	0.78	0.72	0.78	0.72	0.91	0.85
	250	0.72	0.67	0.78	0.72	0.78	0.72	0.83	0.78	0.81	0.78	0.91	0.84
24	50	0.68	0.63	0.79	0.68	0.73	0.63	0.72	0.73	0.79	0.73	0.85	0.79
	100	0.73	0.63	0.79	0.73	0.73	0.64	0.85	0.73	0.85	0.73	0.92	0.85
	150	0.74	0.68	0.79	0.79	0.79	0.74	0.85	0.79	0.85	0.79	0.92	0.85
	200	0.79	0.73	0.85	0.79	0.79	0.79	0.92	0.85	0.92	0.85	0.99	0.92
	250	0.72	0.79	0.85	0.85	0.85	0.79	0.92	0.85	0.92	0.85	0.99	0.92

* Los espesores incluyen la tolerancia de fundición, corrosión y golpe de ariete o carga de camión.



VER TABLA III.6 PARA DESIGNACIONES DE ESFESORES.

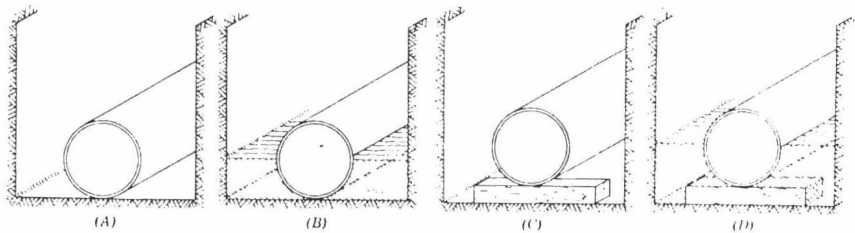
TABLA III.5 A

ESTAJAR DE ESIESOR PARA TUBERIA DE AGUA DE FIERRO
 FUNDIDO CENTRIFUGADAS EN MOLDE DE ARENA.
 (ANSI A.21.8)

Condición de tendido A) Trinchera fondo plano, sin bloques y sin relleno apisonado.
 Condición de tendido B) Trinchera fondo plano, sin bloques y con relleno apisonado.
 Condición de tendido C) Tendido sobre bloques, sin relleno apisonado.
 Condición de tendido D) Tendido sobre bloques, con relleno apisonado.

Tamaño (in)	Presión de operación (psi)	3 1/2 pies de cobertura				5 pies de cobertura				8 pies de cobertura			
		Condición de tendido				Condición de tendido				Condición de tendido			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
		Espesor (in)											
3	50	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.38	0.32
	100	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.38	0.32
	150	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.38	0.32
	200	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.38	0.32
	350	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.38	0.32
4	50	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.41	0.35
	100	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.41	0.35
	150	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.41	0.35
	200	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.41	0.35
	350	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.41	0.35
6	50	0.38	0.38	0.41	0.38	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.48	0.38
	100	0.38	0.38	0.41	0.38	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.48	0.38
	150	0.38	0.38	0.41	0.38	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.48	0.38
	200	0.38	0.38	0.41	0.38	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.48	0.38
	350	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.44	0.38	0.38	0.38	0.52	0.38
8	50	0.41	0.41	0.44	0.41	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.52	0.41
	100	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.52	0.41
	150	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.52	0.41
	200	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.48	0.41	0.41	0.41	0.52	0.41
	350	0.41	0.41	0.52	0.41	0.41	0.41	0.52	0.41	0.41	0.41	0.60	0.41
10	50	0.44	0.44	0.48	0.44	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.60	0.44
	100	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.60	0.44
	150	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.60	0.44
	200	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.52	0.44	0.44	0.44	0.60	0.44
	350	0.44	0.44	0.56	0.44	0.44	0.44	0.56	0.44	0.44	0.44	0.65	0.44
12	50	0.48	0.48	0.52	0.48	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.65	0.48
	100	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.65	0.48
	150	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.65	0.48
	200	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.56	0.48	0.48	0.48	0.65	0.48
	350	0.48	0.48	0.60	0.48	0.48	0.48	0.60	0.48	0.48	0.48	0.70	0.48
14	50	0.5	0.48	0.59	0.51	0.51	0.48	0.59	0.55	0.59	0.55	0.69	0.59
	100	0.5	0.48	0.59	0.55	0.55	0.51	0.64	0.55	0.59	0.55	0.69	0.59
	150	0.5	0.51	0.59	0.55	0.55	0.51	0.64	0.59	0.64	0.59	0.75	0.64
	200	0.5	0.51	0.64	0.59	0.55	0.55	0.64	0.59	0.64	0.59	0.75	0.69
	350	0.5	0.55	0.64	0.59	0.59	0.59	0.69	0.59	0.64	0.64	0.75	0.69

Los espesores incluyen la tolerancia de fundición, corrosión y golpe de ariete o carga de cañón.



VER TABLA III.6 PARA DESIGNACIONES DE UNIFORMES.

TABLA. III.5B

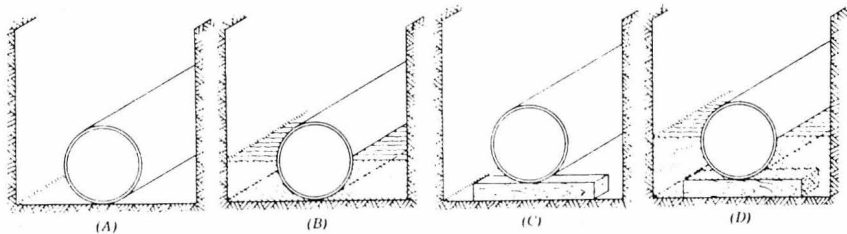
**ESTÁNDAR DE ESPESOR PARA TUBERÍA DE AGUA DE HIERRO
FUNDIDO CENTRIFUGADAS EN MOLDE DE ARENA.**
(AIST A.21.8)

CONTINUACION.

Condición de tendido A) Trinchera fondo plano, sin bloques y sin relleno apisonado.
Condición de tendido B) Trinchera fondo plano, sin bloques y con relleno apisonado.
Condición de tendido C) Tendido sobre bloques, sin relleno apisonado.
Condición de tendido D) Tendido sobre bloques, con relleno apisonado.

Tamaño (in)	Presión de operación (psí)	3 1/2 pies de cobertura				5 pies de cobertura				8 pies de cobertura				
		Condición de tendido				Condición de tendido				Condición de tendido				
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
Espesor (in)														
16	50	0.54	0.50	0.63	0.58	0.54	0.54	0.63	0.58	0.63	0.58	0.71	0.63	0.68
	100	0.54	0.54	0.63	0.58	0.58	0.54	0.68	0.58	0.63	0.58	0.71	0.68	0.78
	150	0.58	0.54	0.63	0.58	0.58	0.54	0.68	0.63	0.68	0.63	0.79	0.68	0.88
	200	0.58	0.58	0.68	0.63	0.63	0.58	0.68	0.63	0.68	0.63	0.79	0.73	0.88
	250	0.63	0.58	0.68	0.63	0.63	0.63	0.73	0.68	0.73	0.68	0.79	0.73	0.88
18	50	0.58	0.54	0.63	0.58	0.58	0.54	0.68	0.63	0.68	0.63	0.79	0.68	0.78
	100	0.58	0.54	0.68	0.63	0.63	0.58	0.73	0.63	0.68	0.63	0.79	0.73	0.88
	150	0.63	0.58	0.68	0.63	0.63	0.58	0.73	0.68	0.73	0.68	0.79	0.73	0.88
	200	0.63	0.58	0.73	0.68	0.68	0.63	0.73	0.68	0.73	0.68	0.85	0.79	0.88
	250	0.68	0.63	0.73	0.68	0.68	0.68	0.79	0.73	0.79	0.73	0.85	0.79	0.88
20	50	0.68	0.58	0.79	0.73	0.73	0.73	0.79	0.79	0.79	0.73	0.92	0.85	0.92
	100	0.62	0.57	0.72	0.67	0.67	0.57	0.72	0.67	0.72	0.67	0.78	0.72	0.88
	150	0.62	0.57	0.72	0.67	0.67	0.62	0.73	0.67	0.72	0.67	0.84	0.78	0.88
	200	0.67	0.62	0.72	0.67	0.67	0.62	0.78	0.72	0.78	0.72	0.84	0.78	0.88
	250	0.72	0.67	0.78	0.72	0.72	0.67	0.78	0.72	0.78	0.72	0.91	0.84	0.92
24	50	0.78	0.72	0.84	0.78	0.78	0.78	0.84	0.84	0.84	0.81	0.98	0.91	0.92
	100	0.84	0.78	0.84	0.84	0.84	0.84	0.91	0.84	0.91	0.84	0.98	0.91	0.92
	150	0.68	0.63	0.79	0.68	0.73	0.63	0.79	0.73	0.79	0.73	0.85	0.79	0.88
	200	0.73	0.63	0.79	0.73	0.73	0.68	0.85	0.79	0.85	0.79	0.92	0.85	0.92
	250	0.79	0.79	0.85	0.85	0.85	0.79	0.92	0.85	0.92	0.85	0.99	0.92	0.99
30	50	0.92	0.92	0.99	0.92	0.99	0.92	0.99	0.99	0.99	0.92	1.07	0.99	1.07
	100	0.85	0.73	0.85	0.85	0.85	0.79	0.92	0.85	0.92	0.85	0.99	0.92	0.99
	150	0.85	0.79	0.92	0.85	0.92	0.79	0.99	0.92	0.99	0.85	1.07	0.99	1.07
	200	0.92	0.79	0.92	0.92	0.92	0.85	0.99	0.92	0.99	0.92	1.07	0.99	1.07
	250	0.92	0.85	0.99	0.92	0.99	0.92	1.07	0.99	1.07	0.99	1.16	1.07	1.07
36	50	0.94	0.81	1.02	0.94	1.02	0.87	1.10	0.94	1.10	0.94	1.10	1.02	1.13
	100	0.94	0.87	1.02	0.94	1.02	0.87	1.10	1.02	1.10	1.02	1.19	1.10	1.13
	150	1.02	0.87	1.10	1.02	1.10	0.94	1.10	1.02	1.19	1.02	1.19	1.10	1.13
	200	1.10	0.94	1.10	1.02	1.10	1.02	1.19	1.10	1.19	1.10	1.29	1.19	1.13
	250	1.10	1.02	1.19	1.10	1.19	1.10	1.29	1.19	1.29	1.19	1.39	1.19	1.13
42	50	1.05	0.90	1.13	1.05	1.13	0.97	1.13	1.05	1.22	1.05	1.32	1.13	1.13
	100	1.05	0.97	1.13	1.05	1.13	0.97	1.22	1.13	1.22	1.13	1.32	1.13	1.13
	150	1.13	0.97	1.22	1.13	1.22	1.05	1.22	1.13	1.32	1.13	1.43	1.13	1.13
	200	1.22	1.05	1.22	1.13	1.22	1.13	1.32	1.22	1.43	1.22	1.54	1.13	1.13
	250	1.32	1.13	1.32	1.22	1.32	1.22	1.43	1.32	1.54	1.32	1.64	1.13	1.13
48	50	1.14	0.98	1.23	1.14	1.23	1.06	1.33	1.14	1.33	1.14	1.44	1.14	1.13
	100	1.23	1.06	1.23	1.14	1.23	1.06	1.33	1.14	1.33	1.14	1.44	1.14	1.13
	150	1.23	1.14	1.33	1.23	1.33	1.14	1.44	1.33	1.44	1.33	1.54	1.14	1.13
	200	1.33	1.14	1.44	1.33	1.44	1.23	1.44	1.33	1.56	1.33	1.64	1.14	1.13
	250	1.44	1.33	1.44	1.33	1.44	1.33	1.56	1.44	1.56	1.44	1.68	1.14	1.13

Los espesores incluyen la tolerancia de fundición, corrosión y golpe de ariete o carga de camión.



VER TABLA III.6 PARA DESIGNACIONES DE ESPESORES.

ESTANDAR DE ESPESOR PARA TUBERIA DE GAS DE HIERRO
FUNDIDO CENTRIFUGADA EN MOLDE METALICO.
(ANSI A.21.7)

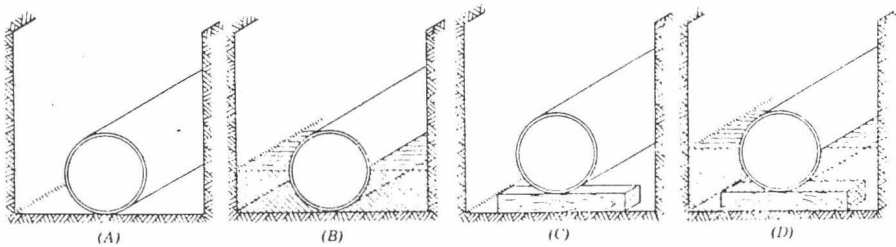
Espesor en pulgadas. Presión de operación en psi.

Espesor incluye tolerancia de fundición y corrosión.

- Condición de tendido A) Trinchera fondo plano, sin bloques y sin relleno apisonado.
 Condición de tendido B) Trinchera fondo plano, sin bloques y con relleno apisonado.
 Condición de tendido C) Trinchera fondo plano, sin bloques y sin relleno apisonado.
 Condición de tendido D) Trinchera fondo plano, con bloques y con relleno apisonado.

Tamaño no (in)	Presión de operación (psi)	3. 1/2 pies de cobertura				5 pies de cobertura				8 pies de cobertura				
		Condición de tendido				Condición de tendido				Condición de tendido				
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
4	10	1.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.41	.35	
	50	1.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.41	.35	
	100	1.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.41	.35	
6	10	1.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.48	.38	
	50	1.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.48	.38	
	100	1.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.48	.38	
8	10	1.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.48	.41	
	50	1.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.48	.41	
	100	1.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.48	.41	
10	10	1.44	.44	.44	.44	1.44	.44	.44	.44	1.44	.44	.44	.60	.44
	50	1.44	.44	.44	.44	1.44	.44	.44	.44	1.44	.44	.44	.60	.44
	100	1.44	.44	.44	.44	1.44	.44	.44	.44	1.44	.44	.44	.60	.44
12	10	1.48	.48	.48	.48	1.48	.48	.48	.48	1.48	.48	.48	.60	.48
	50	1.48	.48	.48	.48	1.48	.48	.48	.48	1.48	.48	.48	.60	.48
	100	1.48	.48	.48	.48	1.48	.48	.48	.48	1.48	.48	.48	.60	.48
16	10	1.54	.54	.54	.54	1.54	.54	.54	.54	1.54	.54	.54	.73	.54
	50	1.54	.54	.54	.54	1.54	.54	.54	.54	1.54	.54	.54	.73	.54
	100	1.54	.54	.54	.54	1.54	.54	.54	.54	1.54	.54	.54	.73	.54
20	10	1.62	.62	.62	.62	1.62	.62	.62	.62	1.62	.62	.62	.78	.62
	50	1.62	.62	.62	.62	1.62	.62	.62	.62	1.62	.62	.62	.78	.62
	100	1.62	.62	.62	.62	1.62	.62	.62	.62	1.62	.62	.62	.78	.62
24	10	1.68	.68	.68	.68	1.68	.68	.68	.68	1.68	.68	.68	.85	.68
	50	1.68	.68	.68	.68	1.68	.68	.68	.68	1.68	.68	.68	.85	.68
	100	1.68	.68	.68	.68	1.68	.68	.68	.68	1.68	.68	.68	.85	.68

¹ Espesor Clase 22.
² Espesor Clase 23. Ofrece un mayor factor de seguridad y es recomendada para áreas de densa población y tráfico pesado.



VER TABLA III.6 PARA DESIGNACIONES DE ESPESORES.

ESTANDAR DE ESPESOR PARA TUBERIA DE GAS DE HIERRO FUNDIDO CENTRIFUGADA EN MOLDES DE AREIA.

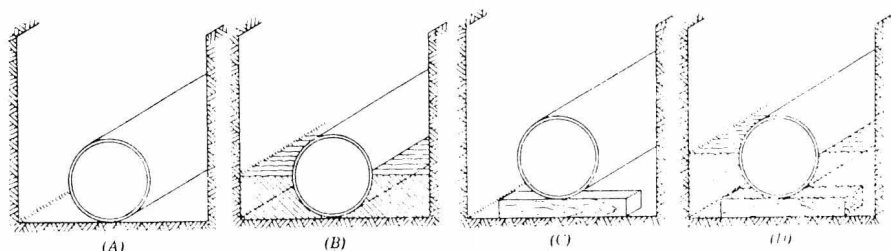
(ANSI A. 21.9)

Espesor en pulgadas. Presión de operación en psi.
Espesor incluye tolerancia de fundición y corrosión.

Condición de tendido A) Trincheras fondo plano, sin bloques y sin relleno apisonado.
Condición de tendido B) Trincheras fondo plano, sin bloques y con relleno apisonado.
Condición de tendido C) Trincheras fondo plano, sin bloques y sin relleno apisonado.
Condición de tendido D) Trincheras fondo plano, con bloques y con relleno apisonado.

Tamaño no (in)	Presión de ope- ración (psi)	3 1/2 pies de cobertura				5 pies de cobertura				9 pies de cobertura			
		Condición de tendido				Condición de tendido				Condición de tendido			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
4	10	1.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.35	.41	.55
	50	2.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.41	.35
	100	2.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.38	.41	.35
6	10	1.28	.38	.41	.38	.38	.39	.41	.38	.38	.38	.43	.38
	50	2.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.41	.48	.41
	100	2.38	.38	.41	.38	.38	.38	.44	.38	.38	.38	.48	.35
8	10	1.33	.38	.41	.38	.38	.38	.44	.38	.38	.38	.48	.35
	50	2.41	.41	.41	.41	.41	.41	.44	.41	.41	.41	.52	.41
	100	2.41	.41	.41	.41	.41	.41	.48	.41	.41	.41	.52	.41
10	10	.41	.41	.44	.41	.41	.41	.48	.41	.41	.41	.52	.41
	50	.41	.41	.44	.41	.41	.41	.48	.41	.41	.41	.52	.41
	100	.41	.41	.48	.41	.41	.41	.48	.41	.41	.41	.52	.41
12	10	.44	.44	.48	.44	.44	.44	.52	.44	.44	.44	.60	.44
	50	.44	.44	.48	.44	.44	.44	.52	.44	.44	.44	.60	.44
	100	.44	.44	.52	.44	.44	.44	.56	.44	.44	.44	.60	.48
16	10	.48	.48	.52	.48	.48	.48	.56	.48	.48	.48	.60	.52
	50	.48	.48	.52	.48	.48	.48	.56	.48	.48	.48	.60	.52
	100	.48	.48	.56	.48	.48	.48	.56	.48	.48	.48	.65	.52
20	10	.54	.50	.58	.54	.54	.50	.63	.58	.58	.54	.73	.63
	50	.54	.50	.63	.54	.54	.50	.63	.58	.63	.55	.73	.63
	100	.54	.54	.63	.58	.58	.54	.65	.58	.63	.55	.73	.68
24	10	.62	.57	.67	.62	.62	.57	.72	.67	.67	.62	.78	.72
	50	.62	.57	.72	.62	.62	.57	.72	.67	.72	.62	.78	.72
	100	.62	.57	.72	.67	.67	.62	.78	.67	.72	.62	.84	.78
30	10	.68	.63	.73	.68	.73	.63	.79	.73	.79	.68	.85	.79
	50	.68	.63	.79	.68	.73	.63	.79	.73	.79	.73	.85	.79
	100	.73	.63	.79	.73	.78	.68	.85	.79	.79	.73	.92	.85
36	10	.73	.73	.85	.79	.85	.73	.92	.85	.92	.79	.99	.92
	50	.85	.73	.85	.85	.85	.79	.92	.85	.92	.85	.99	.92
	100	.87	.81	.94	.87	.94	.81	1.02	.94	1.02	.87	1.10	1.02
42	10	.94	.81	1.02	.94	1.02	.87	1.10	.94	1.10	.94	1.19	1.02
	50	1.05	.90	1.05	.97	1.05	.90	1.13	1.05	1.13	.97	1.22	1.13
	100	1.05	.90	1.13	1.05	1.13	.97	1.13	1.05	1.22	1.05	1.32	1.13
48	10	1.14	.98	1.14	1.06	1.14	.98	1.23	1.14	1.33	1.06	1.33	1.23
	50	1.14	.98	1.23	1.14	1.23	1.06	1.23	1.14	1.33	1.14	1.44	1.33

¹ Espesor Clase 22.
² Espesor Clase 23. Ofrece un mayor factor de seguridad y es recomendada para áreas de densa población y tráfico pesado.



VER TABLA III.6 PARA DESIGNACIONES DE ESPESORES.

TABLA. III.5D

ESTANDAR DE CLASE DE ESPESORES EN TUBERÍA DE FIERRO FUNDIDO.

(SERIE ANSI A.21)

Tamaño nominal (in)	Diámetro externo (in)*		Espesor de pared (in) para la clase de espesor standard N.º									
			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3	4.96			0.32	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60
4	1.30	5.00		0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.65
6	6.90	7.10		0.38	0.41	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.65	0.70
8	9.05	9.30		0.41	0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.65	0.70	0.76
10	11.10	11.10		0.44	0.48	0.52	0.56	0.60	0.65	0.70	0.76	0.82
12	13.20	13.50		0.48	0.52	0.56	0.60	0.65	0.70	0.76	0.82	0.89
14	15.30	15.65	0.48	0.51	0.55	0.59	0.64	0.69	0.75	0.81	0.87	0.94
16	17.40	17.80	0.50	0.54	0.58	0.63	0.68	0.73	0.79	0.85	0.92	0.99
18	19.50	19.92	0.51	0.58	0.63	0.68	0.73	0.79	0.85	0.92	0.99	1.07
20	21.60	22.06	0.57	0.62	0.67	0.72	0.78	0.84	0.91	0.98	1.06	1.14
24	25.80	26.32	0.63	0.68	0.73	0.79	0.85	0.92	0.99	1.07	1.16	1.25
30	32.00		0.73	0.79	0.85	0.92	0.99	1.07	1.16	1.25	1.35	1.46
36	38.30		0.81	0.87	0.94	1.02	1.10	1.19	1.29	1.39	1.50	1.62
42	44.50		0.90	0.97	1.05	1.13	1.22	1.32	1.43	1.54	1.66	1.79
48	50.80		0.98	1.06	1.14	1.23	1.33	1.44	1.56	1.68	1.81	1.95

* Dos diámetros, indican que la tubería se fabrica en los dos diámetros indicados. Ver ASA A21, para detalles.

TABLA III.6

A. Espesor de Pared.-

El espesor requerido de la tubería de hierro -- fundido puede calcularse mediante el empleo de la siguiente fórmula.

$$T = M \left(\frac{(P+P_n) D}{25} + C \right)$$

Donde:

T = Espesor en pulgadas

M = Tolerancia de corrosión

P = Presión interna de diseño (psig)

P_n = Presión de golpe de ariete (ver tabla III.7)

D = Diámetro en pulgadas

S = Fatiga máxima admisible en PSI.

Para tuberías de hierro fundido $S = 773 \text{Kg/cm}^2$
(11,000 psi) para drenaje.

Para fluidos a presión tomar: 4.000 psi. para tubería fundida en molde y 6000 psi para centrifugada.

B. Golpe de Ariete.-

Cuando una columna de agua en movimiento, como en un tubo de agua contra incendio, se reduce súbitamente en velocidad o se detiene, como por el cierre rápido de una válvula, existe un considerable, aunque breve, incremento de presión interna debido a la cantidad de movimiento o "momentum" del agua, produciendo como resultado una ----

pulsación. A menudo se tiene un ruido peculiar, como el de un golpe de martillo en la tubería, de aquí el término de "golpe de ariete".

La AWWA (American Water Works Association) ha -- realizado entre otras, investigaciones sobre los esfuerzos producidos por el golpe de ariete y de acuerdo al resultado obtenido hace la recomendación de tomar ciertas precauciones contra dicho golpe, al calcularse los esfuerzos en una tubería de agua. Para presiones muy elevadas, como en el caso del agua contra incendio, se deben desarrollar análisis matemáticos basados en las condiciones esperadas, para poder cuantificar la presión debida a dicho golpe. La velocidad de la onda de presión para la tubería ordinaria de fundición de 51 a 203 mm. (2 a 8 pulg.) de -- diámetro es de 1280 m/seg; para un tubo de 610 mm -- (24 pulg.) es aproximadamente de 1000 m/seg. esta velocidad depende de la elasticidad del metal y de la relación de pared al diámetro del tubo. Si el tubo fuera perfectamente rígido, la velocidad de la onda sería igual a la del sonido en el agua, aproximadamente 1432 m/seg.

El incremento de presión es proporcional a la velocidad de la corriente que se interrumpe y a la velocidad de propagación de la onda de presión. Este-

incremento es aproximadamente 13.8 kg/cm^2 por cada metro por segundo de velocidad extinguida para tubos del primer rango y de 10.37 kg/cm^2 para tubería de 610 mm (24pulg.). Estos incrementos de presión solo se alcanzarán en el caso de que se cierre la válvula en menos tiempo del que tarda un recorrido completo de la onda de presión.

Como la intensidad del exceso de presión en la onda de ariete depende de la magnitud de velocidad extinguida, se producirá el mismo exceso de presión reduciendo súbitamente la velocidad de 7 a 4 m/seg., que suprimiendo totalmente una presión de 3 m/seg.

Para reducir el exceso de presión en gran medida, es conveniente el empleo de dispositivos aliviadores tales como cámaras de aire adecuadamente conectadas a las mismas líneas principales de bombeo de la red y a los tanques de expansión en las tuberías de suministro de energía hidráulica. También pueden utilizarse válvulas de cierre lento en tuberías largas, dado que si la corriente no es detenida rápidamente, de manera que desde el primer movimiento de la compuerta tenga tiempo la onda de avanzar aguas arriba hasta el extremo y, de regresar nuevamente varias veces mientras progresa la -

operación de cierre, se reduce considerablemente el exceso de presión.

El exceso de presión y la velocidad de las ondas de presión están dados por las siguientes fórmulas:

$$P = V \sqrt{EW/g}$$

$$S = \sqrt{Eg/W}$$

$$P = \sqrt{(W/g)(EE't)/(te'+DE)}$$

$$S = \sqrt{(g/W)(EE't)/(te'+DE)}$$

En las que:

P = intensidad del exceso de presión; en kg/cm^2 .

S = velocidad de transmisión de la onda de presión a través del agua en la tubería; en cm/seg .

V = velocidad extinguida, en cm/seg .

W = Peso de 1 cm^3 de agua; en Kg.

g = 981

E = módulo de elasticidad volumétrico del agua, en Kg/cm^2

E' = módulo lineal del metal del tubo, en Kg/cm^2

t = espesor del metal del tubo, en cm.

D = diámetro interno del tubo, en cm.

Las dos primeras fórmulas, mas simples, consideran al tubo perfectamente inelástico. Las dos últimas toman en cuenta la elasticidad del metal del tubo. Las fórmulas son homogéneas en cuanto a las -- unidades y se puede emplear cualquier combinación -- de ellas que sea compatible dentro de un mismo sistema.

GOLPE DE ARIETE ADMISIBLE Pw PARA TUBERIA DE HIERRO FUNDIDO.
(ANSI B.31.1)

DIAMETRO (PULGS) INCLUSIVE	GOLPE DE ARIETE ADMISIBLE (psi)
4 - 10	120
12 - 14	110
16 - 18	100
20	90
24	85
30	80
36	75
42 - 60	70

TABLA III. 7

DIMENSIONES DE TUBERIAS SOLDADAS Y ESTIRADAS
DE ACERO (ASA B.36.10)

(Listadas como espesor standard, extra fuerte y doble extra fuerte)

Diámetro nominal	Diámetro externo	Espesor de pared nominal		
		Espesor standard	Espesor extra fuerte	Espesor doble extra fuerte
1/8	0.405	0.068	0.095	
1/4	0.540	0.088	0.095	
3/8	0.675	0.091	0.126	
1/2	0.840	0.109	0.147	0.291
3/4	1.050	0.113	0.154	0.308
1	1.315	0.133	0.179	0.358
1 1/4	1.660	0.140	0.191	0.382
1 1/2	1.900	0.145	0.200	0.400
2	2.375	0.154	0.218	0.436
2 1/2	2.875	0.203	0.276	0.552
3	3.500	0.216	0.300	0.600
3 1/2	4.000	0.226	0.318	
4	4.500	0.237	0.337	0.671
5	5.563	0.258	0.375	0.750
6	6.625	0.280	0.432	0.861
8	8.625	0.322	0.500	0.875
10	10.750	0.365	0.500	
12	12.750	0.375	0.500	
14	14.000	0.375	0.500	
16	16.000	0.375	0.500	
18	18.000	0.375	0.500	
20	20.000	0.375	0.500	
24	24.000	0.375	0.500	

Todas las dimensiones son en pulgadas.

Los espesores indicados, son nominales o medios.

Los espesores indicados en negrita para espesor standard son idénticos a Sch. 40

Los espesores extra fuertes indicados en negrita son idénticos a Sch. 60 y Sch. 80

Espesor Doble Extra Fuerte, no tiene correspondencia con número de lista o Sch.

TABLA III.8

DIMENSIONES DE TUBERIAS SOLDADAS Y ESTIRADAS
DE ACERO (ASA B.36.10)

(Listadas por el número de lista o Sch.)

Diámetro nominal	Diámetro externo	Espesor de pared nominal													
		Sch 10	Sch 20	Sch 30	Sch 40	Sch 60	Sch 80	Sch 100	Sch 120	Sch 140	Sch 160				
3/8	0.405				0.068		0.095								
1/2	0.540				0.088		0.119								
5/8	0.675				0.091		0.126								
1	0.840				0.109		0.147								0.137
1 1/8	1.050				0.113		0.154								0.218
1 1/2	1.315				0.133		0.179								0.250
1 3/4	1.660				0.140		0.191								0.250
2	1.900				0.145		0.200								0.261
2 1/2	2.375				0.154		0.218								0.343
3	2.875				0.203		0.276								0.375
3 1/2	3.500				0.216		0.300								0.438
4	4.000				0.226		0.318								
5	4.500				0.237		0.337								0.541
6	5.563				0.258		0.375		0.438			0.500			0.625
8	6.625				0.280		0.432		0.562			0.562			0.718
10	8.625		0.250	0.277	0.322	0.406	0.500	0.594	0.718			0.718	0.812	0.906	
12	10.750		0.250	0.307	0.365	0.500	0.593	0.718	0.813			0.813	1.000	1.125	
14	12.750		0.250	0.330	0.406	0.562	0.687	0.813	1.000			1.000	1.125	1.312	
16	14.000	0.250	0.312	0.375	0.433	0.593	0.750	0.937	1.093			1.093	1.250	1.406	
18	16.000	0.250	0.312	0.375	0.500	0.656	0.813	1.031	1.218			1.218	1.438	1.593	
20	18.000	0.250	0.312	0.438	0.562	0.750	0.937	1.156	1.375			1.375	1.562	1.781	
24	20.000	0.250	0.375	0.500	0.593	0.812	1.031	1.231	1.500			1.500	1.750	1.963	
24	24.000	0.250	0.375	0.562	0.687	0.968	1.218	1.531	1.812			1.812	2.062	2.313	
30	30.000	0.312	0.500	0.625											

Todas las dimensiones son en pulgadas.
Los espesores de pared indican el valor nominal. Para tolerancias, ver los standards apropiados.
Los espesores indicados en negrita para Sch. 40 son idénticos a los expresados para espesor standard

Los espesores indicados en negrita para Sch. 60 y 80 son idénticos a los expresados para espesor extra fuerte

Algunos de los espesores más grandes no pueden ser obtenidos por estirado y deben ser fabricados por taladrado de techos o de otras formas.

TABLA III.8A

**DIMENSIONES DE TUBERIAS SOLDADAS Y ESTIRADAS
DE ACERO INOXIDABLE**

Diámetro nominal	Diámetro externo	Espesor de pared nominal			
		Sch 5S [†]	Sch 10S [†]	Sch 40S	Sch 80S
1/8	0.405		0.049	0.063	0.095
1/4	0.540		0.065	0.083	0.119
3/8	0.675		0.065	0.091	0.126
1/2	0.840	0.065	0.083	0.109	0.147
3/4	1.050	0.065	0.083	0.113	0.154
1	1.315	0.065	0.109	0.133	0.179
1 1/4	1.650	0.065	0.109	0.140	0.191
1 1/2	1.900	0.065	0.109	0.145	0.200
2	2.375	0.065	0.109	0.154	0.213
2 1/2	2.875	0.083	0.120	0.203	0.276
3	3.500	0.083	0.120	0.216	0.300
3 1/2	4.000	0.083	0.120	0.226	0.313
4	4.500	0.083	0.120	0.237	0.317
5	5.563	0.109	0.134	0.253	0.375
6	6.625	0.109	0.134	0.269	0.412
8	8.625	0.109	0.143	0.322	0.500
10	10.750	0.134	0.165	0.365	0.500*
12	12.750	0.156	0.180	0.375*	0.500*

Todas las dimensiones, en pulgadas.

Los espesores indicados son nominales o medios.

Tolerancia $\pm 12.5\%$.

* No de acuerdo con ASA B.36.10, pero sí con peso standard (0.375") y extra fuerte (0.500").

[†] Sch. 5S y 10S no admiten roscado, según ASA B.2.1.

TABLA III.9

NUMEROS DE CEDULA A.N.S.I. PARA TUBERIA DE
ALUMINIO Y NIQUEL.

ALUMINIO: Especificación, A.S.T.M. B241

CD ANSI, 55, 105, 405 y 805 (Ver tabla para espesores.)

También CD. 30 para 8" y 10"

CD 60 para 10" y 12" y espesor 0.279" para 10"
y espesor 0.330" para 12".

NIQUEL Y CUPRONIQUEL: Especificación. A.S.T.M. B161

y B165

CD. ANSI., 55 y 105 hasta 6", 405 y 805 hasta-
8" (Ver tabla III.10 para espesores)

TABLA III.10

DIMENSIONES DE TUBERIA DE COBRE Y LATÓN (ASTM B.251)

(Basado en ASTM B251, con permiso de: American Society for Testing and Materials, Filadelfia, Pa.)

Tubo de cobre para agua (ASTM B.88)					Tubería de cobre y latón (ASTM B.42 y B.43)					
Tamaño standard de tubo para agua (in)	Diámetro externo (in)	Espesor pared nominal (in)			Tamaño nominal de tubería (in)	Dimensiones nominales (in)				
		Tipo K*	Tipo L*	Tipo M*		Peso standard			Extra fuerte	
						Diámetro externo	Diámetro interno	Espesor de pared	Diámetro interno	Espesor de pared
¼	0.375	0.035	0.030	...	¾	0.105	0.281	0.062	0.205	0.100
⅜	0.500	0.049	0.035	...	¾	0.540	0.376	0.082	0.294	0.123
½	0.625	0.049	0.040	...	¾	0.675	0.495	0.090	0.421	0.127
¾	0.750	0.049	0.042	...	1	0.840	0.626	0.107	0.542	0.149
1	0.875	0.065	0.045	...	1	1.050	0.822	0.144	0.736	0.157
1	1.125	0.065	0.050	...	1	1.315	1.063	0.126	0.951	0.182
1¼	1.375	0.065	0.055	0.042	1¼	1.660	1.368	0.146	1.272	0.194
1½	1.625	0.072	0.060	0.049	1½	1.900	1.600	0.150	1.494	0.203
2	2.125	0.083	0.070	0.058	2	2.375	2.063	0.156	1.933	0.221
2½	2.625	0.095	0.080	0.065	2½	2.875	2.501	0.187	2.315	0.230
3	3.125	0.109	0.090	0.072	3	3.500	3.062	0.219	2.892	0.304
3½	3.625	0.120	0.100	0.083	3½	4.000	3.500	0.250	3.358	0.321
4	4.125	0.134	0.110	0.095	4	4.500	4.000	0.250	3.818	0.341
5	5.125	0.160	0.125	0.109	5	5.562	5.062	0.250	4.812	0.375
6	6.125	0.192	0.140	0.122	6	6.625	6.125	0.250	5.751	0.437
8	8.125	0.271	0.200	0.170	8	8.625	8.001	0.312	7.625	0.500
10	10.125	0.338	0.250	0.212	10	10.750	10.020	0.365	9.750	0.500
12	12.125	0.405	0.280	0.254	12	12.750	12.000	0.375		

*** Recomendaciones:**

Tipo K: Fontanería general y calefacción, instalaciones subterráneas y para severas condiciones de servicio.

Tipo L: Fontanería interior y servicios generales de calefacción.

Tipo M: Para servicios sin presión (drenajes, ventilaciones, etcétera).

FIG. III. 11

TAMAÑOS PREFERIDOS DE TUBO ESTIRADO DE COBRE Y COBRE ALEADO,
SEGUN ASTM DESIGNACIONES B.75 Y B.135 (ASIM B.251)

Es recomendable utilizar material de los diámetros y espesores que se indican a continuación.
Tamaños preferidos de tubo de cobre y cobre aleado, sin unión^{a,b}

[X indica los tamaños preferidos]

Diámetro externo (in)	Espesor de pared (in)																			
	0.010	0.013	0.016	0.020	0.025	0.032	0.040	0.049	0.065	0.083	0.100	1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8		
1/8	X	X	X	X	X	X	X													
3/16	X	X	X	X	X	X	X	X												
1/4			X	X	X	X	X	X	X											
5/16			X	X	X	X	X	X	X	X										
3/8			X	X	X	X	X	X	X	X	X									
1/2			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
5/8			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
3/4			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
7/8			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
1				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
1 1/4				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
1 1/2				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
1 3/4				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
2					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
2 1/4					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2 1/2					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 3/4					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3 1/2						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4 1/2							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5 1/2								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9												X	X	X	X	X	X	X	X	X
10													X	X	X	X	X	X	X	X
11														X	X	X	X	X	X	X
12															X	X	X	X	X	X

a) De acuerdo con las recomendaciones R 235-48, para cobre y cobre aleado.

b) Este tubo no es necesariamente existente en todas las aleaciones para todos los tamaños indicados.

FIG. III.11A

III.4. ESTANDARES EMITIDOS SOBRE TUBERIAS.

A. Mécánicos y Dimensionales.-

- Cálculo de tubería de hierro fundido: resistencia y espesor AWWA: C 101, ANSI: A.21,22, 23,26,27,28,29.
- Tubería fundida centrifugada en molde metálico.
Para agua u otros líquidos: AWWA:C106; ANSI : 21.6
Para gas: ANSI: A 21.7
- Tubería fundida centrifugada en molde de arena,
Para agua u otros líquidos: AWWA: C108; ANSI: A21.8
Para gas: ANSI: A21.9
- Tubería fundida en pozo, para agua u otros líquidos: AWWA: C102; ANSI: A.21.2
Para gas: ANSA: A21.3
Tubería evacuadora: ANSI: A.40.1
- Tubo de acero en varios grados; Proceso de manufactura, Requerimientos Físicos y Químicos, Metodos de prueba, Dimensiones, Requerimiento de roscado: API: 5A
- Tubo Grado C-75 y C 95 con las mismas especificaciones del anterior: API: 5AC
- Tubo de alta resistencia: API: 5AX
- Líneas de tuberías de acero con costura y sin costura, en varios grados, incluye peso estan

dar, peso regular, extrafuerte y doble extra:

API: 5L

- Tubería soldada en espiral: cubre varios grados de tubería de acero; con requerimientos físicos y químicos, métodos de prueba, dimensiones: API: 5LU
- Tubería de altas características: cubre varios grados (X42 y mayores) de acero con o sin costura, sujeto a pruebas más rigurosas que en el estándar 5L: API: 5LX
- Tubería estirada, soldada de hierro forjado (normas de peso y dimensiones): ANSI:B.36.10
- Tubería de acero inoxidable: ANSI:B.36.19
- Tubería de cobre o latón, tamaños estándar: - ASTM : B.251
- Tubería de aluminio aleado: ASTM: B.241
- Tubería de plomo: WW-P-325
- Tubería de níquel y aleaciones (igual que acero inoxidable): ANSI: B.36.19

B. Soldadura.-

- Calificación de procedimientos y personal para soldar aceros fundidos: ASTM: A 4888
- Requerimientos para calificación de procedimientos de soldadura: API: 1104
- Practicas recomendadas para reparar soldadura

- de tuberías de hierro fundido: AWS: D10.2-54
- Soldadura de tuberías y tubo de acero ni-
crustenítico: AWS: D10.4-55
- Soldadura de arco de tungsteno - gas para tube-
ría y tubo de titanio: AWS: D10.6-59
- Prácticas recomendadas para soldadura de arco
con protección de gas para tubería de alumi-
nio y aleaciones de aluminio: AWS: D10.7-60
- Soldadura para tubería de acero- cromo-molib-
deno: AWS: D10.8-61

C. Tratamientos Térmicos.-

- Para recipientes a presión: ASME Sección IX
- ANSI califica procedimientos y consideracio-
nes de temperaturas de precalentamiento y ---
postcalentamientos, cambios en las temperatu-
ras por 100⁰F pueden requerir una recalifica-
ción del procedimiento de soldadura.
- Prácticas recomendadas para suspender ciclos
de tratamientos térmicos para tuberías de ace-
ro bajo cromo-molibdeno: AWS: D10.3-55
- Pruebas para tratamientos térmicos de tube-
rías, cubre requerimientos para tratamientos
térmicos en tamaños de 6 5/6 pulg. y mayores-
en grados X 80, X 100 y grados intermedios ---
excepto X 65: API: 5 LU

D. Limpiezas Químicas.-

- especificaciones de preparación de superficies No.8 Baño Químico: SSPC - SP8 - 527
Emitida por STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL.

E. Métodos de Inspección.-

- Inspección por partícula magnética: la mayoría de Códigos aplican generalmente el mismo criterio para defectos o discontinuidades para los métodos de partícula magnética y radiográfico.

La sección III del A.S.M.E. Boiler & Pressure Vessel Code establece que no es aceptable si hay seis o más inclusiones en un área de 1 1/2 in X 6 in o círculos de 3 1/2 in de diámetro.

- Inspección por líquido penetrante:
 - + A.S.T.M. Standard E 165
- Inspección por ultrasonido:
 - + A.S.T.M. Standard E 114 recomienda practicar para la prueba ultrasónica el método de reflexión, usar ondas longitudinales pulsantes inducidas por contacto directo.
 - + A.S.T.M. standard E 214 practicas tentativas recomendadas para pruebas por inmersión ultrasónica por el método de reflexión.
 - + A.S.T.M. Standard E 113 practicas tentati-

vas recomendadas para la prueba ultrasónica por el método de resonancia.

- + A.S.T.M. Standard E 213 métodos tentativos de inspección ultrasónica de tubería metálica y fallas o discontinuidades longitudinales.
- + A.S.T.M. Standard E 164 Método tentativo para inspección de contacto ultrasónico de ensambles soldados.
- Inspección radiográfica:
 - + A.S.T.M. Standard E 142 métodos tentativos para control de calidad de pruebas radiográficas.
 - + A.S.T.M. Standard E 94 practicas tentativas recomendadas para pruebas radiográficas.
 - + A.S.T.M. Especificación E 71-52 clasificación de fundiciones para ser usadas como estándar radiográfico.
 - + A.S.T.M. Standard E 71 Estandares radiográficos industriales para fundiciones de acero
 - + A.S.T.M. E 155 radiografías estandar de referencia para la inspección de fundiciones de aluminio y magnesio.
 - + A.S.T.M. E 99 radiografías estandar de referencia para soldaduras de acero.
 - + International Institute of Welding Comission

III.5

ESPECIFICACIONES A.S.T.M. DE MATERIALES.

A. Materiales Ferrosos.-

- Tubería sin costura:

A 106 Acero al carbón estirado para servicio a alta temperatura.

A 335 Aleaciones ferríticas.

A 376 Acero inoxidable austenítico.

A 405 Aleaciones ferríticas de acero.

- Tubería sin costura y soldada:

A 53 Acero al carbón.

A 120 Acero negro y galvanizado.

A 312 Acero inoxidable y austenítico.

A 333 Acero al carbón de baja temperatura.

A 381 Acero al carbón y acero al níquel.

- Tubería soldada:

A 72 Hierro forjado.

A 134 Acero al carbón soldado electricamente -
(16" y mayores)

A 135 Acero al carbón soldado por resistencia para usos generales.

A 139 Acero al carbón soldado electricamente - para 4" y mayores.

A 155 Acero al carbón y aleaciones para altas-temperaturas (C-Mo, Cr-Mo)

A 211 Tubería soldada en espiral.

A 358 Acero inoxidable austenítico.

- A 381 Acero al carbón soldado por arco para -
servicio de transmisión a alta presión.
- A 419 Hierro forjado (16" y mayores)
- Tubería forjada y perforada.
 - A 369 Aleaciones ferríticas para altas tempe-
raturas
 - A 430 Acero inoxidable austenítico para altas
temperaturas.
- Tubería fundida centrifugada:
 - A 426 Aleaciones ferríticas fundido centrfu-
gado.
 - A 451 Aleaciones austeníticas.
 - A 452 Aleaciones austeníticas forjadas en frío.
- Tubo sin costura:
 - A 179 Acero al carbón.
 - A 192 Acero al carbón.
 - A 199 Aleaciones ferríticas.
 - A 210 Acero al carbón.
 - A 213 Aleaciones austeníticas y ferríticas.
- Tubo sin costura y soldado:
 - A 268 Acero inoxidable ferrítico.
 - A 269 Acero inoxidable austenítico.
 - A 450 Acero al carbón y aleaciones austeniti--
cas y ferríticas.
- Tubo soldado:

- A 178 Acero al carbón.
 - A 214 Acero al carbón.
 - A 226 Acero al carbón.
 - A 249 Acero inoxidable austenítico.
 - A 254 Acero soldado con cobre.
 - A 409 Acero Cr- Ni austenítico pared delgada -
para servicio corrosivo o a altas tempe-
raturas.
- Placa:
- A 42 Hierro forjado.
 - A 167 Acero inoxidable austenítico.
 - A 201 Acero al carbón.
 - A 212 Acero al carbón.
 - A 240 Cromo y cromo-niquel.
 - A 285 Acero al carbón.
 - A 299 Acero al carbón.
 - A 357 Acero cromo-moly (molibdeno).
 - A 387 Acero cromo-moly.
- Métodos de Pruebas Estándares ASTM:
- E 71 Estándar radiográfico - acero fundido.
 - E 109 Inspección por partícula magnética.
 - E 125 Fotografías de referencia - inspección-
por partícula magnética, fundiciones fe-
rrosas.
 - E 142 Prueba radiográfica.

- E 165 Inspección por líquido penetrante.
- E 186 Estándares radiográficos - acero fundido.
- E 280 Estándar radiográfico acero fundido.

- Electrodo - Soldadura de arco:
 - A 233 Acero dulce o suave.
 - A 298 Cromo y cromo-níquel.
 - A 316 Acero de bajas aleaciones.

- Varillas - Soldadura de gas:
 - A 281 Acero al carbón y aleaciones ferríticas.
 - A 371 Cromo y cromo-níquel.

- Forjas:
 - A 105 Acero al carbón.
 - A 181 Acero al carbón.
 - A 182 Aleaciones ferríticas y acero inoxidable austeníticas.
 - A 235 Acero al carbón.
 - A 404 Aleaciones ferríticas.

- Fundiciones:
 - A 47 Hierro maleable.
 - A 48 Hierro gris.
 - A 126 Hierro gris.
 - A 197 Hierro maleable.
 - A 216 Acero al carbón.
 - A 217 Aleaciones ferríticas.
 - A 278 Hierro gris.

- A 351 Aleaciones ferríticas y austeníticas.
 - A 377 Hierro nodular.
 - A 389 Aleaciones ferríticas.
 - A 445 Hierro nodular.
- B. Materiales no Ferrosos.-**
- Tubería sin costura:
 - B 42 Cobre.
 - B 43 Bronce rojo.
 - B 241 Aleaciones de aluminio.
 - B 302 Cobre.
 - B 345 Tubería de aleaciones de aluminio.
 - Tubería y tubo sin costura:
 - B 161 Niquel y niquel bajo contenido en C
 - B 165 Niquel-cobre.
 - B 167 Aleaciones niquel-cromo-hierro.
 - B 251 Cobre forjado y aleaciones de cobre.
 - B 315 Aleaciones de cobre silicón.
 - Tubo sin costura:
 - B 68 Cobre destemplado.
 - B 75 Cobre para uso general.
 - B 88 Cobre para agua (tipo K,L,M)
 - B 42 Cobre estirado sin unión para saneamien
to.
 - B 111 Cobre y aleaciones de cobre.
 - B 315 Aleacion cobre al Si.

- B 280 Cobre.
- B 210 Aleaciones de aluminio, estirada.
- B 234 Aleaciones de aluminio, estirada.
- B 235 Aluminio.
- B 307 Aleaciones de aluminio, enrollada estirada.
- B 241 Aluminio aleado, tubería estruñda.
- Fundiciones:
 - B 61 Bronce.
 - B 62 Latón.
 - B 26 Aluminio-fundido en arena (aleación base)
 - B 108 Aluminio-aleación base fundido en molde permanente.
- Forjados:
 - B 247 Aleaciones- aluminio en matriz de forjado.
- Electródos - Soldadura de arco:
 - B 225 Cobre y aleaciones de cobre.
 - B 285 Aluminio y aleaciones de aluminio.
 - B 297 Tungsteno.
- Varillas - Soldadura de gas:
 - B 285 Aluminio y aleaciones de aluminio.
- Placas:
 - B 168 Niquel-Cromo-Aleaciones de hierro.
 - B 209 Aleación de aluminio.

- Soldadura:

B 32 Aleaciones estaño-plomo y plata-plomo.

- Soldadura con Latón:

B 260 Metales de relleno.

VARIACIONES DE DIAMETRO EXTERIOR COMO SON
 ESTIPULADAS EN ALGUNAS ESTECIFICACIONES -
 A.S.T.M. PARA TUBERIAS.

TAMAÑO NOMINAL (PULG.)	VARIACIONES PERMITIDAS EN C.D. (PULG.)	
	ARRIBA	ABAJO
1/8-1/2 (inclusive)	1/64 (0.015)	1/32 (0.031)
SUP. 1 1/2-4 "	1/32 (0.031)	1/32 (0.031)
SUP. 4 - 8 "	1/16 (0.062)	1/32 (0.031)
SUP. 8 - 18 "	3/32 (0.093)	1/2 (0.031)
SUP.18 - 24 "	1/8 (0.125)	1/32 (0.031)

TABLA 13

CONTINUA

ESPECIF. D.S.T.M.	TAMÑO	SERVICIO	TIPO DE SOLDADURA	METAL DE RELLENO	TRATAMIENTO TERMICO	PRUEBA * REQUERIDA	RADIOGRAFIA DE SOLDADURA	PRUEBA HIDROSTATICA O PRESION PSI, P ₂ 254°F	DIRECCION DE TENDIDA	GRUPOS Y RESISTENCIA A LAS TENSIONES MINIMAS P S I	MATERIAL DE LA PLACA DE ACERO	RECONOCIMIENTO POR OTRO CODIGO
A 269	SIN LIMITE NORM. TUB. DE ESPESOR GROSOS.	ALTA TEMPERATURA	SIN COSTURA	-----	REQ: FP1, FP2, FP12: ALIVIO DE ESFUERZOS A 1200-1500°F LAS DEMAS RECOCIDO A 1200°F	T, F	-----	NO REQUIERE	1/2 Mo 1/2Cr-1/2Mo 1Cr-1/2Mo 1 1/4Cr-1/2Mo 2Cr-1/2Mo 2 1/4Cr-1Mo 3Cr-1Mo 5Cr-1/2Mo 7Cr-1/2Mo 9Cr-1Mo	FP1 55,000 FP2 55,000 FP12 60,000 FP11 60,000 FP3B 60,000 FP22 60,000 FP21 60,000 FP5 60,000 FP7 60,000 FP9 60,000	-----	A.S.M.E. BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE SA-269
A 405	SIN LIMITE	ALTA TEMPERATURA	SIN COSTURA	-----	REQ. RECOCIDO O NORMALIZADO A 1850-1950°F Y TEMPERADO A 1250-1350°F	T, F	-----	REQ. S = 0.60 YS 2500 MAX. RED 3" 2800 MAX. SUPS A 3"	1Cr-1Mo-0.2V	P24 60,000	-----	-----
A 402	SIN LIMITE	ALTA TEMPERATURA (FUNDIDO CENTRIFUGADO)	SIN COSTURA	-----	REQ. RECOCIDO O NORMALIZADO Y TEMPERADO ± 1200°F	T, H, F, U, MP o LP	-----	REQ. S = 0.60 YS	1/2 Mo 1/2 Mo (ALTO S) 1/2 Cr-1/2 Mo 1 Cr-1/2 Mo 1 1/4 Cr-1 Mo 2 1/4 Cr-1 Mo 3 Cr-1/2 Mo 5 Cr-1/2 Mo 5 Cr-1/2 Mo (ALTO S) 7 Cr-1/2 Mo 9 Cr-1 Mo	CP1 55,000 CP1S 60,000 CP2 55,000 CP12 60,000 CP11 60,000 CP22 60,000 CP21 60,000 CP5 60,000 CP5b 60,000 CP7 60,000 CP9 60,000	-----	-----

* T = PRUEBA DE TENSION B = PRUEBA DE DOBLADO EN PLACA DEL MATERIAL USADO. BT = PRUEBA DE DOBLADO EN DIRECCION DE LA SOLDADURA. F = PRUEBA DE APLASTADO
 I = PRUEBA DE IMPACTO H = PRUEBA DE DUREZA U = PRUEBA ULTRASONICA M.P. = EXAMEN POR PARTICULAS MAGNETICAS.
 L.P. = EXAMEN CON LIQUIDO PENETRANTE.

CONTINUO

ESPECIF. A.S.T.M.	TAMANO	SERVICIO	ACERO DECORADO	TIPO DE SOLDADURA	MATERIAL DE RELLENO	REFERENCIA DE SOLDADURA	TRATAMIENTO TERMICO.	PROBES REQUERIDA	RADIOGRAFIA DE LA SOLDADURA	TOLERANCIA ESPESOR.	GRADOS Y RESIST. MINIMO A LA TENSION.	TERMINADO	REQUERIMIENTOS ESPECIFICOS.	MATERIAL DE PLACA O ACERO	RECONOCIMIENTO POR OTRO CODIGO
A 211	4" ABASTA 48" OD. 1/4" - 1/4" ESPESOR	SERVICIOS ORDINARIOS (H2O, GAS, VAPORES)	NO REQUIERE.	EN ESPIRAL	SI/NO	NO ESPECIFICA	NO	A 158% LA P. DE TRABAJ. S=0.80 Y S MAX.	NO REQUIERE.	----	-----	NORMALMENTE REVESTIDO.	NO ESPECIFICOS (NORMALMENTE PLANOS).	A 245 (ACERO) A 179 (HIERRO DE NOBNO ABLEADO).	
A 252	SIN LIMITE	FLUJO DE TUBO	NO REQUIERE.	SIN COSTURA O SOLDADO POR ELECTRODA, FLASH, FUSION, RESIST.	SI/NO	NO ESPECIFICA	NO	NO REQUIERE.	NO REQUIERE.	NO MAS DE 12 1/2% ABAJO DEL NOMINAL	-----	-----	NO ESPECIFICOS.		
A 333	SIN LIMITE	BANDA TEMP. NORMALMENTE -50°F MIN	NO REQUIERE.	SIN COSTURA O SOLDADO.	NO PERMITIDO	NO ESPECIFICOS (NORMALMENTE A 225).	REQ. NORMA. LIZADO O NOE HOLIDADO Y TEMPLEADO.	S=0.60 Y S 2500 MAX PARA 3/2" ABASTA SUPS. 3"	NO REQ.	NO MENOR QUE 12 1/2% ABAJO DEL NOMINAL	1 55,000 6 60,000	-----	NO ESPECIFICOS (NORMALMENTE PLANOS).		ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE SA 333 EXCEPTO NOTAS 1 Y 2.
A 381	16" MAX. 5/16" A 1 1/2" ESPESOR	SERV. DE TRANSMISION A MA. PERFORA	NO REQUIERE.	SOLDADURA POR ARCO METALICO	SI	LISO	REQ. ALIVIORE ESTUERO, DESPUES DE SOLDADURA Y NO MENOS DE 1100°F.	PARA 1/2" ESPESOR S=0.85 Y S; SUPS. 1/2" ESP. S=0.70 Y S.	NO REQUIERE.	NO MAS QUE 0.01" ABAJO DEL ESPESOR ESPECIFICADO	735 60,000 742 68,000 748 70,000 748 72,000 750 72,000 752 75,000	SIN REVESTIMIENTOS.			
A 72 ACERO FORJADO	1/4" A 1 1/4"	SERVICIOS ORDINARIOS	LIMITE FONDDO O HIERRO FONDDO PROCESADO	SOLDADO.	SI/NO	NO	NO	S=0.60 Y S 122/5 CON EL PROCESO DE SOLDADURA DURA	NO REQUIERE.	NO MENOR QUE 12 1/2% ABAJO DEL NOMINAL	42,000	NEGRO O GALVANIZADO.	X S, X S EXTE. MAS PLANOS O BL. SE LADOS O STD. DE ROSCADO.	A 42 (PLACA DE HIERRO FORJADO).	ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE SA-72
A 419 HIERRO FORJADO	16" MAX. ESPESOR HASTA 2 1/4"	SERVICIOS ORDINARIOS (H2O, GAS, VAPORES)	LIMITE FONDDO O HIERRO FONDDO PROCESADO.	SOLDADO POR FUSION ELECTRICA.	SI	NO ESPECIFICA	NO	S=0.60 Y S	NO REQUIERE.	NO MENOR QUE 0.01" ABAJO DEL ESPESOR ESPECIFICADO	48,000	-----	EXCEPTO A PUNTO CEDENTE DE GRADO SUPERIOR. NORMALMENTE BUNDAJOS CON M A V. EXTERNOS BUNDAJOS CON 1/16" DE ESTANCO.	A 42 PLACA DE HIERRO FORJADO.	

ESPECIF A.S.T.M	TAMANO	SERVICIO	PROCESO DEL METAL BASE	TIPO DE SOLDADURA	METAL DE RELLENO	REQUERIR DE SOLDADURA	TRATAMIENTO TERMICO	TEMPERATURA O ENFRIAMIENTO POR	PRUEBA DE RESISTENCIA	RADIOGRAFIA DE SOLDADURA	TOLERANCIA ESPESOR DE PARED	TOLERANCIA DIM. EXTERIOR	NO. DE GRADOS	TERMINADO EN FUEGO O COHETE	LAVADO QUIMICO	RECONOCIMIENTO POR OTRO CODIGO
A 312	1/2" A 12" IPS	ALTA TEMPERATURA CORROSIVO	PLACA SUELA, BARRAS PERFORADAS, (INCRUSTABLE)	SIN COSTURA, SOLDADURA AUTOMATICA	NO PERMITIDO	NO	REQUERIDO A 1900°F MIN EXCEPTO GRADO H EL CUAL ES TRATADO A TEMPS. ESPECIALES ENTRE 1800-2000°F	REQUERIDO EXCEPTO PARA GRADO H	T F	NO REQUERIDA	NO MAYOR DE 12.5% ABAJO DEL NOMINAL	VER TABLA 13	304 317 304H 321 308 347 310 347H 316 348 316H 348H 316L	CUALQUIERA DE LOS DOS, A OPCIÓN DEL FABRICANTE.	REQUERIDO EXCEPTO EN EL TERMINADO. RECOGIDO BRILLANTE	ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE SA-312
A 358	8" Y MENORES (TAMBIEN IPS)	CORROSIVO ALTA TEMPERATURA	PLACA, PLANCHA O TUBO (A316)	ARCO MANUAL O AUTOMATICO	SI	REQUIERE PERO PUEDE SER REHEVIDO.	REQUERIDO A 1900°F MÍNIMO	REQUERIDO	T BT	CLASE 1 REQUIERE CLASE 2 NO REQ.	NO MAYOR DE 0.01" ABAJO DEL NOMINAL	±0.5% DEL O.D. NOMINAL	304 310 316 347 321 309	NO OBLIGATORIO	NO REQUIERE	
A 376	SIN LIMITE	VAPOR DE ALTA TEMPERATURA	FRESADA O PIEZA PERFORADA Y FORJADA.	SIN COSTURA	----	----	SOLUCION TRATADA A TEMPS. ESPECIALES ENTRE 1800 - 2000°F	REQUERIDO	T F	----	NO MAYOR DE 12.5% ABAJO DEL NOMINAL	VER TABLA 13	304 321H 304H 316 316 347H 321 348 16-8-2H	CUALQUIERA DE LOS DOS, A OPCIÓN DEL FABRICANTE.	SOLO CUANDO ES REQUERIDO POR EL CLIENTE.	ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE SA-376
A 409	1/4" HASA 30" IPS.	CORROSIVO; ALTA TEMPERATURA	PLACA TERMINADA EN COHETE, PLANCHA RECALDA EN FUEGO O CALIENTE	ARCO MANUAL O AUTOMATICO	SI	1/16" MAX. PERMITIDO	REQUERIDO SI LA PLACA NO ESTA TRATADA EN COHETES DE TEMP. ALTA.	SOLO SI ES TRATADA DESPUES DE SOLDARLA.	T BT	PRUEBA NOTES TECNICA EN LA GARG. DE PRUEBA DE TENSION	NO MAYOR DE 0.018" ABAJO DEL NOMINAL	±0.2% PARA ESPE- SORES INF A 0.188" ±0.04" PARA ESPESORES DE 0.188" Y MAYORES	304 317 309 348 310 321 347 316	NO OBLIGATORIO	NO REQUIERE.	
A 430	SIN LIMITE	ALTA TEMPERATURA	FORJADA Y PERFORADA	SIN COSTURA	----	----	TRATADA EN SOLUCIONES A TEMPS. ESPECIALES ENTRE 1800-2000°F	REQUERIDO	T F	----	+1/16" MAX. DEL ESPESOR ESPECIFICADO	-1/16" + 0"	304 321 304H 321H 316 347 316H 347H 16-8-2H	SUPERFICIE MOCULADA	----	ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE SA-430 (GRADO H SOLAMENTE).
A 451	SIN LIMITE	ALTA TEMPERATURA, NUCLEAR.	FUNDIDO CENTRIFUGADO	SIN COSTURA	----	----	TRATADO EN SOLUCION A 1900-2000°F	REQUERIDO	T, F, LP (SUP. 6" ID)	----	QUE NO EXCEDA +1/16" - 0	-1/16" + 0"	FB 110 F10MC 110 FBC K20	SUPERFICIE TRATADA EN COHETE A MAX. 250 MI (D.D) DE TERMINADO.	----	
A 452	SIN LIMITE	ALTA TEMPERATURA	FUNDIDO Y FORJADO EN FUEGO	SIN COSTURA	----	----	TRATADO EN SOL. A 2000°F MIN. PARA 347H, 4 y 1800°F MIN. PARA 304H Y 316H.	NO ESPECIFICA	T F	----	NO MAYOR DE 22% +, - 0, C.O.D. MAXIMO DE 1/8".	-1/32" + 0" PARA INFERIORES DE 4", - 0, C.O.D. + 1/16" PARA 4" Y MAYO RES.	304H 316H 347H	SUPERFICIE TRATADA EN COHETE A MAX. 250 MI (D.D) DE TERMINADO MENOS REPRODUCIDO EN FUEGO.	----	

CLAVES: T= PRUEBA DE TENSION F= PRUEBA DE EMPUJAMIENTO LP= PRUEBA DE LIQUIDO PENETRANTE.
BT= PRUEBA DE DOBLADO DE SOLDADURA (GWB) H= PRUEBA DE DUREZA.

SUMARIO DE REQUERIMIENTOS PRINCIPALES DE ESPECIFICACIONES A.S.T.M. PARA TUBERIA DE ACERO AUSTENITICO CON Y SIN COSTURA.

CONCLUSIONES.

Actualmente la literatura sobre el diseño de tubería esta muy diversificada, en este trabajo se procedió a efectuar un resumen o condensación de los puntos que integran su contenido, clasificándolos en tres capítulos como se aprecia en el índice.

En el caso de los métodos de fabricación, se describió la totalidad de la información recabada, de la cual no se encontró con gran detalle, para el caso de la fabricación en México; aunque para métodos de fabricación general es más amplia. No paso igual con el diseño tubería, sobre el cual se puede obtener una información más extensa, recurriendo a la bibliografía.

La información obtenida para el caso de la fabricación nacional y cantidades importadas, fue escasa y difícil de recopilar, no obstante haber recurrido a Instituciones Oficiales, Asociaciones y a los mismos fabricantes. Con la información coleccionada se elaboraron tablas y gráficas comparativas, de las cuales se puede de

ducir que la fabricación de Tubería en México, - está limitada principalmente a tubería de Acero al Carbón, aunque se fabrica actualmente en el - país tubería de acero inoxidable con costura pa- ralela a su eje, en diámetros chicos y a escala pequeña.

La mayoría de tubería de acero inoxidable y de aleación es de importación, y es requerida -- casi en su totalidad en la Industria Alimenticia. Para el caso de las Industrias de Proceso es usa da en su mayoría en procesos criogénicos.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- PIPING DESIGN FOR PROCESS PLANTS.- Howard F. -
Rase. Ed. John Wiley.- 1963.
- 2.- DESIGN OF PIPING SYSTEMS.- Kellogg Company.
- 3.- INDUSTRIAL PIPING DRAFTING.- Rip. Weaver of --
Fluor Corp.
- 4.- PIPING HANDBOOK.- Crocker and King.
- 5.- PIPING DESIGN AND ENGINEERING.- Grinnell Co.
- 6.- APPLIED PROCESS DESIGN FOR CHEMICAL AND PETRO-
CHEMICAL PLANTS VOL. I.- Ernest M. Ludwig.
- 7.- PIPING HANDBOOK, REPRINTED FROM HYDROCARBON PRO-
CESSING.- Gulf. Pub. Co. 1968.
- 8.- CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK.- J. Perry.
- 9.- CHEMICAL ENGINEERING PLANTS DESIGN.- Frank Vil-
brant.
- 10.- HOW TO SIZE PIPING AND COMPONENTS AS GAS EX-
CHANGERS AT FLOW CONDITIONS.- Chem. Eng.- Oct. 13
1975.
- 11.- HOW TO DESIGN OVER HEAD CONDENSING SYSTEMS.- -
Chem. Eng.- Sept. 15-1975.
- 12.- HOW TO DESIGN PIPING FOR REBOILER SYSTEMS.- --
Chem. Eng.- Agosto 4-1975.
- 13.- PROJECT ENGINEERING OF PROCESS PLANTS.- Rase F.
P. and Barrow P.
- 14.- UNIT OPERATIONS OF CHEMICAL ENGINEERING.- Mc.-
Cabe and Smith J.C.

- 15.- PRINCIPIOS DE OPERACIONES UNITARIAS.- Foust.
- 16.- CHEMICAL ENGINEERING THERMODYNAMICS.- B.P. --
Dodge. Ed. Mc. Graw Hill.
- 17.- FLOW OF FLUIDS.- Crane, Technical Paper No.410
- 18.- MANUAL DEL INGENIERO MECANICO.- Marks, Ho---
nels.
- 19.- DEFECTOS Y ROTURAS EN RECIPIENTES A PRESION Y
TUBERIAS.- Felmuth Thieisch.
- 20.- HEAT TREATMENT AND PROPERTIES OF IRON AND STEEL.
Glenn W. Geil.
- 21.- PRINCIPLES OF HEAT TREATMENT.- E.A. Grossmann -
and E.C. Bain.
- 22.- PUBLICATIONS AND MATERIALS.- American Petroleum
Institute.
- 23.- ANNUAL BOOK OF A.S.T.M. STANDARDS STEEL PIPING
TUBING AND FITTINGS.
- 24.- U.S.A. STANDARD CODE FOR PRESSURE PIPING. A.N.-
S.I.
- 25.- TUBE REDUCER; MECHANICAL ENGINEER.- 92:37 Nov.--
1970.