



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**CRITERIOS Y METODOS DE CALCULO PARA LA
SELECCION DE ELEMENTOS PRIMARIOS DE
MEDICION DE FLUJO Y VALVULAS
DE CONTROL.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
CARLOS EDUARDO ROMERO REYGADAS
MEXICO, D. F. 1980



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.

AB TESIS 1980
ADG M. J. 307
FECHA _____
PROC. _____
S _____



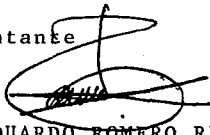
JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

Presidente: Prof. ROBERTO ANDRADE CRUZ
Vocal: Prof. ALFONSO MONDRAGON MEDINA
Secretario: Prof. ENRIQUE BRAVO MEDINA
Primer suplente: Prof. CLAUDIO AGUILAR MARTINEZ
Segundo suplente: Prof. RAFAEL GARCIA NAVA

Sitio donde se desarrolló el tema:

INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

El Sustentante

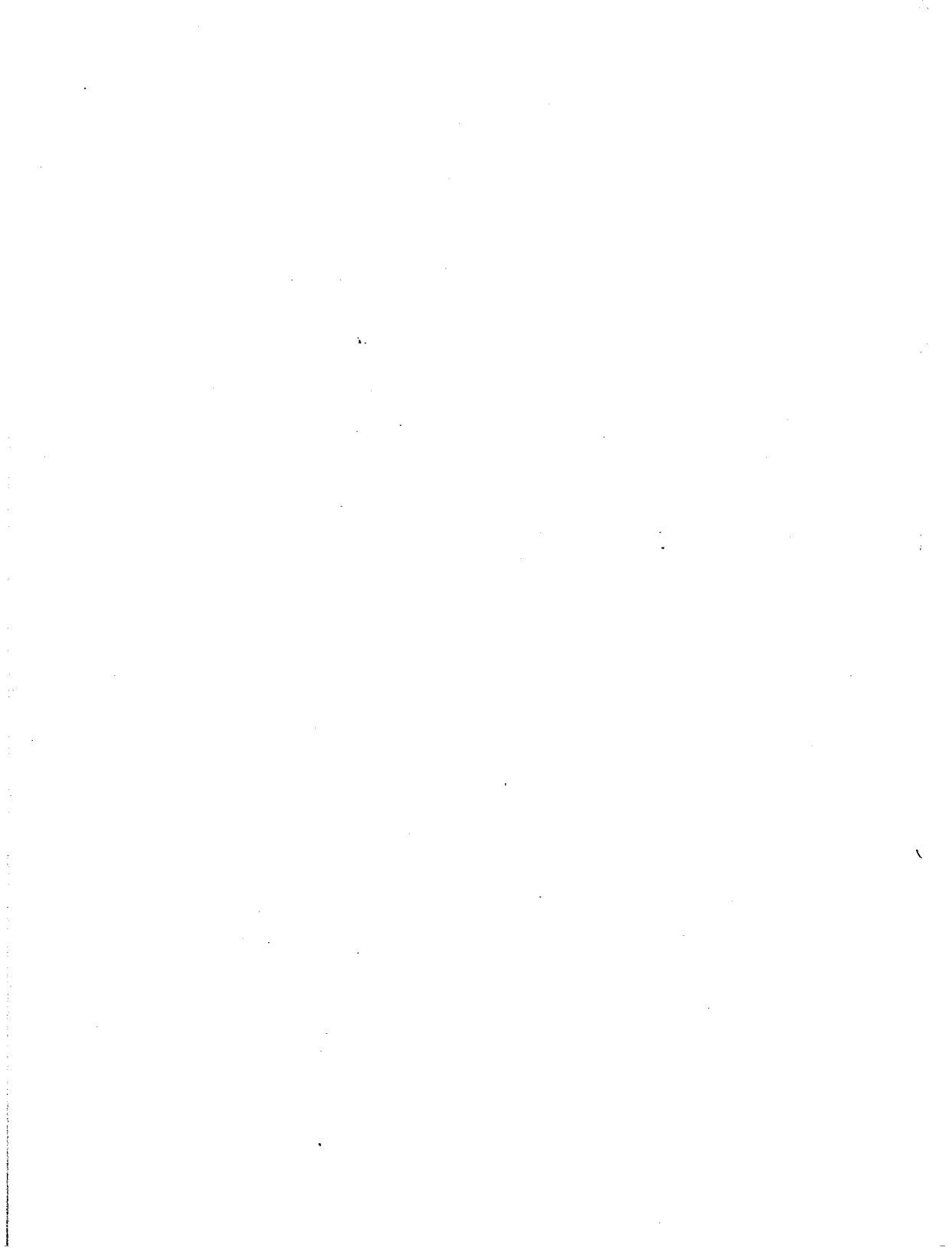


CARLOS EDUARDO ROMERO REYGADAS

Asesor

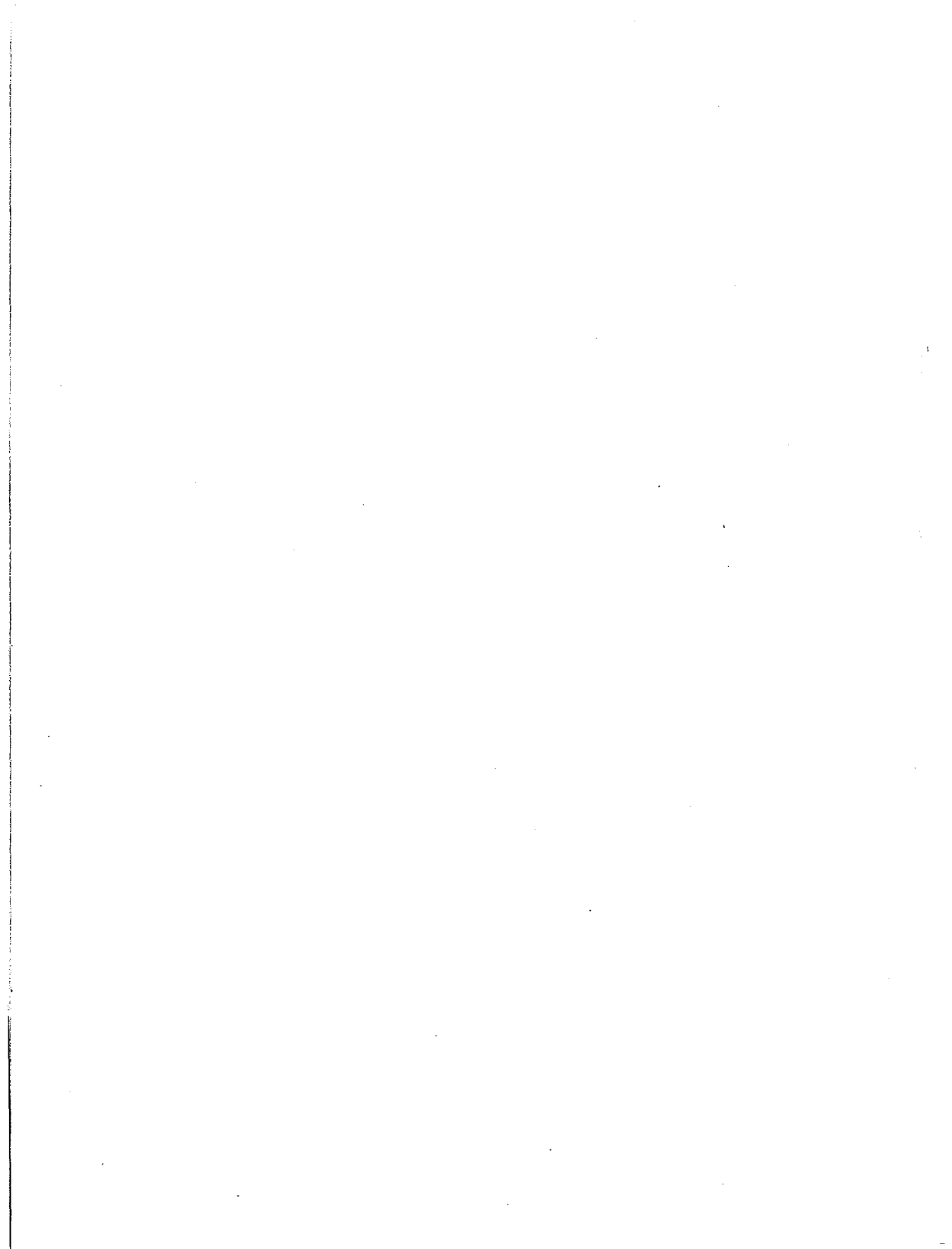


ING. ENRIQUE BRAVO MEDINA



*La Ciencia Humana consiste más
en destruir errores que en des-
cubrir verdades.*

Sócrates.



A mis padres:

ADOLFO ROMERO CORDERO
Y GLORIA REYGADAS DE ROMERO.
pues, por todo, Gracias.

A mis hermanos:

GONZALO,
CLAUDIA,
Y GLORIA.
esperando que sigan adelante, siempre.

A mi abuela:

TERESA CORDERO T.
por todo lo que ha hecho por mí.

A mis tios:

CARLOS REYGADAS F.
Y JUANA CONTRERAS DE R.
que me vieron como a un hijo.

A mi esposa:

BEATRIZ LEONOR

*por su amor y gran ayuda
en este trabajo y en mu-
chos otros.*

A una gran señora:

LEONOR GARIBON DE NIETO

(Q. E. P. D.)



A mis primos:

ALEJANDRO,
CARLOS,
ANDRES,
ARACELI,
ROSALIA,
Y RICARDO.

A mis compañeros y amigos:

JORGE DE LEON,
PEDRO JUAREZ,
JUSTAVO VAZQUEZ,
Y VICTOR CARRILLO

A mis AMIGOS.



A MI ESCUELA Y MAESTROS

que me dieron la oportunidad
de empezar a aprender.

A los Ingenieros!

ENRIQUE BRAVO MEDINA

Y ROBERTO ANDRADE CRUZ.

por su ayuda profesional y maes-
tras de amistad.

I N D I C E

INTRODUCCION

CAPITULO I.- MEDICION DE FLUJO . ELEMENTOS PRIMARIOS: DESCRIPCION, TIPOS Y CRITERIOS DE SELECCION.

- I.1.- Generalidades.**
- I.2.- Métodos de Medición de Flujo.**
- I.3.- Selección del Elemento Primario.**
- I.4.- Selección del Elemento Primario de Acuerdo al Tipo de Servicio.**

CAPITULO II.- METODOS DE CALCULO DE ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDICION DE FLUJO.

- II.1.- Desarrollo Matemático de la Ecuación de Bernoulli para Medir el Flujo a Través de Orificios.**
- II.2.- Líquidos. Método Rápido de Cálculo de Toberas, Placas ó Venturis con Flujo No Viscoso.**
 - II.2.1.- Líquidos Viscosos.**
- II.3.- Corrección por Número de Reynolds para Flujo Viscoso.**
 - II.3.1.- Factores de Corrección.**
- II.4.- Vapor de Agua, Vapor y Gases.**
 - II.4.1.- Método de Cálculo Universal.**
 - II.4.2.- Correcciones por el Número de Reynolds.**
 - II.4.3.- Factores de Expansión.**
 - II.4.4.- Densidad relativa de Gases y Vapores.**



II.5.- Cálculos por el Método Especial.

II.6.- Tubo Pitot.

II.6.1.- Método de Cálculo.

II.7.- Selección del Elemento Primario de Acuerdo a sus
Variables de Diseño.

Nomogramas.

Tablas.

Cartas.

Gráficas.

**CAPITULO III.- VALVULAS DE CONTROL. ASPECTOS TEORICOS;
TIPOS, CARACTERISTICAS Y CRITERIOS DE
SELECCION.**

III.1 Generalidades.

III.2.- Descripción y Tipos de Válvulas de Control.

III.3.- Tipos de Válvulas. Características Generales.

III.3.1.- Válvulas de Globo.

III.3.2.- Válvulas de Bola.

III.3.3.- Válvulas de Martillo.

III.4.- Consideraciones sobre la Presión.

III.5.- Consideraciones sobre el Fluido.

III.6.- Limitaciones de Temperatura.

III.7.- Capacidad de Corte.

III.8.- Características de Flujo.

III.9.- Control de Variables.

III.10.- Rangeability de las Válvulas de Control.

III.11.- Materiales de Empaque.

III.12.- Ruido.

III.12.1.- Diseño para Bajo Nivel de Ruido.

III.12.2.- Ruido por Flujo de Líquidos.

III.12.3.- Ruido Generado por Flujo de G_{ns}.

III.12.4.- Cálculos del Ruido.

III.12.5.- Métodos de Reducción de Ruido.



III.13.- Aspectos Económicos.

III.13.1.- El Alto Costo de las Válvulas de Bajo Ruido.

III.14.- Diferentes tipos de cuerpos de las válvulas de Control. Usos, Ventajas y Desventajas.

III.15.- Válvulas Especiales.

CAPITULO IV.- METODOS DE CALCULO PARA VALVULAS DE CONTROL.

IV.1.- Dimensionamiento para Servicio de Líquidos.

IV.2.- Corrección de Ecuaciones de Dimensionamiento por Consistencia.

IV.3.- Dimensionamiento para Servicio de Gas y Vapor de Agua.

IV.4.- Ecuaciones para Fluidos a Velocidad Sónica.

IV.5.- Ecuaciones de Dimensionamiento para dos Fases (Líquido-Vapor).

IV.6.- Efectos de la Reducción de Tubería.

IV.7.- Ruido.

IV.8.- Cálculo del Nivel de Ruido.

IV.9.- Técnica de Predicción de Ruido Aerodinámico (G.P.S.A.)

CAPITULO V.- ACTUADORES Y POSICIONADORES.

V.1.- Actuador. Generalidades.

V.2.- Características de Operación de las Válvulas.

V.3.- Actuación Manual.

V.4.- Tipos de Actuadores y Características.

V.4.1.- Actuadores de Diafragma.

V.4.2.- Actuadores de Pistón.

V.4.3.- Actuadores Eléctricos.

V.4.4.- Actuadores Hidráulicos y Electro-hidráulicos.

V.5.- Selección del Actuador.

V.6.- Capacidad del Actuador.

V.7.- Posicionadores de las Válvulas.

APENDICE.

BIBLIOGRAFIA.

INTRODUCCION

La correcta interpretación de los principios y las técnicas de medición y control de las variables de proceso y la atinada aplicación de éstos en la industria, hace posible que se puedan optimizar los procesos, lo que lleva a las consecuencias inmediatas de la estabilidad de las variables de proceso, calidad de los productos, alargamiento de la vida de los equipos y rentabilidad.

Debido a que se presentan innumerables trabajos de ingeniería de medición y control fuera del país, - es necesario evaluarlos continuamente y adoptarlos para suplir en parte nuestras deficiencias tecnológicas, hasta que llegado el momento, podamos llegar a desarrollar una tecnología propia para beneficio directo de nuestra industria.

De acuerdo a lo anterior, el objetivo de este trabajo es el de dar en una forma ordenada e integral, los criterios de selección y métodos de cálculo de los elementos de un circuito de control de flujo, - que atañen directamente a los Ingenieros Químicos en el desarrollo de su trabajo. Estos criterios son el resultado de una labor de investigación y reco-

*pilación de información aparecida en manuales de -
fabricantes, revistas y libros técnicos especializa
dos.*

*Espero que el presente trabajo sea de la utilidad -
práctica en la cual se basó su origen.*

CAPITULO I

MEDICION DE FLUJO, ELEMENTOS PRIMARIOS: DESCRIPCION, TIPOS Y CRITERIOS DE SELECCION.

I.1- GENERALIDADES.

En la actualidad la mayoría de los procesos son continuos, lo cual origina la necesidad de una medición de flujo de fluidos y su control automático, para evitar el tener un proceso continuo complejo.

Los trabajos realizados con el propósito de satisfacer tal necesidad han causado que el desarrollo de conceptos nos lleven a la estandarización con el fin de ponerlos en práctica, bien para contabilizar la cantidad de un fluido ó para proporcionar la base para el control de los procesos y operaciones.

El gasto no afecta las propiedades físicas y químicas de las sustancias por la circulación, sin embargo, - cuando se usan fluidos para realizar una mezcla ó una reacción química, sí afectan sus propiedades haciéndo se necesario en estos casos efectuar mediciones y controlar en forma precisa el flujo.

El gasto no solamente se mide y controla por su efecto en las sustancias que intervienen en el proceso - sino por las limitaciones de capacidad impuestas por el diseño de líneas y equipos usados en el proceso.

La medición continua se efectúa a medida que un fluido fluye (cuando se le somete a un esfuerzo de deslizamiento) a través de una tubería, lo que permite la indicación, registro y control automático de flujo.

I.2. METODOS PARA LA MEDICION DE FLUJO.

Pueden clasificarse como sigue:

A) Métodos Directos

B) Métodos Indirectos

A) Métodos Directos.

La medición directa muy pocas veces se usa cuando se desea un control automático, por lo cual únicamente se describirán brevemente.

La medición se realiza principalmente para dosificar; hay una gran variedad de este tipo de medidores que pueden ser divididos dependiendo del uso a que vayan a ser destinados, de la forma siguiente:

- 1) Medidores de desplazamiento positivo.
- 2) Medidores magnéticos.
- 3) Medidores de turbina.

Medidores de desplazamiento positivo.

Este tipo de medidor toma una cantidad de flujo definida y lo lleva a través de un medidor y procede con

la siguiente porción y así en adelante, ó sea, el gasto total ó consumo es una acumulación de incrementos - medidos que se totalizan mecánicamente por medio de cuenta revoluciones para obtener el consumo.

a) Medidor de Ruedas Ovaladas Bopp & Reuther.

Sirve para la medición volumétrica de cada clase de líquido.

Cada revolución de las ruedas ovaladas transporta desde la entrada hasta la salida del medidor un volúmen - que corresponda a la capacidad de la cámara de medición. El caudal medido por lo tanto es proporcional al número de revoluciones de las ruedas ovaladas multiplicado por la capacidad de la cámara de medición.

Un tren de engranajes de reducción transmite las revoluciones al mecanismo indicador y totalizador donde se marca el caudal medido en litros, metros cúbicos, galones y otras unidades de volúmen.

Los materiales de fabricación varían con el tipo de líquido que se va a usar para garantizar la mayor protección contra los efectos químicos del líquido, pudiendo se usar para gases licuados, ácidos, lejías, hidrocarburos, plásticos, agua, etc.

Casi todos los tipos y diámetros de los medidores de ruedas ovaladas pueden ser combinados con transmisores de contactos o generadores de corriente para el mando de indicadores, registradores, totalizadores o reguladores.

b) Medidor de Disco Oscilante.

El líquido entra por la puerta de entrada y llena los espacios arriba y abajo del disco. El volumen del disco lo hace girar, el cual está acoplado a un sistema de engranes que mueve el contador.

El disco circular en la cámara esférica está atravesado por una partidura vertical cercana al punto de descarga. Los espacios arriba y abajo del disco forman 3 o más cámaras separadas entre sí, las cuales avanzan desde el lado de la entrada hasta la descarga a medida que el disco oscila, a causa de la presión del líquido; al girar provoca el movimiento del contador.

El tren de engranes reductor transmite el movimiento de la flecha que pasa por el registrador.

En algunos casos se adiciona un dispositivo de repetición automático para cantidades prefijadas de flujo, en donde el punto de ajuste permite fijar la cantidad deseada de flujo. El contador empieza a marcar flujo cuando es te empieza a circular y al llegar éste a cero principia un nuevo ciclo con la cantidad que se fijó.

El circuito puede estar acoplado a una válvula solenoide que opera una válvula automática de diafragma, un motor de bomba u otro equipo, con el fin de cortar el flujo cuando se ha enviado la cantidad prefijada ó bien a una alarma que indicará que el flujo predeterminado ha cumplido su ciclo.

Se utiliza para la medición de agua doméstica e industrial y en la totalización de fluidos industriales. Pue

de emplearse en la dosificación automática en que el in
terruptor está accionado por el medidor; puede usarse -
 en líquidos con viscosidades altas y manejar flujos co
rrrosivos.

c) Medidor de Pistón Oscilante.

El pistón impulsado por la presión del fluido se mueve
 alternativamente hacia adelante y hacia atrás registrán
 dose el número de carreras en términos del volúmen que
 pasa. Las variaciones incluyen los pistones que mueven
 placas oscilantes, pistón doble en un cilindro de dos
 partes, tipo de fuelle recíprocante (utilizado para -
 gas); el movimiento del pistón opera en válvula de --
 disco con movimientos vertical o del tipo superficie.

Suministra la medición volumétrica del flujo. Opera -
 dentro de un rango amplio de viscosidades, se le emplea
 para líquidos (excepto en medidores de combustible ga-
 seoso) puede medir hasta 1500 GPM.

En general este tipo de medidor sirve para cualquier -
 tipo de líquido fluyendo a cualquier temperatura, vis-
 cosidad, densidad y gasto normal provisto de gran exac-
 titud.

d) Medidores de Lóbulo.

Los dos impulsores lobulados que se encuentran dentro
 de una cámara de cierre hermético giran sin estar en -
 contacto con la cámara ó entre sí, efectuándose el gi-
 ro P/M de engranajes en el que el líquido o el gas es
 transportado hacia afuera por las paredes de la cámara.

Es usado principalmente para gases y líquidos limpios,

su caída de presión es baja. El deslizamiento aumenta cuando el gasto de flujo es bajo; su aplicación satisfactoria se realiza en gastos altos y puede medir hasta cerca de $1 \times 10^6 \text{ ft}^3/\text{hr}$.

Se disponen de ellos en gran cantidad de modificaciones, tales como registradores de lectura directa, transmisión eléctrica por impulsos para lecturas de flujo integradas a distancia o con generadores de flujo para lectura de velocidad de flujo remotas.

e) *Medidores de Claro.*

Es un ejemplo típico de los medidores de desplazamiento positivo. Se basa en la rotación de sus partes en donde el elemento de medición arrastra al rotor en cual gira por el paso del flujo, los puertos de entrada y salida se encuentran a 90° uno con respecto al otro con referencia al cuerpo del medidor. Se diseñan para que el flujo del líquido pase por un puerto, en los cuales la entrada y la salida están separados por un plato divisor que marca el inicio y el final de cada ciclo de medición.

El elemento de medición es una caja cilíndrica que contiene 1 medias lunas equidistantes y espaciadas.

El rotor gira con el paso de flujo de entrada secuencialmente a través de las medias lunas, siendo cargados uno a continuación del otro hasta que el rotor hace el ciclo completo.

El paso del volumen produce un desplazamiento definido

y un cierto número de estos desplazamientos son contados y por medio de un mecanismo de engranes son registrados para cada flujo unitario que pasa por el - medidor.

Un ejemplo típico de este medidor es el de la ROCK MANUFACTURING, Co., llamado ROTOCYCLE.

f) Medidores de Desplazamiento Positivo Tipo Rotatorio.

Este dispositivo mide esencialmente "cantidad de flujo", es decir, toma una cantidad de flujo o porción definida de él entre dos aletas conectadas al rotor y al girar - éste transmite el movimiento a un contador con la ayuda de un sistema de engranes, después toma la siguiente porción y así sucesivamente. Sumando todas las porciones, se obtiene la cantidad total que se llevó a través del medidor.

El medidor consta de una caja, la cual tiene un rotor que gira sobre cojinetes de bolas, moviéndose cuatro aletas espaciadas a intervalos iguales. Arriba de la - caja, va un adaptador que contiene un sistema de engranes, éste comunica a un calibrador; arriba de él va conectado un contador, cuya lectura indica el volúmen - del líquido que pasa a través del medidor; entre el calibrador y el contador, se localiza un aditamento que sirve para conectar una flecha flexible (chicote), éste transmite el movimiento del rotor al chasis del computador electrónico de corte y fase nula en caso de que lo hubiera.

También lleva un filtro, que consiste en un cedazo, que va alojado dentro del recipiente, con el fin de evitar el paso de impurezas.

A medida que el líquido pasa por el medidor, el rotor y las aletas giran alrededor de una excéntrica fija, haciendo que las aletas se extiendan dentro de la cámara de medición.

El movimiento sucesivo de las aletas, forma una "cámara de medición exacta" que se encuentra localizada entre dos aletas, el rotor, la caja y las dos taps superior e inferior. Cada revolución del rotor, corresponde a una serie continua de 4 cámaras de medición.

Debe instalarse en posición horizontal y el fluido por medir debe estar libre de impurezas para evitar una lectura errónea del volumen por medir.

Medidor de Flujo Magnético.

Su diseño sin restricciones es ideal para líquidos viscosos o corrosivos así como para aquellos sólidos en suspensión y sustancias pastosas.

Consiste esencialmente de un transmisor de flujo conectado eléctricamente a un receptor que normalmente es un potenciómetro de C. A. que puede proporcionar indicación, registro, integración o control de flujo.

Existen varias marcas como: FOXBORO, FISHER and PORTER, KENT TIEGHI-S.P.A., etc.

El transmisor de flujo consiste en un tubo no magnético a través del cual fluye el líquido, un electroimán que induce un campo magnético a través del tubo y dos

electrodos metálicos que estan al ras con la superficie interior del tubo y en contacto con la superficie que fluye.

Para que el medidor funcione, la mínima conductancia del líquido que esta fluyendo debe ser cerca de 200 micro-ohms dependiendo del tamaño del transmisor, longitud de conductores y precisión deseada. Se requiere que el líquido no sea totalmente aislante.

La mínima velocidad del flujo que pasa a través del medidor para su buen funcionamiento deberá ser aproximadamente 1 m/seg.

La salida del transmisor es directamente proporcional a la velocidad promedio del líquido que fluye y por lo tanto, proporcional al volumen del flujo que fluye; la respuesta es lineal en cuanto a la velocidad del flujo.

Los medidores magnéticos son medidores de velocidad, por lo tanto la exactitud no está modificada por la presión, densidad, viscosidad o carácter del flujo.

Teoría de Operación.

Se funda en la Ley de Faraday sobre la inducción electromagnética que dice:

"Cuando un campo magnético es cortado por un conductor, se produce un voltaje cuya dirección es perpendicular a la dirección del conductor y a la dirección del campo magnético."

Aplicando la ley a la medición de flujo tenemos:

Un líquido que fluye a través del tubo no magnético sujeto al campo magnético, induce un voltaje en el fluido que es proporcional a la velocidad del flujo y a la intensidad del campo.

O sea, el voltaje inducido en un conductor de longitud (D), moviéndose a través de un campo (H), es proporcional a la velocidad (V) del conductor. El voltaje es generado en un plano que es mutuamente perpendicular - tanto a la velocidad del conductor como al campo magnético:

$$E = G \cdot H \cdot V \cdot D$$

donde "G" es una constante dimensional.

Como el volumen del flujo es igual al área de la sección transversal del tubo (A), multiplicada por la velocidad del flujo, tenemos:

$$Q = A \cdot V$$

y por lo tanto:

$$Q = \frac{A \cdot E}{G \cdot H \cdot D}$$

Siendo A, D y G constantes para un tamaño de línea dada.

Medidor de Turbina.

Es un instrumento para medir flujo, compacto, totalmente cerrado, que contiene un rotor con espas y un conjun

to detector de imán permanente como elementos de conversión del proceso. El rotor es impulsado por el fluido dentro de un campo magnético, generado por lo tanto un voltaje de salida de C. A., cuya frecuencia es proporcional a la velocidad del motor y por lo tanto, al régimen de flujo del fluido medido.

Las conexiones tanto de entrada como de salida pueden ser de macho ó brida.

El transmisor puede acoplarse a un receptor para indicación, registro ó control tipo potenciométrico.

Indicación del Régimen de Flujo.

a) Cuando se opera con un instrumento indicador de frecuencia para obtener el régimen de flujo en:

$$G.P.M. = 60 \cdot f \cdot (K)^{1/2}$$

en donde:

f = Frecuencia de salida del medidor en ciclos/segundo.

K = Factor de calibración del medidor en ciclos/galón.

b) Conversión de indicación de frecuencia a unidades de un sistema gravimétrico: Se requiere que la densidad relativa del fluido medido sea conocida y dada por:

$$PPH = (3600 \cdot f \cdot 8,337 \cdot Sx) (K)^{1/2}$$

en donde:

PPH = libras por hora del fluido medido

Sx = densidad relativa del fluido medido
(referente al H_2O a $60^{\circ}F$)

c) En la determinación del factor de estandarización para un instrumento indicador de escala lineal ó un dispositivo indicador digital, se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de estandarización de escala} = (c \times f) (K)^{1/2}$$

en donde:

c = factor de conversión para obtener unidades de flujo.

f = frecuencia de estandarización en seg.^{-1} .

Métodos Indirectos.

Medidores de Flujo de Tipo Diferencial.

Estos medidores se basan en el hecho de que existe una relación entre la velocidad del fluido y la caída de presión, al pasar éste a través de una restricción en la tubería.

Se pueden definir en la forma siguiente:

"La pérdida de presión causada por la restricción, es proporcional al cuadrado de la velocidad del fluido."

y en términos matemáticos se expresaría como sigue:

$$h_w \propto v^2$$

eliminando el término de proporcionalidad y convirtiendo la velocidad del fluido en unidades de cantidad de

de flujo, tenemos:

$$Q = AV$$

$$Q = KA \cdot (hw)^{1/2}$$

en donde:

Q = cantidad de flujo.

hw = caída de presión.

K = constante (coeficiente de descarga).

A = área transversal de la restricción (cte.).

La restricción, llamada **ELEMENTO PRIMARIO de Medición**, hace que el fluido se contraiga y como el flujo permanece constante, la velocidad de éste aumenta en la restricción y la presión estática, (ó carga estática) disminuye al mismo tiempo, según la ley de la conservación de la energía. Si colocamos tomas de presión estática en la tubería antes y después de la restricción (FIG. 1.1), se ve lo siguiente: hay un aumento ligero de la presión antes de la restricción y después de esta disminuye, volviéndose a recuperar en un porcentaje menor del 100%.

La diferencia entre las presiones antes y después de la restricción se llama diferencial de presión, la cual representa el índice de velocidad del fluido. Esta presión diferencial es medida y convertida a unidades de flujo por medio de un **ELEMENTO SECUNDARIO de Medición**.

Los **ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDICION** más comunmente usados para producir esta variación de la carga hidrostática son los siguientes:

- A) Placa de Orificio
- B) Tobera de Flujo
- C) Tubo Venturi
- D) Tubo Venturi de Inserción
- E) Tubos de Flujo Dall
- F) Annubar
- G) Tubos de Pitot

I.3.- SELECCION DEL ELEMENTO PRIMARIO

La selección del elemento primario más conveniente se efectúa según el caso de que se trate, tomando en cuenta los siguientes puntos generales:

- 1) Características Físicoquímicas del fluido, gas, líquido-líquido, viscosidad, densidad, si contiene sólidos en suspensión, corrosividad, erosividad, etc..
- 2) Gasto mínimo, normal y máximo. Determinándose de esta manera los límites del rango entre los cuales se puede realizar la selección del elemento primario más adecuado.
- 3) Presión Estática. La selección del rango diferencial esta basada principalmente en la presión estática del sistema y la pérdida de presión permitida por el mismo.
- 4) Dimensiones de la Tubería. Hay límites entre los diámetros de las tuberías que nos impiden el uso de ciertos elementos primarios.
- 5) Factor Económico: Costo.

A) Placa de Orificio. Descripción y Características de Diseño.

Es la forma más común de restricción del área de flujo para producir una diferencia de presiones y sus características son:

- a) Máxima pérdida de presión permanente.
- b) Es la más comunmente usada.
- c) Es fácil de instalar.
- d) Fácilmente reproducible.
- e) Requiere inspección periódica.
- f) Es el de más bajo costo.

Este elemento primario de medición de flujo consiste en una placa delgada de metal con una abertura generalmente redonda y concéntrica, como se muestra en la FIG 1.2.

Existen en los siguientes tipos:

- 1) Orificio concéntrico.
- 2) Orificio segmental.
- 3) Orificio excéntrico.

Los tipos 2 y 3 son útiles cuando el líquido que se mide lleva sólidos en sus partículas que pueden depositarse en la placa de orificio del lado de alta presión modificando las características del flujo y produciendo errores en la medición.

La placa de orificio debe diseñarse de forma tal que soporte las presiones de choque ordinarias sin sufrir deformaciones.



tipo 1



tipo 2



tipo 3

tipo 1 = orificio concéntrico

tipo 2 = orificio excéntrico

tipo 3 = orificio segmentado

FIGURA 1.2

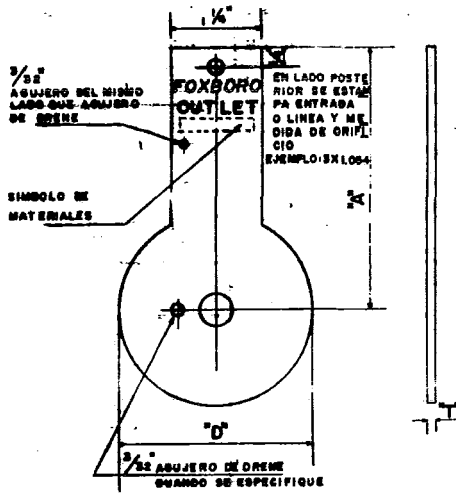


FIGURA 1.3

MEDIDA NOMINAL BRIDAS LINEA		1		1 1/4		1 1/2		2	
		A	D	A	D	A	D	A	D
		NORMA AMERICANA	A.S.A. 150	4 1/8	2 11/16	4 5/8	3 1/16	4 1/2	3 7/16
A.S.A. 300	4 7/16		2 15/16	4 5/8	3 5/16	5 1/16	3 13/16	5 1/4	4 7/16
A.S.A. 400	4 7/16		2 15/16	4 5/8	3 5/16	5 1/16	3 13/16	5 1/4	4 7/16
A.S.A. 600	4 7/16		2 15/16	4 5/8	3 5/16	5 1/16	3 13/16	5 1/4	4 7/16
ESPESOR "T"		.125							

2 1/2		3		3 1/2		4		5		6	
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
5 1/2	4 7/8	5 3/4	5 3/8	6 1/4	6 3/8	6 1/2	6 7/8	7	7 3/4	7 1/2	8 3/4
5 3/4	5 1/8	6 1/8	5 7/8	6 1/2	6 1/2	7	7 1/8	7 1/2	8 7/16	8 1/4	9 13/16
5 3/4	5 1/8	6 1/8	5 7/8	6 1/2	6 3/8	7	7	7 1/2	8 3/8	8 1/4	9 3/4
5 3/4	5 1/8	6 1/8	5 7/8	6 1/2	6 3/8	7 3/8	7 5/8	8 1/2	9 1/2	9	10 1/2
.125											

8		10		12		14		16		18	
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
8 3/4	11	10	13 3/8	11 1/2	16 1/8	12 1/2	17 3/4	13 3/4	20 1/4	14 1/2	21 5/8
9 1/2	12 1/8	10 3/4	14 1/4	12 1/4	16 5/8	13 1/2	19 1/8	14 3/4	21 1/4	16	23 1/2
9 1/2	12	10 3/4	14 1/8	12 1/4	16 1/2	13 1/2	19	14 3/4	21 1/8	16	23 3/8
10 1/2	12 5/8	12	15 3/4	13	18	13 7/8	19 3/8	15 1/2	22 1/4	16 5/8	24 1/8
.187											

TABLA DE DIMENSIONES PRESENTADAS EN LA FIGURA 1.3

BRIDAS		MEDIDA NOMINAL LINEA		20		24		26	
		A	D	A	D	A	D		
NORMA AMERICANA	A.S.A. 150.	15 3/4	23 7/8	18	28 1/4	20	30 5/8		
	A.S.A. 300	17 1/4	25 3/8	20	30 1/2				
	A.S.A. 400	17 1/4	25 1/2	20	31 1/4				
	A.S.A. 600	18	26 1/8	20 1/2	31 1/8				
ESPESOR "T"		.250							

TABLA DE MATERIALES Y SIMBOLOS			
TIPO	SIMBOLO	TIPO	SIMBOLO
BRONZE	B.	STAINLESS STEEL	S.S.
BRASS	BR	TYPE 304	304
HASTELLOY "B"	HSY. B	TYPE 316	316
HASTELLOY "C"	HSY. C	TYPE 430	430
MONEL	MM.	STAINLESS IRON	S.I.
NICKEL	NI.	STAYBRITE F.S.T.	F.S.T.
MILD STEEL	M. S.	STAYBRITE F.M.B.	F.M.B.
COPPER	C.	STAYBRITE F.D.P.	F.D.P.

CONTINUACION TABLA DE LA FIG. 1.3. Y TABLA DE MATERIALES

Por regla general se especifican bajo los espesores indicados en la tabla siguiente:

TABLA I.1

ESPESOR RECOMENDADO PARA PLATOS CON ORIFICIO

DIAMETRO TUBERIA (in.)	ESPESOR (in.) ABAJO DE 600°F	ESPESOR (in.) ARRIBA DE 600°F
Arriba de 3	$3/32 \pm 1/32$	1/4
4 a 6	$5/32 \pm 1/32$	3/8
7 a 8	$1/4 \pm 1/32$	1/2
10 y mayor	$3/8 \pm 1/8$	1/2 a 3/4

El lado de la placa que se encuentra en el lugar de la alta presión debe ser perpendicular al eje de la tubería y el borde del orificio debe ser torneado a escuadra.

El espesor del borde del orificio no debe ser mayor de 1/8" para placas con un orificio mayor de 1/2" y no debe exceder de 1/16" para placas con un orificio menor de 1/2". A veces es necesario biselar el borde del orificio para cumplir con los anteriores requerimientos, y se hará del lado de baja presión con un ángulo menor ó igual a 45°.

Algunas veces a las placas de orificio se les realiza

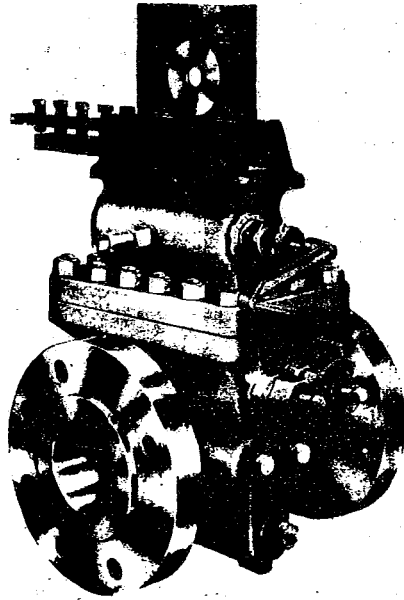
una pequeña perforación de drenaje para el paso de condensados y gases. Cuando se miden líquidos esta perforación se localiza en la parte superior para que así los gases puedan pasar y no se acumulen. Cuando se miden gases la perforación se localiza en la parte inferior para permitir el paso de condensado. Ver FIG. 1.3.

La Tabla I.2 muestra valores de diámetro de drenes.

TABLA I.2

DIAMETROS RECOMENDADOS DE DRENES PARA VARIOS
DIAMETROS DE ORIFICIOS

DIAMETRO DEL ORIFICIO (in.)	DIAMETRO PERFORACION PARA DRENE, (in.)
1 - 3,1/2	3/32
3,1/2 - 4,1/4	1/16
4,1/4 - 5	5/32
5 - 6	3/16
6 - 6,3/4	7/32
6,3/4 - 7,1/2	1/4
7,1/2 - 8,3/8	9/32
8,3/8 - 9,1/4	5/16
9,1/4 - 10	11/32
10 - 10,7/8	3/8
10,7/8 - 11,5/8	13/32
11,5/8 - 12,1/2	7/16
12,1/2 - 13,1/4	15/32
13,1/4 y mayor	1/2



PORTA ORIFICIOS DANIEL SENIOR ORIFICE FITTINGS.

En medidores de orificio concéntricos, la concentricidad debe mantenerse con un máximo del 3% de error con respecto a las caras interiores de la tubería.

El diámetro del medidor debe ser tan fiel como práctico, como aquellos usados en el cálculo del factor básico de orificio. Por lo menos 3 diferentes diámetros deben ser medidos. La tabla I.3. da tolerancias en el rango de acercamiento a medidores usados para el factor básico de orificio, o sea, la desviación máxima permisible en las medidas del orificio.

TABLA I.3

TOLERANCIAS PRACTICAS PARA DIAMETROS DE ORIFICIO

DIAMETRO DEL ORIFICIO (in.)	TOLERANCIA (+ δ -) (in.)
0.2500	0.0003
0.3750	0.0005
0.5000	0.0008
0.6250	0.0008
0.7500	0.0009
0.8750	0.0010
1.0000	0.0012
1.2500	0.0014
1.5000	0.0017
1.7500	0.0020
2.000 a 5.000	0.0025
arriba de 5.000	0.005 por in. de diam.

Es recomendable que para la medición comercial de gases la relación de diámetros de orificio a tubería " β ", d/D , esté limitada de la forma siguiente:

- a.- Con medidores usando tomas de presión en la brida, " β " deberá estar entre 0.15 y 0.67
- b.- Con medidores usando tomas de presión en tubería, " β " estará entre 0.20 y 0.67

Cuando se usan los valores de beta recomendados anteriormente, la tolerancia del coeficiente de orificio - (Factor F_b) es más ó menos 0.570 para tomas, de bridas y \pm 0.75% para tomas de tubería.

La relación de radios " β " puede tomarse abajo de 0.1 ó arriba de 0.70 para tomas de bridas, pero la tolerancia se incrementa más ó menos 1.7%. De forma similar para tomas en tubería, incrementándose más ó menos -- 1.5%

CARACTERISTICAS DE OPERACION

CARACTERISTICA	RESULTADO
Formato de escala	Raíz Cuadrada
Rango utilizable	4:1
Flexibilidad	La diferencial y/o el diámetro del orificio pueden cambiarse

<i>Caída de Presión</i>	<i>Varía con el cuadrado del gasto</i>
<i>Capacidad</i>	<i>Usualmente requiere calibración especial en tuberías menores de 2" Ø. Especialmente aptas en líneas mayores de 3" Ø.</i>
<i>Efecto de Impurezas</i>	<i>La presión estática no se mide correctamente por obstrucción de las tomas.</i>
<i>Efecto de Instalación</i>	<i>Requiere un tramo recto a la entrada. De lo contrario la precisión es imprevisible.</i>
<i>Precisión</i>	<i>Generalmente es la precisión del sensor de presión diferencial; también depende -- del cálculo del orificio, - precisión en maquinado y/o instalación.</i>

TONAS DE PRESION.

De acuerdo al teorema de Bernoulli, al variar la velocidad a través de una tubería por la existencia de una contracción del área de flujo, existe un cambio en la carga ó presión estática en los puntos a uno y a otro lado de la restricción (Placa de Orificio); para cual-

quier par de tales puntos la diferencia de presiones es tácticas variará como la diferencia de los cuadrados de las velocidades de la reducción y antes de ella y esto hace posible la determinación del gasto. Pero existe también una variación de presión estática de un punto a otro de cada lado del orificio. Por consiguiente dichas conexiones, para cualquier orificio, han de hacerse en los mismos puntos empleados para la calibración de los mismos.

Hay tres métodos principales para las conexiones de las tomas de presión cuando se usa la placa de orificio que son:

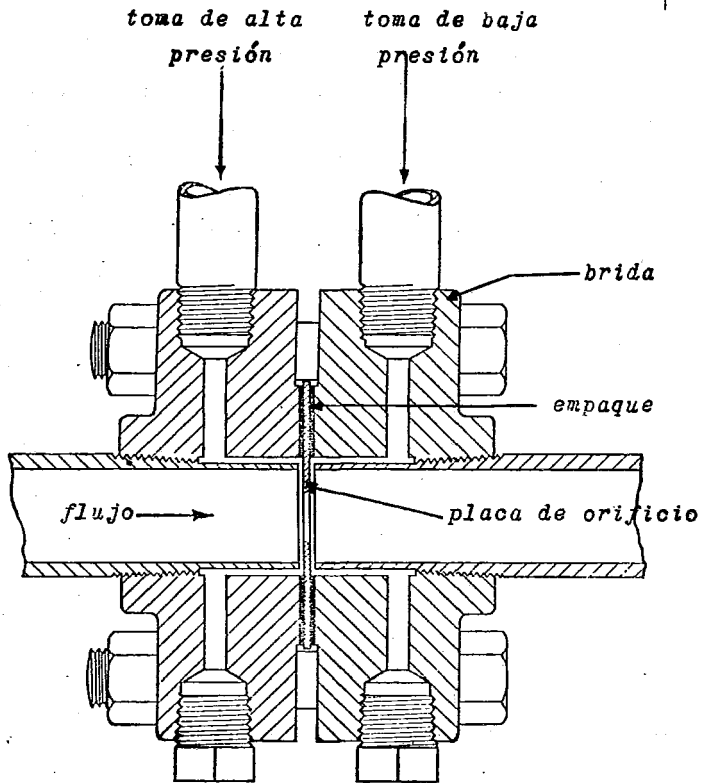
- 1) Tomas de Brida,
- 2) Tomas de Vena Contracta y
- 3) Tomas de Tubería.

1) Tomas de Brida.

El centro de toma que se coloca antes del medidor está localizado a 1" del costado de la placa de orificio -- que recibe el flujo y el centro de la toma, colocado -- después del medidor de orificio, está localizado a 1" de la placa. El espesor del empaque debe tomarse en cuenta cuando las tomas de presión están localizadas a las distancias especificadas. La tubería conectada a los orificios de tomas de presión no debe sobrepasar el espesor de la tubería perforada y alcanzar o tocar la corriente del fluido. (Ver FIG. 1.4)

2) Tomas de Vena Contracta.

La localización de estas tomas de presión, está determinada teóricamente por la relación entre el diámetro



tomas de brida

FIGURA 1.4

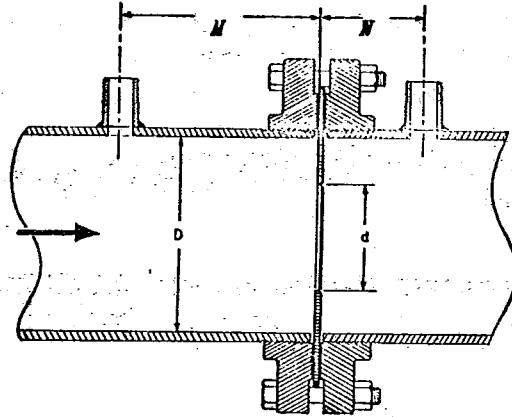
interno de la tubería principal y el diámetro del orificio. Sin embargo, en la práctica se observa que el centro de la toma de presión localizada en el extremo que recibe el flujo, queda exáctamente a la distancia de un diámetro de la tubería de la cara de la placa de orificio que recibe el flujo y el centro de la toma de presión localizada en el otro extremo queda a una distancia de un diámetro interno de la tubería menos -- 0.80 veces el diámetro del orificio, del costado de la placa. (Ver FIG. 1.5)(Ver también Gráfica I.)

3) Tomas de Tubería.

La toma de alta presión esta colocada a 2 1/2 diámetros de la tubería con respecto a la placa de orificio y la toma de baja presión a 8 diámetros con referencia a la placa. Solamente se mide en este tipo de tomas, la caída de presión permanente ó pérdida de presión por fricción: la presión diferencial a estas distancias es muy pequeña haciéndose así posible, la medición de un flujo grande con un medidor de diferencial pequeño. Este sistema de tomas no se usa para las instalaciones de tubería de gran diámetro, se emplea a menudo en tuberías pequeñas de un diámetro inferior a 75 mm., en los cuales resulta difícil colocar tomas de un tamaño ó diámetro adecuado por el poco espacio disponible y además son muy usadas para la medición de gas natural. (Ver FIG. 1.6.)

BRIDAS PARA ORIFICIO.

Existen cuatro tipos de bridas para orificio, las cuales se mencionarán y describirán en forma breve en es-



tomas de vena contracta

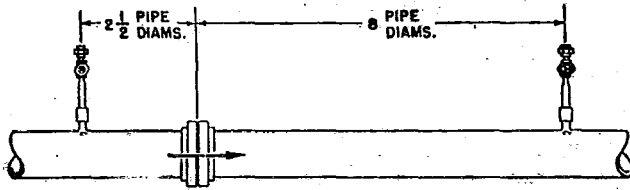
$$M = 1 D$$

$$N = D - 0.8 d$$

FIGURA 1.5

RELACION DE DIAMETROS (d/D)	TOMA DE PRESION DESPUES DE LA PLACA. (N) (DIAMETROS DE LINEA)		
	Mínimo	Medio	Máximo
0.2	.37	.65	1.00
0.3	.44	.80	1.16
0.4	.47	.73	1.00
0.5	.47	.66	.84
0.6	.42	.57	.70
0.7	.35	.45	.55

GRAFICA I



tomas de tubería

FIGURA 1.6

te trabajo, pues no es el fin del mismo entrar en más detalles.

Estos son: Tipo Rosca, Soldadas, de Anillo y Tipo Van - Stone, ver Fig. 1.7.

Bridas Tipo Rosca.

Estas se atornillan en el extremo de la tubería. La placa de orificio y los empaques se ponen entre las bridas, atornillándose después éstas para obtener así una conexión hermética.

Bridas Soldadas.

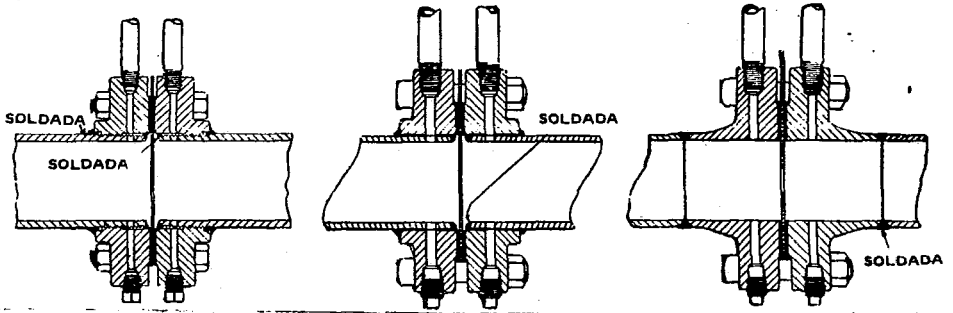
Existen dos formas, tipo deslizable o superpuesta y el tipo de unión o de ensamble. La primera se desliza -- sobre la tubería y se suelda en la cara interior y en el cuello de la brida. El otro tipo, se ensambla entre la tubería y se suelda a ésta.

Bridas Tipo de Anillo.

Estas bridas pueden ser soldadas o de rosca y tienen un empaque en forma de anillo comunmente de hierro dulce. El empaque asienta a una ranura de la cara de cada brida y el orificio se pone dentro del empaque.

Bridas Van Stone.

El niple esta superpuesto a la cara interior de las bridas y es pulido para proporcionar un asiento al empaque. El otro extremo del niple se suelda a la tubería. Este tipo se usa para mediciones en las que exista una alta presión generalmente con tomas de tubería ó vena contrata.



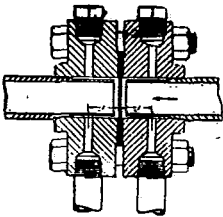
tipo rosca

soldada tipo deslizable o superpuesto.

soldada tipo de unión o de ensamble.

BRIDAS PARA ORIFICIO

tipo de anillo



tipo Van-Stone

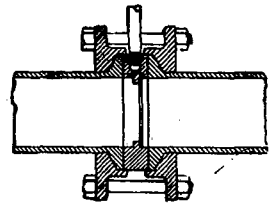


FIGURA 1.7

B) Tobera de flujo.

La tobera de flujo, (Ver FIG. 18) consiste de una restricción con un contorno elíptico ó casi elíptico el cual termina en una tangencia con una sección de garganta cilíndrica. Existen tres diseños standard aceptados generalmente, los cuales difieren en la sección del contorno y la longitud de la garganta; las diferencias en el comportamiento son casi indistinguibles, las tomas de presión se localizan generalmente un diámetro de tubería corriente arriba y 0.5 diámetros de tubería corriente abajo de las caras de la tobera. El más usado es el llamado tobera de flujo de radio largo.

Generalmente se usa para flujos grandes en donde una placa de orificio no sería suficientemente exacta ya que la relación de diámetros (d/D) mayor de 0.6 a 0.7 para una placa de orificio no es recomendable, puesto que se convierte en inexacta. Por consecuencia, cuando el gasto es grande, se recomienda usar la tobera de flujo para la misma diferencia de presiones, dejando pasar mayor flujo con relación a la placa de orificio del mismo diámetro ya que permite mediciones de 60 a 65% más altas. Es de mayor costo que las placas de orificio, pero ocasionan menores pérdidas de presión permanente.

La tobera de flujo debido a su contorno alineado a la corriente, tiende a desalojar sólidos a través de la garganta. La tobera es mejor a la placa de orificio para medir flujos de fluidos no homogéneos. No es

TOBERA DE FLUJO

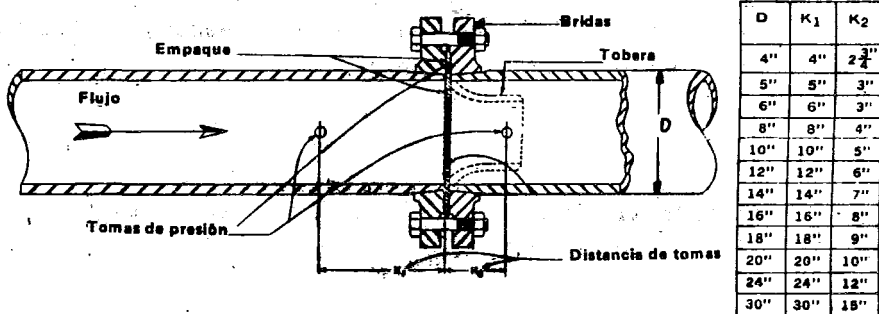


FIGURA 1.8

recomendada cuando el % de sólidos es muy grande, y de ser así, es recomendable montar la tobera en un tubo vertical con flujo en dirección hacia abajo. - Por la tobera de flujo pasa aproximadamente un 60% más de fluido que por una placa de orificio.

La aplicación principal es donde existan altas presiones y medición de grandes capacidades de flujo.

En la tobera de flujo se necesita menor tramo de tubería recta antes y después del elemento primario; ya que la tobera necesita una abertura menor, se necesita menor longitud de tubo recto.

Sus características son las siguientes:

- a) Mediana pérdida de presión permanente, ya que se le elimina el cono de la salida.
- b) Requiere poco mantenimiento.
- c) Permite el paso de 1.6 veces más fluido que la placa de orificio bajo las mismas condiciones de operación.
- d) Se obtiene mayor diferencial que en el tubo Venturi.

C) Tubo Venturi.

El tubo Venturi es, de los elementos primarios de medición de flujo, el más exacto, pues tiene un coeficiente de descarga cercano a la unidad; es utilizado

para medir líquidos, gases y fluidos que contienen sólidos en suspensión. Ver FIG. 1.9.

Consiste de:

1.- Sección cónica convergente corriente arriba cuya sección transversal, disminuye conforme nos acercamos a la garganta del elemento primario y la velocidad aumenta con la consecuente disminución de presión.

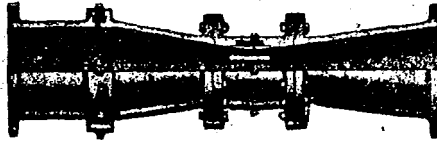
2.- Una garganta cilíndrica en la cual no existe ni aumento ni disminución de presión.

3.- Un cono de recuperación divergente en la cual la velocidad disminuye y la presión se recupera.

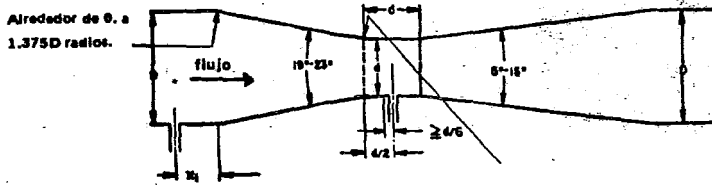
Las tomas de presión son colocadas a medio diámetro de tubería corriente arriba en el principio de la convergencia y en la mitad de la garganta.

Un piezómetro de anillo algunas veces se usa para la medición de la presión diferencial, éste consiste de diversas perforaciones alrededor de la garganta y del tubo. Cada conjunto de perforaciones son conectadas para dar una presión promedio. Para la medición de líquidos y fluidos similares no homogéneos, los piezómetros de anillo son comúnmente eliminados para permitir eficiencia de purgado de las tomas de presión.

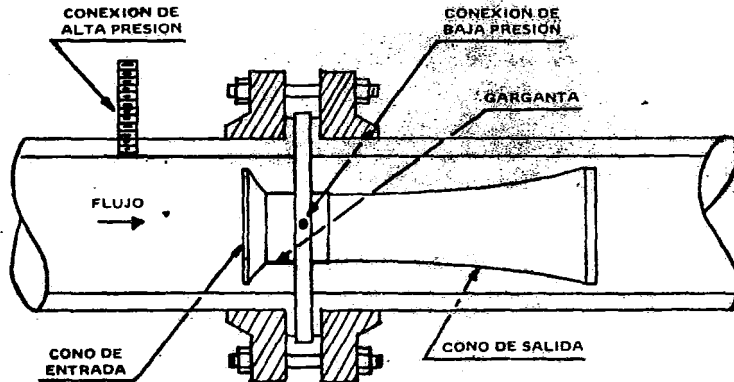
La instalación del Tubo Venturi no presenta mayor problema que cualquier otro tipo de tubo del tipo común y corriente.



Corte seccional del elemento primario de medición para medir flujo, de un tubo venturí-corte.



Flujo Alrededor de 3.5 a 3.7d radios.



Tubo venturi de inserción.

Los diámetros en ambos extremos del tubo Venturi corresponden al diámetro interior de la tubería al cual está conectado y en su sección media tiene un diámetro más pequeño llamado garganta.

El cono de entrada es de 20° de convergencia angular fija que entra a la sección media de menor diámetro; el cono de descarga tiene de $5 - 6^{\circ}$ de divergencia angular fija y cuyo diámetro final corresponde al de la tubería, logra la máxima recuperación de presión.

La diferencia de presiones entre el cuerpo cilíndrico y la garganta produce la diferencial de presión en la cual se basa la medición de flujo.

Las características de este tipo de elemento son:

- Se recomienda el uso de tubo pitot*
- a) mínima pérdida de presión,
 - b) requiere poco mantenimiento,
 - c) permite el paso de 1.5 veces más flujo que la placa de orificio bajo las mismas condiciones de operación,
 - d) es de fácil instalación,
 - e) es de más costo,
 - f) pérdida de presión de aproximadamente 10 - 25% de la presión diferencial,
 - g) sirven para medir grandes flujos de aire a baja presión,
 - h) necesita menos tubería recta corriente arriba que los orificios, tubo pitot ó tobera.

D) Tubo Venturi de Inserción.

El tubo venturi de inserción es similar al tubo venturi pero con ventajas adicionales, tales como poder medir el flujo a una presión muy alta, evitando el costo excesivo de un tubo venturi clásico.

El montaje se hace entre las bridas de la tubería por medio de un dispositivo especial que sirve como conexión de baja presión, ya que tiene incorporadas las aberturas piezométricas y el anillo de presión de la garganta.

La conexión de alta presión se hace directamente en la tubería, antes de la garganta y a un diámetro de la tubería.

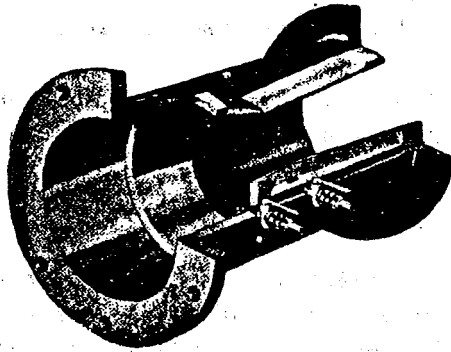
E) Tubo de Flujo Dall.

Cae dentro de la clasificación de tubos de baja pérdida de presión.

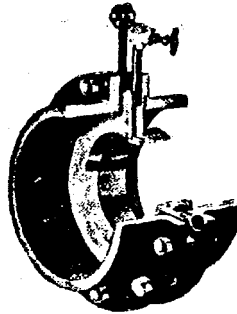
Consiste de un cuerpo cilíndrico corto que se diseña con una disminución de diámetro seguida de una restricción cónica y de una salida divergente (Ver FIG. 1.10).

El área reducida en la entrada del cono junto con el diseño de la garganta anular, induce una presión diferencial que es medida y transformada a flujo.

Posee la más baja pérdida de carga de todos los dispositivos conocidos de presión diferencial (con las más altas relaciones de garganta, la pérdida de presión es tan baja como 3%), con las ventajas adicionales de te-



Tubo Dall.



Tubo Dall corto de inserción (vista en sección).

FIGURA 1.10

ner un costo bajo y de ser más fácil y económico de -
instalar que el tubo venturi.

El tamaño de estos tubos es menor que cuatro diámetros
de longitud.

Tubos de Flujo Dall Cortos.

Es un intermedio, respecto a la pérdida de presión, -
entre el simple orificio y el tubo Dall normal y es
más apropiado en donde una reducida pérdida de carga
es importante, pero donde el espacio disponible es
insuficiente para un tubo Dall Normal.

Aplicaciones:

Agua, aire comprimido, aire a baja presión, gas, vapor,
líquidos con sólidos en suspensión, etc.

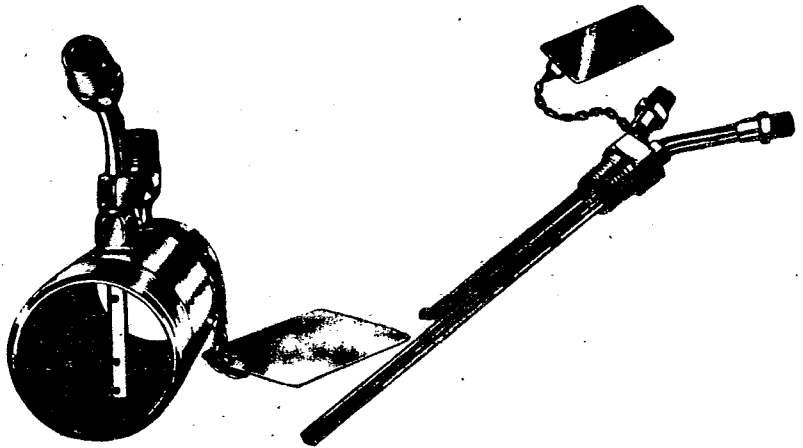
Se recomienda el Dall

F) Elemento Annubar.

Elemento primario de medición de flujo del tipo dife-
rencial para medir gas, líquido ó vapor.

Se basa en el Teorema de Bernoulli; cada segmento anu-
lar de la tubería es individualmente muestreado y au-
tomáticamente promediado, incorporado el cálculo pro-
medial de Chebyshef de observaciones y el tubo de inter-
polación de Annubar, obteniéndose gran precisión.

Produce una pérdida de presión permanente de menos del
1% con respecto a la diferencial de presión para la ma-
yoría de los tamaños. Este pequeño efecto es sólo una
fracción de la pérdida producida por otros elementos.



ELRMENTO ANNUBAR

Producen una diferencial de presión suficientemente alta para la medición exacta de todos los flujos.

Su exactitud es de ± 0.55 a $\pm 1.5\%$ del flujo real en tamaño desde 2" hasta 24" para la mayoría de líquidos y gases.

Tienen una señal de salida que es de rala cuadrada la cual es compatible con la instrumentación estándar de flujo.

Existen los siguientes tipos (Ver FIG. 1.11)

- a) Elemento Tipo Niple Standard.*
- b) Elemento Tipo Niple Pesado.*
- c) Elemento de inserción Pesado.*
- d) Elemento de inserción Grande.*
- e) Elemento de inserción Standard.*
- f) Elemento de inserción Grande Tipo Pesado.*

CARACTERISTICAS.

Para tamaños de tubería de 1/2 a 180" de diámetro. - Pérdida de presión nominal de cero.

No se requieren bridas.

Para Rating hasta de 2500# y 1200 °F.

Para medida y control con todos los instrumentos standard.

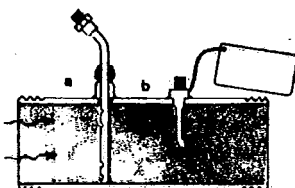
G) Tubos de Pitot.

Elemento primario para medir flujo, frecuentemente usado por su bajo costo para líneas de gran tamaño y por sus bajas pérdidas de presión permanentes. (Ver

T
I
P
O
S

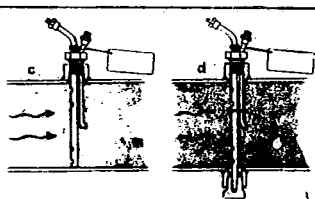
Y

T
A
M
A
Ñ
O
S



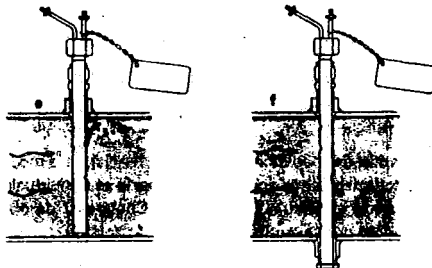
a — Elemento tipo nipple Standard— Incluye una sección de nipple de cédula 40 std. con los elementos. Tamaños de tuberías desde 1/2 hasta 2 1/2 pulgadas.

b — Elemento tipo nipple pesado— Lo mismo que el (a) pero incluye una sección de nipple de tubo cédula 80. Tamaño desde 1 1/4 a 2 1/2 pulgadas.



c — Elemento de inserción Standard— Reune la mayoría de los requerimientos en tamaños medios de tubería. Tamaño de tubería de 1 1/2 a 10 pulg.

d — Elemento de inserción pesado— Reune los requerimientos de alta velocidad para tamaños medios de tubería. Tamaños de 4 a 24 pulg.



e—Elemento de inserción grande—Reune los requerimientos de alta velocidad para tamaños medios de tubería y bajas velocidades en tubos grandes. Únicamente se requiere un cople soldado. Tamaños desde 6 hasta 60 Pulgs.

f — Elemento de inserción de tamaño grande tipo pesado. — Para altas velocidades en tamaños medios y grandes. Tamaños de 10 a 180 Pulgs.

FIGURA 1.11

FIG. 1. y 2)

Este elemento primario mide la presión dinámica y estática del flujo, en donde la diferencia entre éstas es una función de la rapidez de flujo, siendo - proporcional a la carga de velocidad.

$$v^2 / 2g$$

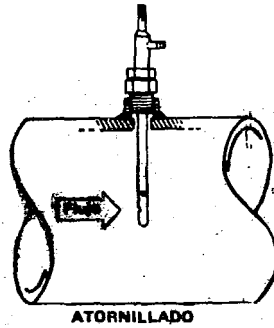
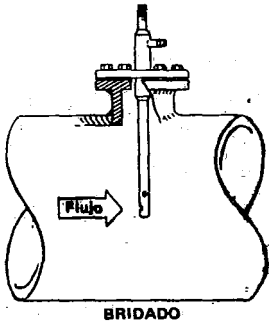
El Tubo Pitot se inserta en la línea donde se desea medir el flujo. Tiene dos tomas de presión: Una - que va a medir la presión dinámica la cual recibe el impacto del flujo, y por lo tanto, esta toma de presión queda con su cara directamente contra el flujo que se desea medir; la otra toma de presión abierta en ángulo recto queda en la dirección del flujo de tal forma que detecta la presión estática.

Las dos tomas se conectan a un medidor de tipo diferencial convirtiendo dicha diferencial en cantidades de flujo.

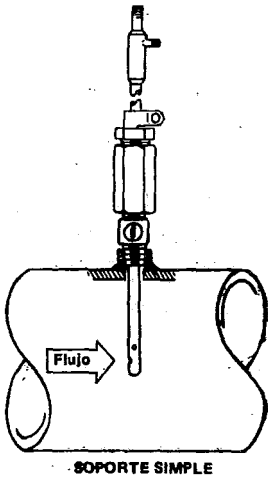
Este elemento primario mide solamente el flujo en el punto donde la toma dinámica y estática están expuestas, por lo tanto, cuando la distribución de la velocidad de flujo no es uniforme, no es recomendable, así como cuando se usan líquidos que contienen sólidos en suspensión.

Es de fácil instalación y puede emplearse en ductos de gran tamaño; normalmente se calcula para la aplicación específica en donde se va a usar.

Comparando con los otros elementos primarios de me-



TIPOS DE TUBOPITOT
FIJO



AJUSTABLE

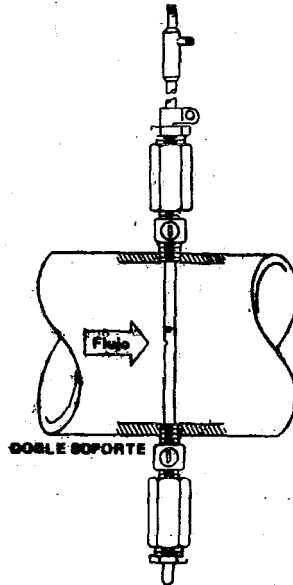


FIGURA 1.12

dición, ~~para tamaños grandes de tubería es económico,~~ aumentando su costo a medida que disminuye el diámetro de la tubería.

A diferencia de la placa de orificio, tubo venturi y tobera de flujo, mide solamente el flujo de impacto entre la presión dinámica y estática, por lo que ~~es conveniente usarlo en donde la velocidad del flujo es uniforme,~~ pudiéndose medir la velocidad promedio del flujo, sacando de esta manera el flujo total.

Es de fácil instalación, pudiéndose instalar en líneas que se encuentran en operación, siendo ésta una ventaja sobre la placa de orificio o tobera de flujo.

~~Sirve para mediciones en laboratorio y para uso industrial.~~

Existen algunas sofisticaciones del Tubo Pitot para mediciones que requieren una medición más exacta y donde los medidores convencionales no la proporcionarían, y son : Tubo Pitot-Venturi ó un Annubar.

I.4. SELECCION DEL ELEMENTO PRIMARIO DE ACUERDO AL TIPO DE SERVICIO.

En esta parte se presenta un resumen para la selección del elemento primario de acuerdo al tipo de fluido que se requiera manejar.

A.- Si el fluido contiene una gran cantidad de sólidos en suspensión, considerar el uso de uno de los siguientes:

- (1) Un medidor magnético, si el fluido tiene suficiente conductividad.
- (2) Un tubo Venturi, con o sin cono de descarga.
- (3) Una tobera de flujo en una línea vertical con el flujo en dirección hacia abajo, si los sólidos son pesados y tienden a asentarse con relativa rapidez.

B.- Si el fluido contiene pequeñas cantidades de sólidos granulados pesados, ó si el fluido es un gas ó vapor que contiene una cantidad apreciable de condensado, considerar el uso de las siguientes alternativas:

- (1) Un orificio excéntrico ó segmentado abierto - en la parte inferior.
- (2) Una tobera de flujo en la línea vertical con el flujo en dirección hacia abajo.

(3) *Un medidor magnético, si el fluido tiene suficiente conductividad.*

C.- Si el fluido contiene sólidos pegajosos de aproximadamente la misma densidad que el fluido que los suspende, considerar las siguientes alternativas:

(1) *Un orificio de corte cuadrante ó semicircular.*

(2) *Un medidor magnético, si el fluido tiene suficiente conductividad.*

D.- Si el fluido contiene una cantidad apreciable de aire ó vapor, considerar las siguientes alternativas:

(1) *Un orificio excéntrico o segmental con la apertura hacia la parte superior del conducto.*

(2) *Un orificio concéntrico o tobera de flujo en una línea vertical con el flujo en dirección hacia abajo.*

(3) *Un medidor magnético si el líquido tiene suficiente conductividad.*

E.- Si el fluido es viscoso ó por otras razones de operación los números de Reynolds son bajos, considerar las siguientes alternativas:

(1) *Un orificio de borde cuadrante ó semicircular.*

(2) *Un medidor magnético si el fluido es sufi--*

cientemente conductivo.

- (3) *Un orificio concéntrico ó tobera de flujo con factores de corrección los cuales variarán de acuerdo a los cambios de viscosidad y de caudal.*

F.- Si el flujo es muy pequeño y el fluido está muy limpio, considerar:

- (1) *Un orificio integral y una celda d/P*

G.- Si el costo anual de bombeo es grande en comparación con el costo del elemento primario, calcular el ahorro en pesos por año si se pone un elemento primario más costoso (inversión) pero de menor caída de presión. Considerar los siguientes:

- (1) *Un medidor magnético, si el fluido tiene suficiente conductividad.*
- (2) *Un tubo lo-loss, pitot, annubar.*
- (3) *Un tubo venturi si el fluido esta sucio y no tiene conductividad.*

La medición del gas natural es una excepción. En la medición de gas natural, los orificios concéntricos con tomas de brida ó tomas a 2 1/2 D y 3 D de tubería se usan exclusivamente. Los reportes del A.G.A. sobre medición de gas natural, los cuales se han aceptado como un código, no cubren cualquier otro estandar.

Generalmente, la presión del sistema es más alta que la presión requerida y se instala un regulador de Pre sión cerca del orificio de medición. Este orificio ge neralmente es segmental ó excéntrico.

CAPITULO II

METODOS DE CALCULO DE
ELEMENTOS PRIMARIOS DE MEDICION
DE FLUJO

II.1.- DESARROLLO MATEMATICO DE LA ECUACION DE BERNOULLI PARA
MEDIR EL FLUJO A TRAVES DE ORIFICIOS.

El flujo através de una restricción es igual a una cons
tante por la raíz cuadrado de la caída de presión que
se provoca por la restricción.

Si sabemos que el gasto antes del orificio es:

$$Q_1 = A_1 \cdot V_1$$

y el gasto en la restricción es:

$$Q_2 = A_2 \cdot V_2$$

Por la ley de la continuidad tendremos:

$$Q_1 = Q_2$$

o sea,

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

despejando V_1 ,

$$V_1 = \frac{A_2}{A_1} \cdot V_2 \quad \text{y} \quad A_2 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \quad , \quad A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$$

tenemos que:
$$V_1 = \frac{d_2^2}{d_1^2} \cdot V_2 \quad (1)$$

y por el Teorema de Bernoulli sabemos que

$$z_1 \cdot \frac{g}{g_c} + \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g_c} = z_2 \cdot \frac{g}{g_c} + \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g_c}$$

como las tomas de presión están al mismo nivel,

$$z_1 = z_2$$

y

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g_c} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g_c}$$

agrupando términos

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2 \cdot g_c} \quad (2)$$

Sustituyendo la Ec. 1 en la Ec. 2

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{((d_2^2 / d_1^2) - 1) \cdot V_2^2}{2 \cdot g_c}$$

despejando V_2 :

$$V_2^2 = \frac{2 \cdot g_c (P_2 - P_1)}{\rho \cdot ((d_2^2 / d_1^2) - 1)}$$

y

$$V_2 = \frac{P_2 - P_1}{\phi} \cdot \frac{2 \cdot g_c}{\frac{d_2^2}{d_1^2} - 1}$$

Si sabemos que g_c , d_1 y d_2 son constantes, podemos agruparlos en una constante K_1 , quedando:

$$K_1 = \frac{2 \cdot g_c}{\frac{d_2^2}{d_1^2} - 1}$$

y entonces tendremos

$$V_2 = K_1 \cdot \frac{P_2 - P_1}{\phi}$$

y como

$$Q_2 = V_2 \cdot A_2$$

$$Q_2 = A_2 \cdot K_1 \cdot \frac{P_2 - P_1}{\phi} \quad \therefore \quad Q_2 = \frac{A_2 \cdot K_1}{\phi} \cdot (P_2 - P_1)$$

como A_2 , K_1 , y ϕ son constantes, tendremos que:

$$\frac{A_2 \cdot K_1}{\phi} = K$$

y además

$$(P_2 - P_1) = hw$$

y sustituyendo finalmente tendremos:

$$Q_{\text{máx}} = K \cdot \sqrt{h w}$$

donde:

Q_1 = gasto antes del orificio

$Q_{\text{máx}} = Q_2$ = gasto después del orificio

K = constante

$h w$ = diferencial de presión

A_2 = área del orificio de la placa

A_1 = área de flujo de la línea

P_2 = presión después de la restricción

P_1 = presión antes de la restricción

ρ = densidad del fluido

d_1 = diámetro de la línea

d_2 = diámetro del orificio

V_1 = velocidad antes de la restricción

V_2 = velocidad después de la restricción.

LIQUIDOS

II.2.-METODO RAPIDO DE CALCULO DE TOBERAS, PLACAS O VENTURIS CON FLUJO NO VISCOOSO.

- 1.- Seleccionar el rango de flujo, Q_m ó W_m de las cartas 2.1 a 2.5, teniendo cuidado que los gastos máximos y mínimos no queden fuera del seleccionado.
- 2.- Usar las siguientes ecuaciones para unidades en masa y en volúmen:

$$S = \frac{Q_m \cdot G_l}{N \cdot D^2 \cdot F_a \cdot F_m \cdot \sqrt{G_f} \cdot \sqrt{h_m}}$$

para volúmen (Ec. A)

$$S = \frac{W_m}{N \cdot D^2 \cdot F_a \cdot F_m \cdot \sqrt{G_f} \cdot \sqrt{h_m}}$$

para masa (Ec. B)

En donde:

S : Función de la relación de diámetros, d/D .

Q_m = Máxima razón de flujo en las mismas unidades que N .

G_l = Densidad relativa del líquido a la temperatura base, agua a $60^\circ F = 1.0$

N = Una constante, la cual toma valores de acuerdo a las unidades en que se mida, (Ver Tabla 2.1).

D = Diámetro interno de la tubería en pulgadas; para D^2 (Ver Tabla, 2.2).

F_a = Factor por expansión térmica del dispositivo primario. (Ver Tabla, 2.3)

F_m = Factor por aparato de mercurio (Ver Tabla, 2.4)

G_f = Densidad relativa del líquido a la temperatura de flujo (Ver Gráficas: 2.1, 2.2, 2.3, 2.4)

h_m = Diferencial máxima: es decir, el rango del instrumento, pulgadas de agua calibrando en seco, para valores de $\sqrt{h_m}$ (Ver Tabla, 2.5).

W_m = Máxima razón de flujo en unidades de masa correspondientes a las que está basada N .

3.- Obtener el valor numérico de S de la ecuación y su correspondiente, d/D ,

(a) Para orificios con conexión en brida, vena contracta, en radio ó esquina:

$$S = 0.598 \cdot \beta^2 + 0.01 \cdot \beta^3 + 0.00001947 \cdot \beta^2 (10 \cdot \beta)^{4.425}$$

(Ec. C)

(Ver Tabla 2.6.)

(b) Para orificios con tomas 2 1/2 diámetros corriente arriba y 8 abajo, (conexión en tubería):

$$S = 0.58925 \cdot \beta^2 + 0.2725 \cdot \beta^3 - 0.825 \cdot \beta^4 + 1.75 \cdot \beta^5 \quad (\text{Ec. D})$$

(Ver Tabla 2.7)

(c) Para toberas ó tubos venturi:

$$S = 0.98 \cdot (\beta^4 / (1 - \beta^4))^{1/2} \quad (\text{Ec. E})$$

(Ver Tabla 2.8)

(d) Para orificios de borde cuadrante, (Ver Tabla 2.9)

(e) Para tubos de baja pérdida de presión, (Ver Tabla, 2.10)

4.- Después de obtener d/D de las tablas de S calcular el valor de d , que es, $d = D \times d/D$. Para un tubo de baja pérdida de presión, usar el tamaño superior inmediato y calcular el factor de rango del aparato, que se usará como un multiplicador en la ecuación de diseño.

(a) Para calcular el multiplicador de flujo, M , para una gráfica de raíz cuadrada se tiene que:

1) Calcular el coeficiente de flujo:

$$C_n = k_s \cdot C_w \cdot F_a \cdot F_m \cdot \frac{\sqrt{Gf}}{G1} \quad \text{Para volúmen,} \\ \text{(Ec. F)}$$

$$C_n = k_s \cdot C_w \cdot F_a \cdot F_m \cdot \sqrt{Gf} \quad \text{Para masa,} \\ \text{(Ec. G)}$$

En donde:

C_n = Constante de flujo en las mismas unidades de N .

k_s = Factor para convertir el coeficiente GPH a otras unidades, (Ver Tabla, 2.11.)

C_w = Constante de flujo para agua a $60^\circ F$ en GPH, es decir; flujo teórico a $1''$ de diferencial. Para tomas de brida, (Ver Tabla 2.12.).

Para orificio integral, C_{wi} , (Ver Tabla 2.13.)
ó ecuación:

$$C_w = 340.0 \cdot SD^2 \quad \text{(Ec. H)}$$

2) Multiplicar C_n por $\frac{\sqrt{hm}}{Rc}$

en donde:

R_c = Rango de lectura directa en la CARTA 2.1

II.2.1.- LIQUIDOS VISCOSOS.

Conversiones de Viscosidad.

$$\mu_e = \text{lb}\cdot\text{s}/\text{ft}^2 ; \mu_{pfs} = \text{lb}/\text{ft}\cdot\text{s} ; \mu_p = \text{poises} ;$$

$$\mu_{cp} = \text{centipoises}$$

$$\mu_e = 0.03108 \cdot \mu_{pfs} = 0.00209 \cdot \mu_p = 0.0000209 \cdot \mu_{cp}$$

$$\mu_p = 478.8 \cdot \mu_e$$

$$\mu_{cp} = 47880 \cdot \mu_e$$

$$\mu_{pfs} = 32.174 \cdot \mu_e$$

El sistema métrico usa como unidad de viscosidad el poise (dina/sej.cm²) ó el centipoise, el cual es la centésima parte el poise. Cuando se usa la densidad relativa para corregir el peso específico es aproximadamente igual a dinas/j, no requiriéndose cambios en esas ecuaciones.

La Unidad inglesa de la viscosidad cinemática es - ft²/s ; la unidad métrica es el stoke (cm²/s) ó centistoke.

Numéricamente, la viscosidad cinemática del agua en stokes es aproximadamente igual a la viscosidad absoluta en poises.

En unidades inglesas, la viscosidad cinemática es igual a $\frac{g\mu_e}{\rho}$, en donde ρ es la densidad en lb/ft^3 . esto es lo que diferencia numéricamente la viscosidad cinemática de la absoluta.

ECUACIONES PARA EL NUMERO DE REYNOLDS.

$$\text{Ec. (R - 1)} \quad R_D = \frac{DV \cdot \rho}{g\mu_e}; \quad D = \text{Diámetro interno tubería.}$$

Las siguientes ecuaciones alternativas dan el valor de número de Reynolds.

$$\text{Ec. (R - 2)} \quad R_D = \frac{0.475 \times (\text{lb/s})}{D (\text{in.}) \times \mu_e}$$

$$\text{Ec. (R - 3)} \quad R_D = \frac{0.007914 \times (\text{lb/min})}{D (\text{in.}) \times \mu_e}$$

$$\text{Ec. (R - 4)} \quad R_D = \frac{0.0001319 \times (\text{lb/hr})}{D (\text{in.}) \times \mu_e}$$

$$\text{Ec. (R - 5)} \quad R_D = \frac{0.0632 \times (\text{lb/hr})}{D (\text{in.}) \times \mu_p}$$

$$\text{Ec. (R - 6)} \quad R_D = \frac{6.32 \times (\text{lb/hr})}{D (\text{in.}) \times \mu_{cp}}$$

$$\text{Ec. (R - 7)} \quad R_D = \frac{0.0011 \times \text{GPH (a T base)} \times \text{Gl base}}{D \text{ (in)} \times \mu_e}$$

$$\text{Ec. (R - 8)} \quad R_D = \frac{0.5271 \times \text{GPh (a T base)} \times \text{Gl base}}{D \text{ (in)} \times \mu_p}$$

$$\text{Ec. (R - 9)} \quad R_D = \frac{0.0005674 \times \text{GPh (a T flujo)}}{D \text{ (in)} \times \mu_{\text{cinemática}} \text{ (ft}^2/\text{s)}}$$

$$\text{Ec. (R - 10)} \quad R_D = \frac{0.5277 \times \text{GPh (a T de flujo)}}{D \text{ (in)} \times \mu_{\text{cinemática}} \text{ (stokes)}}$$

$$\text{Ec. (R - 11)} \quad R_D = \frac{52.77 \times \text{GPh (a T de flujo)}}{D \text{ (in)} \times \mu_{\text{cinemática}} \text{ (cs)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Ec. (R - 12)} \quad \frac{R_D}{F_c} &= \frac{17920 \cdot \text{DSFm} \cdot \sqrt{hw \cdot Gf}}{\mu_{cp}} \\ &= \frac{17935 \cdot \text{DSFm} \cdot \sqrt{hw}}{\mu_{\text{cinemática}} \text{ (cs)} \cdot \sqrt{Gf}} \end{aligned}$$

en donde:

F_c = Corrección por viscosidad ó número de Reynolds

hw = Altura de la columna de agua

La viscosidad en unidades inglesas, leída en las FIGURAS: 2.5, 2.6, 2.7. Vos darán g/μ_e . Para obtener la viscosidad en lb.sej/ft^2 dividir el valor leído por 32.174.

Todas las ecuaciones se aplican para cualquier gas, líquido ó vapor.

II.3.- CALCULO PRECISO DE ORIFICIOS, TOBERAS Y VENTURIS CON CORRECCION POR REYNOLDS PARA FLUJO VISCOSO.

- 1.- Seleccionar el rango de flujo, Q_m ó V_m de las CARTAS: 2.1 a la 2.6, teniendo cuidado que los gastos máximo y mínimo no queden fuera del seleccionado.
- 2.- Usar las Ecuaciones siguientes para unidades en masa y en volúmen:

$$S = \frac{Q_m \cdot G_1}{(N \cdot D^2 \cdot F_a \cdot F_m \cdot \sqrt{G_f} \cdot \sqrt{h_m}) \cdot (F_c \cdot F_p)} \quad \begin{array}{l} \text{Para volúmen} \\ \text{Ec. (A - 1)} \end{array}$$

$$S = \frac{V_m}{(N \cdot D^2 \cdot F_a \cdot F_m \cdot \sqrt{G_f} \cdot \sqrt{h_m}) \cdot (F_c \cdot F_p)} \quad \begin{array}{l} \text{Para masa} \\ \text{Ec. (B - 1)} \end{array}$$

En donde (*) :

F_c = Factor de corrección por el número de Reynolds ó de viscosidad.

F_p = Corrección por compresibilidad del líquido.
(Ver GRÁFICA 2.3)

(*) Los demás factores son los anteriormente descritos.

Para F_c se encuentran gráficas para diferentes meli-
dores y regímenes de flujo, como se muestra a conti-
nuación:

ORIFICIO CONCENTRICO

LOCALIZACION DE LAS TOMAS	PA'ROV FLUJO	F_c GRAFICAS
Tomas de Brida.	bajo R_d	2.9
	medio R_d	2.10
	alto R_d	
	Curvas Simplificadas	2.11
	Curvas Estándar	2.12
Tomas de Vena Contracta.	bajo R_d	2.13
	alto R_d	2.14
Tomas a 1 D y 1/2 D.	bajo R_d	2.13
	alto R_d	2.15
Tomas de Esquina.	bajo R_d	2.9
	alto R_d	2.16
	Curvas Simplificadas	2.11
Tomas a 2 1/2 D y 3 D.	alto R_d	2.17

ORIFICIO EXCENTRICO

Tomas de Brida	alto R_d	2.1
Tomas de Vena Contracta.	alto R_d	2.18

ORIFICIO INTEGRAL

<i>Orificio Integral</i>		<i>2.21</i>
--------------------------	--	-------------

ORIFICIO SEGMENTADO

<i>Tomas de Brida ó Vena Contracta</i>		<i>2.27</i>
--	--	-------------

TOBERA

<i>Tomas a 1 D y 1/2 D.</i>	<i>bajo Rd</i>	<i>2.22</i>
	<i>alto Rd</i>	<i>2.23</i>

TUBO VENTURI

<i>Tubo Venturi</i>		<i>2.24</i>
---------------------	--	-------------

ORIFICIO ESPECIAL

<i>Orificio de borde cuadrante</i>	<i>1.0</i>	
--	------------	--

3.- Insertar los valores numéricos obtenidos de las TABLAS y GRAFICAS en la fórmula adecuada.

NOTA: Si para fracciones parafínicas la temperatura es mayor de 300 °F y para compuestos nafténicos y fracciones pesadas muy "crackeadas" la temperatura es mayor de 550 °F, se deberá calcular Fp.

4.- Calcular S asumiendo $F_c = 1.0$ y encontrar su d/D respectiva.

(a) Para orificios con conexión en brida, vena contracta, en radio ó esquinas:

$$S = 0.558 \cdot \beta^2 + 0.01 \cdot \beta^3 + 0.000347 \cdot \beta^2 (1/\beta)^{4.435}$$

(Ver TABLA 2.6)

Ec. (C - 1)

(b) Para orificios con tomas $2\ 1/2\ D$ corriente arriba y $8\ D$ corriente abajo. (Conexión en Tubería)

$$S = 0.58925 \cdot \beta^2 + 0.2725 \cdot \beta^3 - 0.325 \cdot \beta^4 + 1.75 \cdot \beta^5$$

(Ver TABLA 2.7)

Ec. (D - 1)

(c) Para toberas ó tubos venturi:

$$S = 0.98 \cdot (\beta^4 / (1 - \beta^4))$$

(Ver TABLA 2.8)

Ec. (E - 1)

(d) Para orificios de borde cuadrante, Ver TABLA 2.9

5.- Determinar o estimar el número de Reynolds a gasto normal de las gráficas 2.25 y 2.26 para orificios con tomas de Brida y cerradas; la gráfica 2.27 para tubos venturi o toberas, y en contrar el valor de F_c .

6.- Dividir el valor de S encontrado en el paso 4 por el valor de F_c del paso 5 y revisar otra vez el valor de d/D .

(a) Para orificios segmentado, excéntrico ó concéntrico. Excepto cuando se utilizan tomas de flu-

- jo completo, Ver TABLA 2.6 ó Ec. (C - 1)
- (b) Para tomas $2\frac{1}{2}D$ y $3D$, TABLA 2.7, ó Ec. (D - 1)
- (c) Para toberas y tubos venturi, TABLA 2.8 ó Ec. -
(E - 1)

Si se usa el método rápido (Rejla de flujo), dividir el flujo actual por F_c y calcular el nuevo d/D . Si el valor de F_c es menor que 0.98 ó mayor de 1.02, "recheckar" F_c (Usando el nuevo valor de d/D) y repetir el paso 6.

- 7.- Multiplicar el valor de d/D del paso 6 por el diámetro interno actual de la tubería, D . Este producto nos da:

$$\frac{d}{D} \times D = d \text{ (diámetro del orificio)}$$

Para calcular el factor de rango del aparato, - que se usará como un multiplicador en la ecuación de diseño, se realizan los siguientes pasos:

- (a) Calcular el coeficiente:

- 1) Leer los valores de los factores en la Ec.
(F - 1) ó Ec. (G - 1).

$$C_n = \left(k_s \cdot C_w \cdot F_a \cdot F_m \cdot \frac{\sqrt{Gf}}{G} \right) (F_c \cdot F_p) \quad \text{Ec. (F - 1)}$$

para volumen.

$$C_n = \left(k_s \cdot C_w \cdot F_a \cdot F_m \cdot \sqrt{Gf} \right) (F_c \cdot F_p) \quad \text{Ec. (G - 1)}$$

para masa.

en donde:

k_s = Factor para convertir el coeficiente a diferentes unidades, TABLA 2.11.

C_w = Constante de flujo para agua a 60 °F, en GPH; es decir, el flujo teórico de 1" de diferencial. Para tomas de brida, TABLA 2.12.

F_a = Relación del área de abertura del elemento primario a la temperatura del flujo referido a 68 °F, TABLA 2.3.

G_f = Densidad relativa del líquido a la temperatura de flujo, agua a 60 °F = 1.0. Ver TABLA 2.14.

F_m = Factor del manómetro para el líquido en Mercurio, Ver TABLA 2.4.

F_c = Corrección por número de Reynolds, definidos anteriormente, Ver GRAFICAS 2.9 a 2.24.

F_p = Corrección por compresibilidad del líquido, definida anteriormente, Ver GRAFICA 2.8.

Para tomas de elementos primarios usar:

$$C_w = 340.0 \cdot S \cdot D^2$$

2) Calcular C_n de la Ecuación (3 - 1).

(b) Para calcular el multiplicador de la carta de raíz cuadrada, M , usando un "par-orificio" de tamaño especial.

1) Multiplicar el valor de C_n por $\frac{\sqrt{h_m}}{R_c}$

en donde:

h_m = diferencial máxima: es decir, el rango del instrumento, pulgadas de agua calibrado en seco.

Para h_m , TABLA 2.5.

R_c = rango de lectura directa de la CARTA 2.1.

II.3.1.- FACTORES DE CORRECCION.

Cuando hay un cambio en cualquiera de las condiciones de operación sobre las cuales se dimensionó el orificio, debe aplicarse una corrección adicional. Si las nuevas condiciones son constantes, una simple multiplicación por un factor es suficiente. Si son variables, debe usarse una curva de corrección.

I.- Densidad Relativa.

para aceites del petróleo cuando se usa un manómetro de mercurio ó un medidor de mercurio flotante ó una campana de peso balanceado sin usar sello ó purga.

a) Unidades de Peso.- Referirse a la FIGURA 2.3.

Encontrando la línea de temperatura se encuentra a la izquierda en línea recta horizontal el valor $F_m \cdot \sqrt{G_f}$ para las nuevas condiciones. Dividir este valor por $F_m \cdot \sqrt{G_f}$ usado en los cálculos originales.

b) *Unidades en Volúmen.*- Referirse a la FIGURA 2.2. Encontrando la línea de temperatura a la izquierda en línea horizontal se halla el valor de $F_m \sqrt{GF} / G1$ para las nuevas condiciones. Dividir este valor por $F_m \sqrt{GF} / G1$, usado en los cálculos originales.

El flujo correcto es el flujo incorrecto multiplicado por este cociente. Una serie de estos valores pueden graficarse contra °A.P.I. ó la densidad relativa para formar una curva de corrección.

Para aceites del Petróleo cuando se usa un medidor de mercurio con sello ó purga ó un medidor de diafragma:

Se encuentra la línea de temperatura en la FIGURA 2.1, y se localizan el valor (o los valores) de \sqrt{GF} Vs. densidad A.P.I.

a) *Unidades en Peso.*- Dividir el nuevo valor de \sqrt{GF} por el original.

b) *Unidades en Volúmen.*- Dividir el valor de \sqrt{GF} tomado de la FIG. 2.1, por el correspondiente valor de G1. Dividir cada valor de esto por el valor de estos por el valor de $\sqrt{GF} / G1$ usado en los cálculos originales.

El cociente es el factor de corrección por densidad. Debe multiplicarse por el flujo incorrecto para obtener el flujo correcto.

Para otros Líquidos.-

a) *Unidades en Peso.-* Calcular $F_m \sqrt{Gf}$ para las nuevas condiciones y dividir este valor por $F_m \sqrt{Gf}$ usado en los cálculos originales.

b) *Unidades de Volúmen.-* Calcular $F_m \sqrt{Gf} / G1$ para las nuevas condiciones y dividir por el valor de $F_m \sqrt{Gf} / G1$ usado en los cálculos originales.

Este cociente es el factor de corrección para el cambio de densidad. Deberá multiplicarse por el flujo incorrecto para obtener el flujo correcto.

Si se usa un medidor del tipo de resorte, diafragma ó anillo balanceado, ó tubería de purga, F_m permanece constante y debe ser despreciado.

II.- Temperatura.

Para Aceites del Petróleo.- Leer los valores de la FIGURA 2.1, 2.2, 2.3, ó figura (2*.28), y dividir por el valor correspondiente la temperatura original.

Este cociente es el factor de corrección por temperatura. Será el mismo independientemente de que se lea : $ft, \frac{F_m \cdot \sqrt{Gf}}{G1}, F_m \cdot \sqrt{Gf}$ ó \sqrt{Gf} .

$G1$

Para Agua.- Leer los valores de la figura 2.4. El nuevo valor dividirlo por el calculado a la temperatura original, y ésto será el factor de corrección por temperatura.

Para Otros Líquidos.- Leer el valor de \sqrt{Gf} para las condiciones nuevas de los MONOGRAMAS 2.1 ó 2.2 y dividir por el valor original de \sqrt{Gf} o, de las características conocidas de expansión del líquido, calcular \sqrt{Gf} . Este nuevo valor dividido por el valor obtenido con la temperatura original es el factor de corrección por temperatura.

Excepto en el caso de cambios extremos en la Temperatura, el cambio en F_a será despreciable. Si la variación de la Temperatura excede a 50° , las correcciones derivadas anteriormente deben multiplicarse por el valor de F_a (de la TABLA 2.3), dividido por el valor usado en los cálculos originales.

II.4.- VAPOR DE AGUA, VAPOR Y GASES.

Existen dos métodos para el cálculo de medidas de flujo para vapor de agua, vapor y gas en unidades de masa. El primero es el método universal, que puede usarse en cualquier tipo de localización de toma de presión y en cualquier instrumento primario para el cual se dan los datos. Los factores de corrección para este método aplican para los valores de S , coeficientes, etc., basados en K_1 .

El método especial, es preferido por algunas compañías usando solamente orificios con brida ó tomas de 2 1/2 y 8 diámetros de tubería. Los factores de corrección por número de Reynolds, F_r para este método, aplican para K_o , $K_o\beta^2$, y coeficientes basados

en las constantes usadas para la medición de gases. Excepto a muy bajas razones de flujo, estos factores de corrección están condicionados a 1.0 para las condiciones de velocidad, peso específico y viscosidad encontradas en flujos de gas y vapores.

Esto simplifica el procedimiento de cálculo. En muchos casos, la corrección Fr es despreciable.

Otra ventaja del método especial es que las correcciones de Fr son lineales con respecto al recíproco de Rd ; de aquí que puedan calcularse con una simple fórmula. La eliminación de curvas hace posible duplicar los resultados numéricamente en una forma exacta.

Los dos métodos serán identificados como "Universal" y "Especial", en este trabajo.

II.4.1.- METODO DE CALCULO UNIVERSAL.

Para tomas de brida, en vena contracta y 2 1/2 y 3 diámetros de tubería, orificios con tomas en otros lugares y para flujo de toberas y tubos venturi.

1.- Seleccionar el rango de flujo de las CARTAS: - 2.1 - 2.6. Teniendo el cuidado que el máximo y mínimo queden dentro del rango de la CARTA.

2.- Usar la siguiente ecuación:

$$S = \frac{Wm}{359 \cdot D^2 \cdot Fa \cdot Fm \cdot Fc \cdot Y \cdot \sqrt{Yf} \cdot \sqrt{hm}}$$

Ec. (A - 2)

en donde:

- F_m = Flujo mástico máximo, lb/hr.
 D = Diámetro interno de la tubería, inches.
 F_a = Relación de área del elemento primario de la -
 temperatura de flujo referido a 68 °F, TABLA 2.3
 (corrección por expansión térmica del elemento).
 F_m = Factor del manómetro (TABLA 2.4, para líquido
 en mercurio, TABLA 2.15 para gas en mercurio.
 Cuando se usa un medidor de diafragma ó peso -
 balanceado, $F_m = 1.0$).
 F_c = Corrección por viscosidad ó por número de Reynolds.

ORIFICIOS CONCENTRICOS

Localización de las Tomas	Gráficas de F_c
Toma de bridas	2.12 -
Toma en vena contracta	2.14
Tomas 1 D y 1/2 D.	2.15
Tomas de esquina	2.16
Tomas para 2 1/2 D y 8 D	2.17

ORIFICIOS EXCENTRICOS

Tomas de brida	2.18
Tomas de vena contracta	2.19

ORIFICIOS SEGMENTADOS

Para tomas en vena contracta y en brida	2.20
--	------

TOBERA DE FLUJO

Tomas a 1 D y 1/2 D	2.23
---------------------	------

TUBOS VENTURI

Tubo venturi	2.24
--------------	------

Y = Factor de expansión. Y_1 si se usa el peso específico corriente arriba, Y_2 si se usa el peso específico para la presión corriente abajo.

Y_1 Para tomas de lleno en el flujo, en brida, para toberas ó tubos venturi: NOMOGRAMA	2.3
Y_1 Para tomas cerradas ó de brida	
$k = 1.4$	2.29
$k = 1.3$	2.30
$k = 1.2$	2.31
Y_2 Para tomas cerradas ó de brida	
$k = 1.4$	2.32
$k = 1.3$	2.33
$k = 1.2$	2.34
Y_1 Para tomas a 2 1/2 D y 8 D $k = 1.4$	2.35

	$k = 1.3$	2.36
	$k = 1.2$	2.37
Y_2	Para tomas a $2\ 1/2\ D$ y $3\ D$	
	$k = 1.4$	2.38
	$k = 1.3$	2.39
	$k = 1.2$	2.40
Y_1	Para toberas y tubos venturi	
	$k = 1.4$	2.41
	$k = 1.3$	2.42
Y_2	Para toberas y tubos venturi	
	$k = 1.4$	2.43
	$k = 1.3$	2.44

γ_f = Peso específico del fluido a la temperatura y presión de flujo, lb/ft³, γ'_1 si se usa la presión corriente arriba, γ'_2 si se usa la presión corriente abajo.

Para otros vapores que no sea el de agua:

$$\gamma_f = \frac{M_w \cdot P_f}{10.73 \cdot T_f \cdot Z_f}$$

en donde:

M_w = Peso molecular del vapor ó gas.

P_f = Presión de flujo, psia.

T_f = Temperatura absoluta de flujo, °R.

Z_f = Relación de compresibilidad a temperatura y presión de flujo. Ver gráficas de NELSON-OBERT, GRAFICAS 2.45 - 2.50

para vapor húmedo:

$$Y_f \text{ húmedo} = \frac{Y_f \text{ seco}}{\% \text{ calidad}} \times 100$$

hm = Máxima presión diferencial; es decir, ranjo diferencial en pulgadas de agua, para valores de \sqrt{hm} . Ver TABLA 2.5.

3.- Sustituir los valores numéricos obtenidos y encontrar el valor de S de la ecuación, asumiendo $F_c = 1.0$ y $Y = 1.0$.

4.- Encuentre el valor correspondiente de d/D :

a) Para orificios segmental, excéntrico ó concéntrico excepto cuando se usan tomas de presión de contacto con el flujo, usar la ecuación siguiente:

$$S = 0.598 \cdot \beta^2 + 0.01 \cdot \beta^3 + 0.0001947 \cdot \beta^2 (10 \cdot \beta)^{4.425}$$

(Ec. C)

ó TABLA 2.6.

b) Para orificios con tomas a 2 1/2 diámetros corriente arriba y 8 abajo, ecuación:

$$S = 0.58925 \cdot \beta^2 + 0.2725 \cdot \beta^3 - 0.325 \cdot \beta^4 + 1.75 \cdot \beta^5$$

ó TABLA 2.7

c) Para toberas de flujo ó tubos venturi, Ver TABLA 2.8.

d) Para orificios de borde cuadrante, ver TABLA 2.9.

5.- Encontrar el número de Reynolds a la razón de flujo de operación. Si se conoce, asumir $0.70 \times Q_m$ ó W_m si se usa la FIGURA 2.5. Asumir 0.5 hm si se usa la FIGURA 2.6, FIGURA 2.7, FIGURA 2.71 y FIGURA 2.72.

6.- Leer los valores de F_c y Y , antes definidos.

7.- Dividir el valor de S del paso 4 por F_c e Y , - leer el nuevo valor de d/D . Si se usa la Regla de flujo, dividir el flujo actual por F_c e Y y calcular nuevamente d/D . Si el nuevo valor difiere del original por más del 1 % repetir los pasos 6 y 7, usando el nuevo valor de d/D . Si F_c es menor de 0.98 ó mayor de 1.02 esta operación usualmente requerirá una compensación del valor de Y .

8.- Multiplique el valor de d/D del paso 7 por el diámetro interno actual de la tubería, D . Este producto es d , el diámetro del orificio de la Placa.

II.4.2.- CORRECCIONES POR EL NUMERO DE REYNOLDS.

La derivación de las gráficas 2.6. a 2.72 se debe a las siguientes ecuaciones:

La figura 2.6 , para determinar el número de Reynolds está basada en la Ecuación R - 4, la cual es:

$$R_D = \frac{0.0001319 \times \text{flujo (lb/hr)}}{\text{diámetro tubería (pulg.)} \times \text{viscosidad abs. (lb seg) / ft}^2}$$

Ec. (R - 4)

La figura 2.7 y 2.71, para estimar el número de Reynolds está basada en la Ecuación:

$$\frac{R_d}{F_c} = \frac{0.04737 \cdot D \cdot S \cdot F_m \cdot \sqrt{h_w \cdot \rho_f}}{\text{viscosidad abs. (lb seg/ft}^2)}$$

El factor F_m puede ser despreciado, generalmente, en el uso de esta carta. Muchas de las instalaciones - que usan medidores en seco ó celdas de presión diferencial, toman $F_m = 1.0$.

Las figuras 2.71 y 2.72, para estimar el número de Reynolds, están basadas en la Ecuación:

$$\frac{R_d}{F_c} = \frac{0.07787 \cdot D \cdot S \cdot \sqrt{h_w \cdot \rho_f \cdot G}}{\text{viscosidad abs. (lb seg/ft}^2) \times \sqrt{T_f}}$$



en donde:

D = Diámetro interno de la tubería, pulgadas.

S = Índice para determinar d/D .

$$S = K_1 \beta^2$$

$$K_1 = 0.598 + 0.01 \beta + 0.00001947 (10\beta)^{4.425}$$

para tomas de brida ó cerradas.

P_f = Presión del flujo, psia.

T_f = Temperatura del flujo, °R.

G = Densidad relativa del gas.

$$\text{ó} \quad \frac{Rd}{Fc} = \frac{3730 \cdot D \cdot S \cdot \sqrt{h_w \cdot P_f \cdot G}}{\text{viscosidad abs. (cp.)} \times \sqrt{T_f}}$$

En esta ecuación se asume:

$$F_m = 1.0$$

Las curvas de M_d están calculadas de la Ecuación:

$$M_d = \frac{238.8 \times \text{visc. abs. (cp.)} \times \sqrt{T_f}}{\sqrt{\text{Peso Molecular}}}$$

y graficadas contra la escala de $\sqrt{hw Pf}$. El punto sobre la escala de viscosidad indicada por la flecha para gas natural es el valor basado sobre la viscosidad promedio, temperatura y densidad relativa establecidos por A. G. A. (American Gas Association).

La carta sobre la cual se graficaron los valores de las ecuaciones anteriores es más rápida para obtener resultados correctos.

II.4.3.- FACTOR DE EXPANSION.

Los factores de expansión son una corrección a la densidad para los fluidos compresibles. Esto es necesario debido a que la densidad del fluido cambia con los cambios de presión al pasar a través del medidor de orificio.

Pueden calcularse por medio de las siguientes ecuaciones:

Para Tomas en Brida.

$$Y_1 = 1 - (0.41 + 0.35 \cdot \beta^4) \cdot x/k$$

en donde:

$$k = cp/cv$$

$$x = \frac{hw/Pf_2}{27.7 + (hw/Pf_2)} = \frac{Pf_1 - Pf_2}{Pf_1}$$

Pf_2 = Presión corriente abajo, psia.

Pf_1 = Presión corriente arriba, psia.

Para tomas 2 1/2 D y 8 D.

$$Y_1 = 1 - 0.333 + 1.145 \cdot (\beta^2 + 0.7 \cdot \beta^5 + 12 \cdot \beta^{13}) \cdot x/k$$

Para Tomas en Brida ó Tomas 2 1/2 D y 8 D

$$Y_2 = Y_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{1-x}}$$

Valores Aproximados de k para Vapor de Agua y Gases:

Para vapor supercalentado, 1 a 500 psia:

$$k = 1.339 - (0.000068 \cdot X \text{ } ^\circ\text{F})$$

Aire a 100 $^\circ\text{F}$

$$k = 1.40$$

Aire a 400 - 1000 $^\circ\text{F}$.

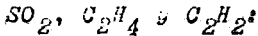
$$k = 1.413 - (0.00006 \cdot X \text{ } ^\circ\text{F})$$

Helio y otros gases monoatómicos.

$$k = 1.66$$

CO_2 , CH_4 y Gas Natural:

$$k = 1.28 \text{ a } 1.32$$



$$k = 1.24 \text{ a } 1.26$$

Valor aproximado de k para gases de hidrocarburos a temperatura ambiente:

P. N.	k
65	1.10
49	1.15
33	1.20
27.5	1.25
15	1.30

II.4.4.- DENSIDAD RELATIVA DE GASES Y VAPORES.

Compresibilidad. Los gases y vapores no siguen las leyes de Boyle y Charles exactamente. La desviación de esas leyes se llama compresibilidad.

Se han desarrollado un número de ecuaciones derivadas de las de Boyle y Charles para altas presiones, pero son complicadas y no dan un valor muy exacto para ciertas condiciones y rangos en algunos gases y vapores.

El Teorema de los Estados Correspondientes nos correlaciona la desviación de las leyes de Boyle y Charles con las razones de temperatura y presión pseudocríticas. Esta correlación está definida por el valor de Z . Los valores de Z sustituidos en la siguiente ecuación nos da el valor más real de γ_f , el peso específico a las condiciones de flujo:

Si en un gas se conoce su Paso Molecular (M), entonces:

$$\gamma_f = \frac{M \cdot P_f}{10.73 \cdot T_f \cdot Z_f}$$

en donde:

Z_f = Relación de compresibilidad a las condiciones de flujo.

T_f = Temperatura de flujo, °F.

Cuando se mide gas en unidades de volúmen, las condiciones base y de flujo deben corregirse usando el dato de compresibilidad. Sobre gas húmedo, Z_b , la compresibilidad a las condiciones base es apreciablemente menor de 1.0. El factor combinado de corrección es F_{pv} .

$$F_{pv} = \sqrt{\frac{Z_b}{Z_f}}$$

en donde:

F_{pv} = Factor de supercompresibilidad del gas. Para gas natural Ver la TABLA 2.13.

Esta ecuación se usa cuando se tiene el dato experimental de la densidad relativa.

Si se conoce la densidad relativa, J_a , calculada del peso molecular, se sustituye J_a por γ en las ecuaciones del orificio y F_{pv} será:

$$F_{pv} = Z_b/Z_f^{1/2}$$

en donde:

Z_b = Compresibilidad a las condiciones base, es decir, el volúmen actual por libra a las condiciones base dividido por el calculado de la ecuación llamada del gas ideal.

$$Z_b = \frac{M \cdot P_b}{10.73 \cdot \gamma_b \cdot T_b}$$

T_b = Temperatura base absoluta, °R.

γ_b = Peso específico a condiciones base. (En unidades consistentes)

M = Peso molecular del gas.

P_b = Presión base del gas, psia.

La densidad relativa del gas natural usualmente es determinada experimentalmente. Por lo mismo G incluye cualquier efecto de la compresibilidad a las condiciones de prueba y $M = 29 G Z_b$, y por lo tanto el peso específico será:

$$= \frac{2.639 \cdot P_f \cdot G \cdot Z_b}{T_f \cdot Z_f} = \frac{29 \cdot G \cdot Z_b}{10.73 \cdot T_f \cdot Z_f}$$

CONSTANTES PRIMARIAS ADOPTADAS

Peso Molecular - aire

28.9644

P_o = Presión

2116.22 lb/ft² o 14.596 lb/in²

T_i	= Temperatura	273.15 °K	ó	491.67 °R
t_o	= Temperatura	15 °C	ó	59 °F
R	= Constante del gas	1545.31 ft lb (lb-mol) ⁻¹ (°R) ⁻¹		
		10.731 in lb (lb-mol) ⁻¹ (°R) ⁻¹		
γ_o	= aire	0.076474	lb/ft ³	
g_o	= Aceleración			
	debida a la gravedad	32.1741	ft/seg ²	

Los valores de estas constantes primarias deben usarse en los cálculos para comparar las medidas en que se basaron los equipos.

II.5.- CALCULOS POR EL METODO ESPECIAL.

Para el cálculo de una placa de orificio.

- 1.- Seleccionar el rango de flujo en las cartas 2.1 a 2.6 cuidando que el máximo y el mínimo flujo - queden dentro de los límites de la carta.
- 2.- Usar la ecuación siguiente para vapor de agua, - vapor ó gas:

$$K_o \cdot \beta^2 = \frac{W_m}{359 \cdot D^2 \cdot F_a \cdot F_m \cdot F_r \cdot Y \cdot \sqrt{h_m \cdot \gamma_f}}$$

Ec. (A - 3)

en donde:

K_o = Coeficiente de descarga incluyendo la velocidad de aproximación a un número de Reynolds hipotético de infinito.

Para Tomas de Brida, Ver TABLA 2.17

Para Tomas 2 1/2 D y 3 D, Ver TABLA 2.18

β = Relación de diámetros, d/D.

Fr = Corrección por el número de Reynolds,

$$Fr = 1.0 + E/Rd$$

E = Pendiente de la curva de los factores Fr.

Para Tomas de Brida, TABLA 2.19,

Para 2 1/2 D y 3 D. TABLA 2.20

Rd = Reynolds del orificio al flujo actual.

- 3.- Inserte los valores numéricos en la fórmula. Si el fluido es vapor seco ó sobrecalentado, usar la TABLA 2.21 para obtener $\sqrt{P_f}$. Si es vapor húmedo, dividir $\sqrt{P_f}$ para vapor saturado por la raíz cuadrada de una centésima - del porciento de calidad.

Si el fluido es vapor de peso específico desconocido, usar la ecuación siguiente para calcular P_f y extraer la raíz cuadrada:

$$P_f = \frac{M \cdot P_f}{10.73 \cdot T_f \cdot Z_f}$$

en donde P_f = Presión de flujo en psia.

- 4.- Calcular el valor de $K\beta^2$ de la Ec. A - 3, asumiendo $Fr = 1.0$ y $Y = 1.0$. Revisar el correspondiente d/D de la TABLA 2.22 para tomas de Britia; TABLA 2.23 para Tomas a 2 1/2 y 3 diámetros de tubería. Calcular $d = D \times \frac{d}{D}$

NOTA: La TABLA de "A.G.A. FLOW CONSTANTS" las cuales son un suplemento de "PRINCIPLES AND PRACTICE OF FLOWMETER ENGINEERING" da valores de $K\beta^2$ basados en los diámetros actuales para Tomas de Brita cayendo hasta cerca de 0.001 en d/D . La demanda suficiente de TABLAS similares para tomas 2 1/2 D y 3 D no ha sido aparente.

- 5.- Calcular el Reynolds del orificio, R_d , para el flujo normal ó de operación de la ecuación siguiente, ó leerlo en la gráfica 2.51, sustituyendo el diámetro del orificio por el diámetro de la tubería.

$$R_d = 0.0001319 \cdot W_h/d\mu_e \quad \text{Ec. (B - 3)}$$

$$R_d = 0.004243 \cdot W_h/dg\mu_e \quad \text{Ec. (C - 3)}$$

en donde:

W_h = Flujo de operación, lb/hr.

d = Diámetro del orificio, pulgadas.

μ_e = Viscosidad absoluta, lb seg/ft².

g = aceleración de la gravedad, ft/seg².
(32.17 ft/seg²)

- 5.- Leer K de las TABLAS 2.19 para Tomas de Brida, ó TABLA 2.20 para Tomas a $2\ 1/2\ D$ y $8\ D$, y calcular Fr .

$$Fr = 1.0 + K/Rd$$

- 7.- Leer Y del nomograma 2.3 ó de las GRAFICAS 2.29 - 2.44 usando el hw/Pf normal ó de operación.

- 8.- Dividir el valor de $Ko\ \beta^2$ previamente calculado por el nuevo valor de d/D . Si el nuevo valor difiere del original en más del 1%, repetir los pasos 6 y 7, usando el nuevo valor de d/D .

- 9.- Multiplicar el valor de d/D obtenido por el diámetro actual del tubo, D . Este producto es el valor del orificio de la placa.

II.3.-TUBO PITOT.-

El tubo Pitot mide la velocidad en un punto del conducto. Si se desea conocer el flujo, es necesario calcularlo de la relación de la velocidad promedio y la velocidad en el punto de medición.

La figura 2.P.1 muestra la relación normal de velocidades promedio-a-central para una tubería de acero pulido. La rugosidad excesiva de la tubería tiene el efecto de incrementar la velocidad central relativa a altos números de Reynolds.

Si en el flujo hay distorsiones causadas por un codo, válvulas u otro accesorio corriente arriba de la localización del Tubo Pitot, la velocidad transversal puede cambiar con el caudal. Para resultados consistentes el tubo Pitot debe ser precedido por 50 diámetros de tubería recta lisa ó mas; pero, algunas veces en tramos rectos largos de tubería, la distribución de la velocidad cambia con el número de Reynolds el cual es una función de la velocidad (Ver FIG. 2.P.1).

Si se instala suficiente tubería recta antes del Tubo Pitot, se obtendrá una lectura de velocidad promedio a una localización del pitot de aproximadamente 30% de radio de la tubería de la pared de la misma; es decir, aproximadamente a 70% de radio de la tubería del centro. La figura 2.P.2. nos muestra la velocidad transversal normal.

II.6.1. METODO DE CALCULO.-

K_p es el coeficiente de velocidad de descarga de un tubo Pitot, y depende completamente del diseño de la cabeza del Pitot. Se obtiene por pruebas de calibración (generalmente con agua) usando la ecuación:

$$K_p = \frac{V}{\sqrt{2 g h}}$$

en donde:

V = la velocidad en ft/seg a la cabeza del Tubo Pitot.

g = aceleración de la gravedad, 32.17 ft/seg².

h = diferencial, en ft de fluido.

El valor de K_p generalmente lo dá el fabricante. Para el Tubo Estandar Foxboro, tiene un valor de 0.825.

Secuencia de Cálculo.

- 1.- Teniendo el gasto (W) en lb/hr (normal) y el diámetro de la tubería (D), y la viscosidad en cp, recurrir a la gráfica 2.25, para encontrar R_d . La cual se usa de la forma siguiente:

Encontrar la viscosidad absoluta y trazar una vertical hasta interceptar la lectura de flujo, tomar la medida de esa distancia. Posteriormente, encon el diámetro de la tubería y con la distancia obtenida anteriormente, interceptar verticalmente la

lectura de el número de Reynolds.

2.- Con R_d , recurrir a la gráfica E.P.1 y encontrar velocidad promedio/velocidad central.

3.- Calcular S :

$$S = K_p * \text{Velocidad promedio/Velocidad central.}$$

$$K_p = 0.825$$

4.- Con el valor de S recurrir a Tablas del Fabricante y obtener el Pitot adecuado.

II.7.- SELECCION DEL ELEMENTO PRIMARIO DE ACUERDO A SUS VARIABLES DE DISEÑO.

A.- Si la velocidad es tan alta que el valor de S excede a 0.42, considerar el uso de uno de los siguientes:

(1) Un medidor mayor que la tubería existente.

(2) Un rango diferencial alto.

(3) Una tobera de flujo, si S es menor que 0.66.

B.- Si el fluido es viscoso o por otras razones de operación los números de Reynolds son bajos, considerar las siguientes alternativas:

(1) Una placa de orificio de borde cuadrante ó semicircular.

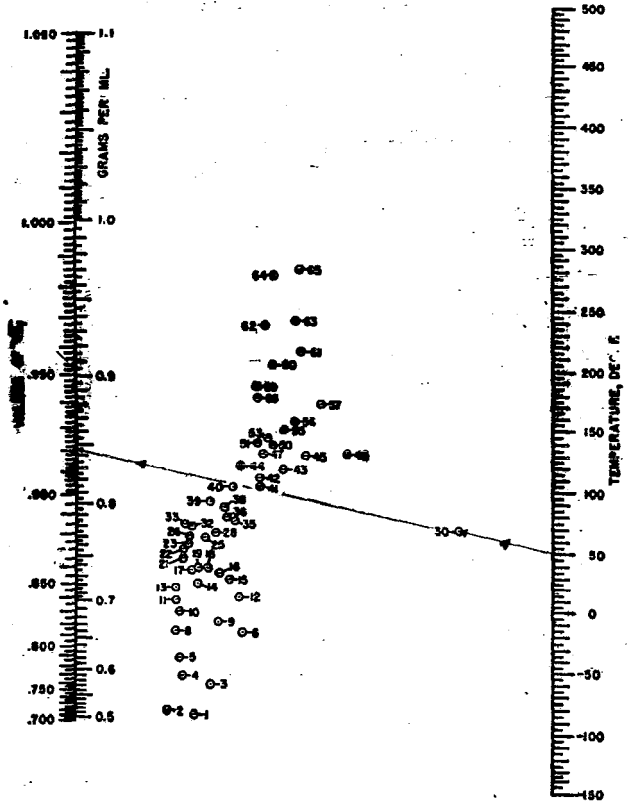
(2) Un medidor magnético, si el fluido tiene suficiente conductividad.

(3) Un orificio concéntrico ó una tobera de flujo con factores de corrección los cuales variarán de acuerdo a los cambios de viscosidad.

N O M O G R A M A S

PUNTOS PIVOTE PARA EL NOMOGRAMA 2.1

LIQUIDO	CODIGO	LIQUIDO	CODIGO
Acido acético	63	Isobutano	5
Acetona	35	Acido Isobutírico	58
Acetonitrilo	28	Metanotiol	43
Acetileno	3	Metil acetato	56
Amoniaco	9	Metil n-butirato	51
Anilina	62	Cloruro de metilo	46
Benceno	47	Eter metílico	12
Acido n-butírico	59	Eter etil metílico	15
Dióxido de Carbono	30	Metil formato	57
Clorobenceno	65	Metil sulfato	42
Ciclohexano	25	n-Nonadecano	33
Dietyl-amina	14	n-Nonano	17
n-Dodecano	22	n-Octadecano	32
Etano	2	n-Octano	13
Etanotiol	41	n-Pentadecano	26
Acetato de etilo	50	n-Pentano	8
Alcohol etílico	36	Fenol	64
Cloruro de etilo	45	Fosfina	6
Eter etílico	18	Piperidina	44
Etil formato	55	Propano	4
Eter etil-propílico	19	Acido propiónico	60
Etil sulfato	40	Alcohol propílico	38
Etileno	1	Propil formato	53
Fluorobenceno	61	n-Tridecano	23
n-Heptano	11	Trietil-amina	19
n-Hexano	10	n-Undecano	21
Alcohol isoamílico	39		

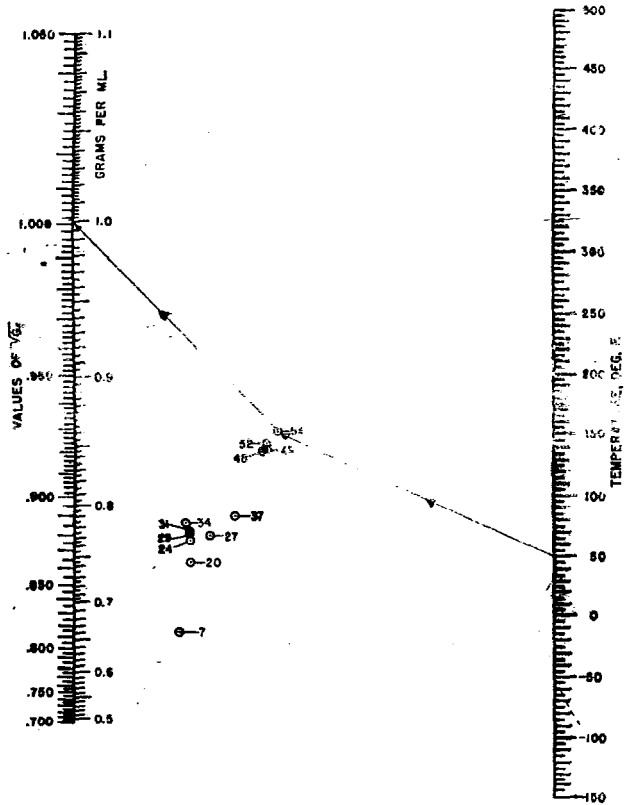


Nomograma para $G_f^{1/2}$ a la Presión de Vapor.

NOMOGRAMA 2.1

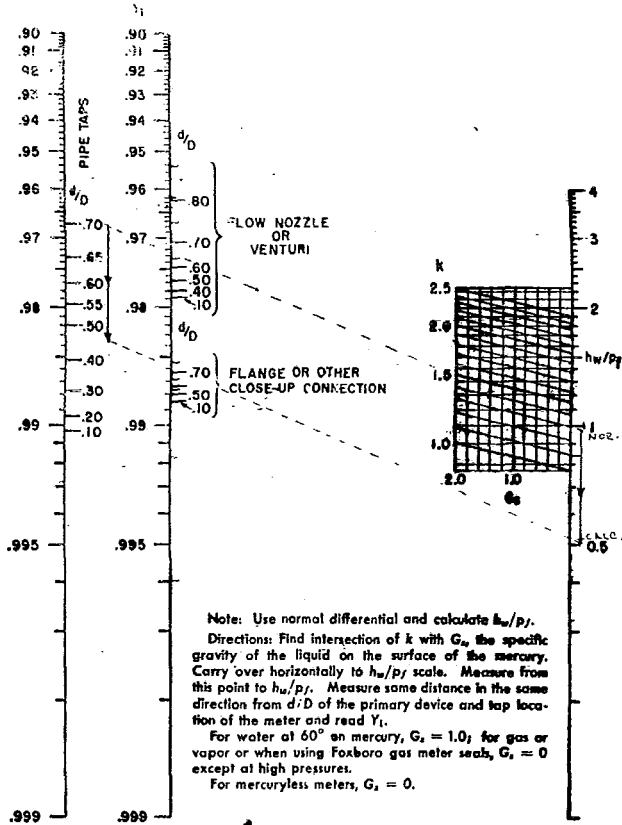
PUNTOS PIVOTE PARA EL NOMOGRAMA 2.2

LIQUIDO	CODIGO	LIQUIDO	CODIGO
<i>n</i> -Decano	20	Alcohol metilico	37
<i>n</i> -Eicosano	34	Metil-isobutirato	49
Propionato de etilo	48	Propionato de metilo	54
<i>n</i> -Heptadecano	31	Propionitrilo	27
<i>n</i> -Hexadecano	29	Propil-acetato	52
Isopentano	7	<i>n</i> -Tetradecano	24



Nomograma para $G_f^{1/2}$ a la Presión de Vapor

4. MOGRAM/ 2.2



Carta para encontrar los valores de Y_1

NOMOGRAMA 2.3

T A B L A S

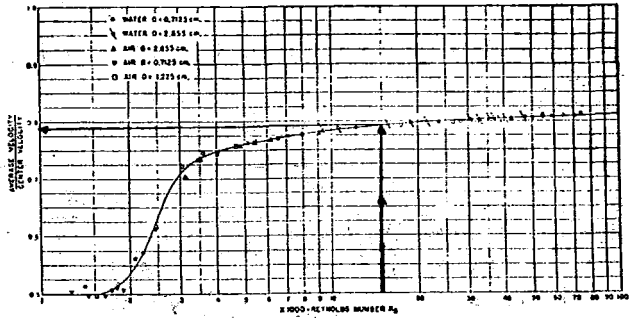
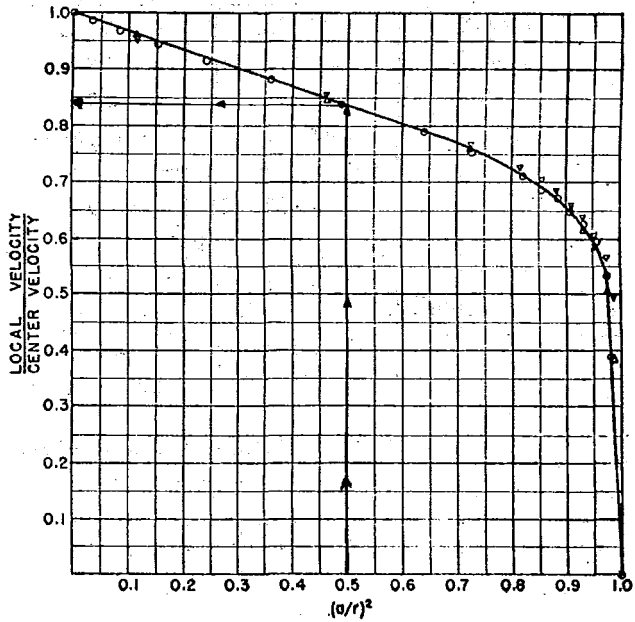


TABLE 2.P.1



a = distancia al centro;
 r = radio de la tubería.

TABLE 2.P.2

CONSTANTES PARA LA MEDICION DE FLUJO DE LIQUIDOS

UNIDADES DE VOLUMEN

<i>Tiempo</i>	<i>Ft³</i>	<i>Gal. U.S.</i>	<i>Gal. Imp.</i>
<i>Segundo</i>	.01263	.09446	.07865
<i>Minuto</i>	.7576	5.667	4.719
<i>Hora</i>	45.46	340.0	283.1
<i>Dia</i>	1091.	8161.	6795.
<i>Tiempo</i>	<i>Barriles (42 Gal)</i>	<i>Barriles (50 Gal)</i>	
<i>Segundo</i>	.002249	.001889	
<i>Minuto</i>	.1349	.1133	
<i>Hora</i>	8.096	6.801	
<i>Dia</i>	194.3	163.2	

UNIDADES DE PESO

<i>Tiempo</i>	<i>Libras</i>	<i>Toneladas</i>
<i>Segundo</i>	.7876	.003938
<i>Minuto</i>	47.25	.02363
<i>Hora</i>	2835.	1.418
<i>Dia</i>	68045.	34.02

TABLA 2.1

Nom. Diam.	Sched.	Wt.	D	D ²	Nom. Diam.	Sched.	Wt.	D	D ²
1"	40	S	1.049	1.100	8"	30	S	8.071	65.14
	80	XH	.957	.916		40	S	7.981	63.70
	160	XXH	.815	.664		60		7.813	61.04
1 1/4"	40	S	1.380	1.904	80	XH	7.625	58.14	
	80	XH	1.278	1.633	100		7.439	55.34	
	160	XXH	1.160	1.346	120		7.189	51.68	
1 1/2"	40	S	1.610	2.592	160	XXH	6.813	46.42	
	80	XH	1.500	2.250	30	S	6.875	47.27	
	160	XXH	1.338	1.790	40	S	10.136	102.7	
2"	40	S	2.067	4.272	60	XH	9.75	95.06	
	80	XH	1.939	3.760	80		9.564	91.47	
	160	XXH	1.689	2.853	100		9.314	86.75	
2 1/2"	40	S	2.469	6.096	120		9.064	82.16	
	80	XH	2.323	5.396	140		8.75	76.56	
	160	XXH	2.125	4.516	160		8.50	72.25	
3"	40	S	3.068	9.413	12"	S	12.00	144.0	
	80	XH	2.900	8.410	30	S	12.09	146.2	
	160	XXH	2.624	6.885	40		11.938	142.5	
3 1/2"	40	S	3.548	12.59	60	XH	11.75	138.1	
	80	XH	3.364	11.32	80		11.626	135.2	
	160	XXH	2.728	7.442	100		11.376	129.4	
4"	40	S	4.026	16.21	120		11.064	122.4	
	80	XH	3.826	14.64	140		10.750	115.6	
	120		3.626	13.15	160		10.500	110.3	
5"	40	S	4.313	18.60	14"	S	13.250	175.6	
	80	XXH	3.152	9.935	30	XH	13.000	169.0	
	160	S	5.047	25.47	40	S	15.250	232.6	
6"	40	S	4.063	16.51	60	XH	15.000	225.0	
	80	XH	5.761	33.19	80		14.688	215.7	
	120		5.501	30.26	18"	S	17.182	295.2	
	160	XXH	5.189	26.93	30		17.126	293.3	
			4.897	23.98	40		16.876	284.8	
					20"	S	19.182	367.9	
					30		19.000	361.0	
					40		18.814	354.0	
					60		18.376	337.7	
					24"		22.876	523.3	
					40		22.626	511.9	
					30"		28.750	826.6	

S = Standard Weight Pipe XH = Extra Heavy Weight Pipe
 XXH = Double Extra Heavy Weight Pipe

TABLA 2.2

Temperature at Orifice, °F.

Alum.	Copper	Type 430	2% CRMO	5% CRMO	Bronze	Steel	Monel	Type 316 or Type 304	Corr. Factor, F_a
									.992
+298					-360				.993
-230	-378				-273				.994
-178	-266				-216			-325	.995
-131	-194				-163		-281	--226	.996
-85	-132				-111		-191	-152	.997
-41	-72				-60		-108	-86	.998
+3	-15				-8		-33	-24	.999
+47	+42	+24	+28	+27	+43	+31	+38	+38	1.000
+91	+99	+112	+108	+110	+95	+106	+104	+101	1.001
		+202	+184	+191	+149	+181	+168	+158	1.002
		290	260	272	200	254	230	213	1.003
		374	331	352	249	324	290	266	1.004
		456	400	426	297	392	348	318	1.005
		531	468	493	345	457	405	367	1.006
		604	534	560	393	520	461	414	1.007
		677	597	628	440	542	516	463	1.008
		749	660	696		644	571	512	1.009
		817	720	763		705	626	560	1.010
		884	780	827		765	680	607	1.011
		952	842	888		823	733	655	1.012
		1020	899	948		879	785	703	1.013
		1087	956	1009		934	835	750	1.014
		1155	1011	1071		988	886	796	1.015
		1223	1065	1133		1041	935	840	

TABLE 2.3

$$F_m = \sqrt{1 - 0.0737G}$$

G_c	F_m	G_c	F_m	G_c	F_m	G_c	F_m
.000	1.000	.524	.980	1.051	.960	1.567	.940
.014	.999	.551	.979	1.077	.959	1.592	.939
.041	.998	.577	.978	1.103	.958	1.618	.938
.068	.997	.604	.977	1.129	.957	1.643	.937
.095	.996	.630	.976	1.155	.956	1.668	.936
.122	.995	.657	.975	1.181	.955	1.694	.935
.149	.994	.683	.974	1.207	.954	1.719	.934
.176	.993	.710	.973	1.233	.953	1.745	.933
.203	.992	.736	.972	1.258	.952	1.770	.932
.230	.991	.762	.971	1.284	.951	1.795	.931
.257	.990	.789	.970	1.310	.950	1.820	.930
.283	.989	.815	.969	1.336	.949	1.846	.929
.310	.988	.841	.968	1.362	.948	1.871	.928
.337	.987	.868	.967	1.387	.947	1.896	.927
.364	.986	.894	.966	1.413	.946	1.921	.926
.391	.985	.920	.965	1.439	.945	1.946	.925
.417	.984	.946	.964	1.464	.944	1.972	.924
.444	.983	.972	.963	1.490	.943	1.997	.923
.471	.982	.999	.962	1.516	.942	2.022	.922
.497	.981	1.025	.961	1.541	.941	2.047	.921
.524		1.051		1.567		2.072	

TABLE 2.4

h_w	$\sqrt{h_w}$	h_w	$\sqrt{h_w}$	h_w	$\sqrt{h_w}$	h_w	$\sqrt{h_w}$	h_w	$\sqrt{h_w}$
1.0	1.000	6.5	2.550	12.0	3.464	17.5	4.183	50	7.071
.1	1.049	.6	2.569	.1	3.478	.6	4.195	51	7.141
.2	1.095	.7	2.588	.2	3.492	.7	4.207	52	7.211
.3	1.140	.8	2.608	.3	3.506	.8	4.219	53	7.280
.4	1.183	.9	2.627	.4	3.521	.9	4.231	54	7.348
1.5	1.225	7.0	2.646	12.5	3.535	18.0	4.243	55	7.416
.6	1.265	.1	2.665	.6	3.549	.1	4.255	56	7.483
.7	1.304	.2	2.683	.7	3.563	.2	4.266	57	7.550
.8	1.342	.3	2.702	.8	3.577	.3	4.278	58	7.616
.9	1.378	.4	2.720	.9	3.592	.4	4.289	59	7.681
2.0	1.414	7.5	2.739	13.0	3.606	18.5	4.301	60	7.746
.1	1.449	.6	2.757	.1	3.620	.6	4.313	61	7.810
.2	1.483	.7	2.775	.2	3.633	.7	4.324	62	7.874
.3	1.517	.8	2.793	.3	3.647	.8	4.336	63	7.937
.4	1.549	.9	2.811	.4	3.660	.9	4.347	64	8.000
2.5	1.581	8.0	2.828	13.5	3.674	19.0	4.359	65	8.062
.6	1.612	.1	2.846	.6	3.687	.1	4.370	66	8.124
.7	1.643	.2	2.864	.7	3.701	.2	4.382	67	8.185
.8	1.673	.3	2.881	.8	3.715	.3	4.393	68	8.246
.9	1.703	.4	2.898	.9	3.728	.4	4.404	69	8.307
3.0	1.732	8.5	2.915	14.0	3.742	19.5	4.416	70	8.367
.1	1.761	.6	2.933	.1	3.755	.6	4.427	71	8.426
.2	1.789	.7	2.950	.2	3.768	.7	4.438	72	8.485
.3	1.817	.8	2.966	.3	3.781	.8	4.449	73	8.544
.4	1.844	.9	2.983	.4	3.794	.9	4.461	74	8.602
3.5	1.871	9.0	3.000	14.5	3.808	20.0	4.472	75	8.660
.6	1.897	.1	3.017	.6	3.821	.1	4.583	76	8.718
.7	1.924	.2	3.033	.7	3.834	.2	4.690	77	8.775
.8	1.949	.3	3.050	.8	3.847	.3	4.796	78	8.832
.9	1.975	.4	3.066	.9	3.860	.4	4.899	79	8.888
4.0	2.000	9.5	3.082	15.0	3.873	25	5.000	80	8.944
.1	2.025	.6	3.098	.1	3.886	.6	5.099	81	9.000
.2	2.049	.7	3.114	.2	3.898	.7	5.195	82	9.055
.3	2.074	.8	3.130	.3	3.911	.8	5.292	83	9.110
.4	2.098	.9	3.146	.4	3.924	.9	5.385	84	9.165
4.5	2.121	10.0	3.162	15.5	3.936	30	5.477	85	9.220
.6	2.145	.1	3.178	.6	3.949	.1	5.568	86	9.274
.7	2.168	.2	3.193	.7	3.962	.2	5.657	87	9.327
.8	2.191	.3	3.209	.8	3.975	.3	5.745	88	9.381
.9	2.214	.4	3.224	.9	3.987	.4	5.831	89	9.434
5.0	2.236	10.5	3.240	16.0	4.000	35	5.916	90	9.487
.1	2.258	.6	3.256	.1	4.012	.6	6.000	91	9.539
.2	2.280	.7	3.271	.2	4.025	.7	6.083	92	9.592
.3	2.302	.8	3.287	.3	4.037	.8	6.164	93	9.644
.4	2.324	.9	3.302	.4	4.049	.9	6.245	94	9.695
5.5	2.345	11.0	3.317	16.5	4.062	40	6.325	95	9.747
.6	2.366	.1	3.331	.6	4.074	.1	6.403	96	9.798
.7	2.387	.2	3.346	.7	4.086	.2	6.481	97	9.849
.8	2.408	.3	3.361	.8	4.098	.3	6.557	98	9.899
.9	2.429	.4	3.375	.9	4.111	.4	6.633	99	9.950
6.0	2.449	11.5	3.390	17.0	4.123	45	6.708	100	10.000
.1	2.470	.6	3.405	.1	4.135	.6	6.782	150	12.25
.2	2.490	.7	3.419	.2	4.147	.7	6.856	200	14.14
.3	2.510	.8	3.434	.3	4.159	.8	6.928	250	15.81
.4	2.530	.9	3.449	.4	4.171	.9	7.000	320	17.89

Valores de $a_m (h_w)$, en pulgadas de agua.

TABLA 2.5

$$S = 0.598\beta^2 + 0.01\beta^3 + 0.00001947\beta^4 (10\beta)^{-0.4}$$

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.080	.003832	.000097	.114	.007787	.000137	.148	.01313	.00018
.081	.003929	.000098	.115	.007924	.000139	.149	.01331	.00018
.082	.004027	.000098	.116	.008063	.000140	.150	.01349	.00018
.083	.004125	.000100	.117	.008203	.000141	.151	.01367	.00018
.084	.004225	.000102	.118	.008344	.000142	.152	.01385	.00019
.085	.004327	.000102	.119	.008486	.000143	.153	.01404	.00018
.086	.004429	.000104	.120	.008629	.000145	.154	.01422	.00019
.087	.004533	.000105	.121	.008774	.000145	.155	.01441	.00018
.088	.004638	.000106	.122	.008919	.000147	.156	.01459	.00019
.089	.004744	.000107	.123	.009066	.000149	.157	.01478	.00019
.090	.004851	.000109	.124	.009215	.000149	.158	.01497	.00019
.091	.004960	.000109	.125	.009364	.000151	.159	.01516	.00019
.092	.005069	.000111	.126	.009515	.000151	.160	.01535	.00020
.093	.005180	.000112	.127	.009666	.000154	.161	.01555	.00020
.094	.005292	.000114	.128	.009820	.000154	.162	.01575	.00020
.095	.005406	.000114	.129	.009974	.000156	.163	.01595	.00020
.096	.005520	.000116	.130	.01013	.00016	.164	.01615	.00020
.097	.005636	.000117	.131	.01029	.00015	.165	.01635	.00019
.098	.005753	.000118	.132	.01044	.00016	.166	.01654	.00020
.099	.005871	.000119	.133	.01060	.00016	.167	.01674	.00020
.100	.005990	.000121	.134	.01076	.00016	.168	.01694	.00020
.101	.006111	.000121	.135	.01092	.00017	.169	.01714	.00020
.102	.006232	.000123	.136	.01109	.00016	.170	.01734	.00021
.103	.006355	.000124	.137	.01125	.00017	.171	.01755	.00021
.104	.006479	.000126	.138	.01142	.00016	.172	.01776	.00021
.105	.006605	.000126	.139	.01158	.00017	.173	.01797	.00021
.106	.006731	.000128	.140	.01175	.00017	.174	.01818	.00021
.107	.006859	.000129	.141	.01192	.00017	.175	.01839	.00021
.108	.006988	.000130	.142	.01209	.00017	.176	.01860	.00021
.109	.007118	.000131	.143	.01226	.00018	.177	.01881	.00021
.110	.007249	.000133	.144	.01244	.00017	.178	.01902	.00021
.111	.007382	.000134	.145	.01261	.00017	.179	.01923	.00021
.112	.007516	.000135	.146	.01278	.00017	.180	.01944	.00021
.113	.007651	.000136	.147	.01295	.00018	.181	.01966	.00022
.114	.007787		.148	.01313		.182	.01989	.00023

valores de S para conexiones en
brida, vena contracta, en radio
ó esquina.

TABLA 2.6

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.182	.01989	.00022	.219	.02882	.00026	.256	.03945	.00031
.183	.02011	.00022	.220	.02908	.00027	.257	.03976	.00031
.184	.02033	.00023	.221	.02935	.00027	.258	.04007	.00031
.185	.02056	.00023	.222	.02962	.00028	.259	.04038	.00031
.186	.02078	.00022	.223	.02990	.00027	.260	.04069	.00032
.187	.02100	.00022	.224	.03017	.00027	.261	.04101	.00032
.188	.02122	.00023	.225	.03044	.00027	.262	.04133	.00033
.189	.02145	.00022	.226	.03071	.00027	.263	.04166	.00032
.190	.02167	.00023	.227	.03098	.00027	.264	.04198	.00032
.191	.02190	.00024	.228	.03125	.00028	.265	.04230	.00032
.192	.02214	.00023	.229	.03153	.00027	.266	.04262	.00032
.193	.02237	.00024	.230	.03180	.00027	.267	.04294	.00032
.194	.02261	.00023	.231	.03208	.00029	.268	.04326	.00032
.195	.02284	.00024	.232	.03237	.00028	.269	.04358	.00033
.196	.02308	.00023	.233	.03265	.00028	.270	.04391	.00033
.197	.02331	.00024	.234	.03293	.00029	.271	.04424	.00033
.198	.02355	.00023	.235	.03322	.00028	.272	.04457	.00034
.199	.02378	.00024	.236	.03350	.00029	.273	.04491	.00033
.200	.02402	.00024	.237	.03379	.00028	.274	.04524	.00033
.201	.02426	.00025	.238	.03407	.00028	.275	.04558	.00033
.202	.02451	.00025	.239	.03435	.00029	.276	.04591	.00034
.203	.02476	.00024	.240	.03464	.00029	.277	.04625	.00033
.204	.02500	.00025	.241	.03493	.00030	.278	.04658	.00033
.205	.02525	.00025	.242	.03523	.00030	.279	.04691	.00034
.206	.02550	.00025	.243	.03553	.00029	.280	.04725	.00034
.207	.02575	.00024	.244	.03582	.00030	.281	.04759	.00035
.208	.02599	.00025	.245	.03612	.00030	.282	.04794	.00035
.209	.02624	.00025	.246	.03642	.00029	.283	.04829	.00035
.210	.02649	.00026	.247	.03671	.00030	.284	.04864	.00034
.211	.02675	.00026	.248	.03701	.00029	.285	.04898	.00035
.212	.02701	.00026	.249	.03730	.00030	.286	.04933	.00035
.213	.02727	.00025	.250	.03760	.00031	.287	.04968	.00034
.214	.02752	.00026	.251	.03791	.00031	.288	.05002	.00035
.215	.02778	.00026	.252	.03822	.00031	.289	.05037	.00035
.216	.02804	.00026	.253	.03853	.00031	.290	.05072	.00036
.217	.02830	.00026	.254	.03884	.00031	.291	.05108	.00036
.218	.02856	.00026	.255	.03915	.00030	.292	.05144	.00036
.219	.02882		.256	.03945		.293	.05180	

TABLA 2.6 (cont.) *

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.293	.05180	.00036	.330	.06590	.00041	.367	.08188	.00045
.294	.05216	.00036	.331	.06631	.00042	.368	.08233	.00046
.295	.05252	.00036	.332	.06673	.00041	.369	.08279	.00045
.296	.05288	.00036	.333	.06714	.00041	.370	.08324	.00047
.297	.05324	.00036	.334	.06755	.00041	.371	.08371	.00047
.298	.05360	.00036	.335	.06796	.00042	.372	.08418	.00047
.299	.05396	.00036	.336	.06838	.00041	.373	.08465	.00047
.300	.05432	.00037	.337	.06879	.00041	.374	.08512	.00047
.301	.05469	.00037	.338	.06920	.00042	.375	.08559	.00047
.302	.05506	.00038	.339	.06962	.00041	.376	.08606	.00047
.303	.05544	.00037	.340	.07003	.00042	.377	.08653	.00047
.304	.05581	.00037	.341	.07045	.00043	.378	.08700	.00046
.305	.05618	.00037	.342	.07088	.00043	.379	.08746	.00047
.306	.05655	.00038	.343	.07131	.00042	.380	.08793	.00049
.307	.05693	.00037	.344	.07173	.00043	.381	.08842	.00048
.308	.05730	.00038	.345	.07216	.00043	.382	.08890	.00048
.309	.05767	.00038	.346	.07259	.00042	.383	.08938	.00049
.310	.05805	.00039	.347	.07301	.00043	.384	.08987	.00049
.311	.05843	.00039	.348	.07343	.00043	.385	.09035	.00049
.312	.05882	.00039	.349	.07386	.00044	.386	.09084	.00048
.313	.05920	.00039	.350	.07429	.00044	.387	.09132	.00049
.314	.05959	.00039	.351	.07473	.00044	.388	.09181	.00048
.315	.05998	.00038	.352	.07517	.00045	.389	.09229	.00048
.316	.06036	.00039	.353	.07562	.00044	.390	.09277	.00050
.317	.06075	.00038	.354	.07606	.00044	.391	.09327	.00050
.318	.06113	.00039	.355	.07650	.00044	.392	.09377	.00050
.319	.06152	.00039	.356	.07694	.00044	.393	.09427	.00049
.320	.06191	.00040	.357	.07738	.00044	.394	.09476	.00050
.321	.06231	.00039	.358	.07782	.00044	.395	.09526	.00050
.322	.06270	.00040	.359	.07826	.00044	.396	.09576	.00050
.323	.06310	.00040	.360	.07870	.00045	.397	.09626	.00050
.324	.06350	.00040	.361	.07915	.00046	.398	.09676	.00050
.325	.06390	.00040	.362	.07961	.00045	.399	.09726	.00050
.326	.06430	.00040	.363	.08006	.00046	.400	.09776	.00051
.327	.06470	.00040	.364	.08052	.00045	.401	.09827	.00051
.328	.06510	.00040	.365	.08097	.00046	.402	.09878	.00052
.329	.06550	.00040	.366	.08143	.00045	.403	.09930	.00051
.330	.06590		.367	.08188		.404	.09981	

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.404	.09981	.0005	.441	.1198	.0006	.478	.1422	.0007
.405	.1003	.0005	.442	.1204	.0006	.479	.1429	.0007
.406	.1008	.0006	.443	.1210	.0006	.480	.1435	.0006
.407	.1014	.0006	.444	.1216	.0006	.481	.1442	.0007
.408	.1019	.0005	.445	.1221	.0005	.482	.1448	.0006
.409	.1024	.0005	.446	.1227	.0006	.483	.1455	.0007
.410	.1029	.0005	.447	.1233	.0006	.484	.1461	.0006
.411	.1034	.0005	.448	.1239	.0006	.485	.1468	.0007
.412	.1040	.0006	.449	.1245	.0006	.486	.1474	.0006
.413	.1045	.0005	.450	.1251	.0006	.487	.1481	.0007
.414	.1050	.0005	.451	.1256	.0005	.488	.1487	.0006
.415	.1055	.0005	.452	.1263	.0007	.489	.1494	.0007
.416	.1061	.0006	.453	.1269	.0006	.490	.1500	.0006
.417	.1066	.0005	.454	.1275	.0006	.491	.1507	.0007
.418	.1071	.0005	.455	.1280	.0005	.492	.1514	.0007
.419	.1077	.0006	.456	.1286	.0006	.493	.1521	.0007
.420	.1082	.0005	.457	.1292	.0006	.494	.1527	.0006
.421	.1087	.0005	.458	.1298	.0006	.495	.1534	.0007
.422	.1093	.0006	.459	.1304	.0006	.496	.1541	.0007
.423	.1098	.0005	.460	.1310	.0006	.497	.1548	.0007
.424	.1104	.0006	.461	.1316	.0006	.498	.1554	.0006
.425	.1109	.0005	.462	.1323	.0007	.499	.1561	.0007
.426	.1115	.0006	.463	.1329	.0006	.500	.1568	.0007
.427	.1120	.0005	.464	.1335	.0006	.501	.1575	.0007
.428	.1126	.0006	.465	.1341	.0006	.502	.1582	.0007
.429	.1131	.0005	.466	.1347	.0006	.503	.1589	.0007
.430	.1137	.0006	.467	.1353	.0006	.504	.1595	.0006
.431	.1142	.0005	.468	.1360	.0007	.505	.1602	.0007
.432	.1148	.0006	.469	.1366	.0006	.506	.1609	.0007
.433	.1153	.0005	.470	.1372	.0006	.507	.1616	.0007
.434	.1159	.0006	.471	.1378	.0006	.508	.1623	.0007
.435	.1164	.0005	.472	.1384	.0006	.509	.1630	.0007
.436	.1170	.0006	.473	.1391	.0007	.510	.1637	.0007
.437	.1176	.0006	.474	.1397	.0006	.511	.1644	.0007
.438	.1181	.0005	.475	.1404	.0007	.512	.1651	.0007
.439	.1187	.0006	.476	.1410	.0006	.513	.1658	.0007
.440	.1192	.0005	.477	.1416	.0006	.514	.1666	.0008
.441	.1198	.0006	.478	.1422	.0006	.515	.1673	.0007

TABLA 2.6 (cont.) ***

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.515	.1673	.0007	.552	.1953	.0008	.589	.2268	.0009
.516	.1680	.0007	.553	.1961	.0008	.590	.2277	.0009
.517	.1687	.0007	.554	.1969	.0008	.591	.2286	.0009
.518	.1694	.0007	.555	.1977	.0008	.592	.2295	.0009
.519	.1701	.0008	.556	.1985	.0008	.593	.2304	.0009
.520	.1709	.0008	.557	.1993	.0009	.594	.2314	.0010
.521	.1716	.0007	.558	.2002	.0009	.595	.2323	.0009
.522	.1723	.0007	.559	.2010	.0008	.596	.2332	.0009
.523	.1731	.0008	.560	.2018	.0008	.597	.2341	.0009
.524	.1738	.0007	.561	.2026	.0008	.598	.2350	.0009
.525	.1745	.0007	.562	.2034	.0008	.599	.2360	.0010
.526	.1753	.0008	.563	.2043	.0009	.600	.2369	.0009
.527	.1760	.0007	.564	.2051	.0008	.601	.2378	.0009
.528	.1768	.0008	.565	.2060	.0009	.602	.2388	.0010
.529	.1775	.0007	.566	.2068	.0008	.603	.2397	.0009
.530	.1782	.0007	.567	.2076	.0008	.604	.2407	.0010
.531	.1790	.0008	.568	.2085	.0009	.605	.2417	.0010
.532	.1797	.0007	.569	.2093	.0008	.606	.2426	.0009
.533	.1805	.0008	.570	.2101	.0008	.607	.2436	.0010
.534	.1813	.0008	.571	.2110	.0009	.608	.2445	.0009
.535	.1820	.0007	.572	.2119	.0009	.609	.2455	.0010
.536	.1828	.0008	.573	.2127	.0008	.610	.2464	.0009
.537	.1836	.0008	.574	.2136	.0009	.611	.2474	.0010
.538	.1843	.0007	.575	.2144	.0008	.612	.2484	.0010
.539	.1851	.0008	.576	.2153	.0009	.613	.2494	.0010
.540	.1858	.0007	.577	.2162	.0009	.614	.2504	.0010
.541	.1866	.0008	.578	.2170	.0008	.615	.2513	.0009
.542	.1874	.0008	.579	.2179	.0009	.616	.2523	.0010
.543	.1882	.0008	.580	.2188	.0009	.617	.2533	.0010
.544	.1890	.0008	.581	.2197	.0009	.618	.2543	.0010
.545	.1898	.0008	.582	.2205	.0008	.619	.2553	.0010
.546	.1905	.0007	.583	.2214	.0009	.620	.2563	.0010
.547	.1913	.0008	.584	.2223	.0009	.621	.2573	.0010
.548	.1921	.0008	.585	.2232	.0009	.622	.2583	.0010
.549	.1929	.0008	.586	.2241	.0009	.623	.2593	.0010
.550	.1937	.0008	.587	.2250	.0009	.624	.2603	.0010
.551	.1945	.0008	.588	.2259	.0009	.625	.2614	.0011
.552	.1953	.0008	.589	.2268	.0009	.626	.2624	.0010

TABLA 2.6 (cont.) ****

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.626	.2624	.0010	.663	.3027	.0012	.700	.3488	.0014
.627	.2634	.0010	.664	.3039	.0012	.701	.3502	.0013
.628	.2644	.0010	.665	.3051	.0012	.702	.3515	.0014
.629	.2654	.0011	.666	.3063	.0011	.703	.3529	.0014
.630	.2665	.0010	.667	.3074	.0012	.704	.3543	.0013
.631	.2675	.0011	.668	.3086	.0012	.705	.3556	.0014
.632	.2686	.0010	.669	.3098	.0012	.706	.3570	.0013
.633	.2696	.0011	.670	.3110	.0012	.707	.3583	.0014
.634	.2707	.0010	.671	.3122	.0012	.708	.3597	.0013
.635	.2717	.0011	.672	.3134	.0012	.709	.3610	.0014
.636	.2728	.0010	.673	.3146	.0012	.710	.3624	.0014
.637	.2738	.0011	.674	.3158	.0013	.711	.3638	.0014
.638	.2749	.0011	.675	.3171	.0012	.712	.3652	.0014
.639	.2760	.0010	.676	.3183	.0012	.713	.3666	.0014
.640	.2770	.0011	.677	.3195	.0012	.714	.3680	.0014
.641	.2781	.0011	.678	.3207	.0012	.715	.3694	.0015
.642	.2792	.0011	.679	.3219	.0012	.716	.3709	.0014
.643	.2803	.0011	.680	.3231	.0013	.717	.3723	.0014
.644	.2814	.0011	.681	.3244	.0013	.718	.3737	.0014
.645	.2825	.0011	.682	.3257	.0012	.719	.3751	.0014
.646	.2836	.0011	.683	.3269	.0013	.720	.3765	.0015
.647	.2847	.0010	.684	.3282	.0012	.721	.3780	.0014
.648	.2857	.0011	.685	.3294	.0013	.722	.3794	.0015
.649	.2868	.0011	.686	.3307	.0013	.723	.3809	.0014
.650	.2879	.0012	.687	.3320	.0012	.724	.3823	.0015
.651	.2891	.0011	.688	.3332	.0013	.725	.3838	.0015
.652	.2902	.0011	.689	.3345	.0012	.726	.3853	.0014
.653	.2913	.0011	.690	.3357	.0013	.727	.3867	.0015
.654	.2924	.0012	.691	.3370	.0014	.728	.3882	.0015
.655	.2936	.0011	.692	.3384	.0013	.729	.3897	.0014
.656	.2947	.0011	.693	.3397	.0013	.730	.3911	.0015
.657	.2958	.0012	.694	.3410	.0013	.731	.3926	.0016
.658	.2970	.0011	.695	.3423	.0013	.732	.3942	.0015
.659	.2981	.0011	.696	.3436	.0013	.733	.3957	.0015
.660	.2992	.0012	.697	.3449	.0013	.734	.3972	.0016
.661	.3004	.0012	.698	.3462	.0013	.735	.3988	.0015
.662	.3016	.0011	.699	.3475	.0013	.736	.4003	.0015
.663	.3027	.0011	.700	.3488	.0013	.737	.4018	.0015

TABLA 2.6 (cont.) *****

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.737	.4018	.0015	.758	.4353	.0017	.779	.4718	.0017
.738	.4033	.0015	.759	.4370	.0016	.780	.4735	.0019
.739	.4048	.0016	.760	.4386	.0017	.781	.4754	.0018
.740	.4064	.0015	.761	.4403	.0017	.782	.4772	.0019
.741	.4079	.0016	.762	.4420	.0018	.783	.4791	.0018
.742	.4095	.0016	.763	.4438	.0017	.784	.4809	.0019
.743	.4111	.0016	.764	.4455	.0017	.785	.4828	.0018
.744	.4127	.0016	.765	.4472	.0017	.786	.4846	.0019
.745	.4143	.0016	.766	.4489	.0017	.787	.4865	.0019
.746	.4159	.0015	.767	.4506	.0017	.788	.4884	.0018
.747	.4174	.0016	.768	.4523	.0017	.789	.4902	.0019
.748	.4190	.0016	.769	.4540	.0017	.790	.4921	.0019
.749	.4206	.0016	.770	.4557	.0018	.791	.4940	.0019
.750	.4222	.0016	.771	.4575	.0018	.792	.4959	.0019
.751	.4238	.0017	.772	.4593	.0018	.793	.4978	.0020
.752	.4255	.0016	.773	.4611	.0018	.794	.4998	.0019
.753	.4271	.0017	.774	.4629	.0017	.795	.5017	.0019
.754	.4288	.0016	.775	.4646	.0018	.796	.5036	.0020
.755	.4304	.0016	.776	.4664	.0018	.797	.5056	.0019
.756	.4320	.0017	.777	.4682	.0018	.798	.5075	.0019
.757	.4337	.0016	.778	.4700	.0018	.799	.5094	.0019
.758	.4353		.779	.4718		.800	.5113	

NOTA: Las tomas de vena contracta deberán usar relaciones d/D arriba de 0.75.

*TABLA 2.6 (conclusión)******

$$S = 0.58925\beta^2 + 0.2725\beta^1 - 0.825\beta^0 + 1.75\beta^0$$

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.040	.000958	.000049	.074	.003316	.000092	.108	.007130	.000134
.041	.001007	.000050	.075	.003408	.000092	.109	.007264	.000136
.042	.001057	.000052	.076	.003500	.000094	.110	.007400	.000137
.043	.001109	.000052	.077	.003594	.000095	.111	.007537	.000138
.044	.001161	.000054	.078	.003689	.000096	.112	.007675	.000140
.045	.001215	.000055	.079	.003785	.000098	.113	.007815	.000141
.046	.001270	.000056	.080	.003883	.000098	.114	.007956	.000142
.047	.001326	.000058	.081	.003981	.000100	.115	.008098	.000144
.048	.001384	.000059	.082	.004081	.000102	.116	.008242	.000144
.049	.001443	.000060	.083	.004183	.000102	.117	.008386	.000147
.050	.001503	.000061	.084	.004285	.000104	.118	.008533	.000147
.051	.001564	.000062	.085	.004389	.000106	.119	.008680	.000149
.052	.001626	.000064	.086	.004495	.000106	.120	.008829	.000150
.053	.001690	.000065	.087	.004601	.000108	.121	.008979	.000151
.054	.001755	.000066	.088	.004709	.000109	.122	.009130	.000152
.055	.001821	.000068	.089	.004818	.000110	.123	.009282	.000154
.056	.001889	.000068	.090	.004928	.000111	.124	.009436	.000155
.057	.001957	.000070	.091	.005039	.000113	.125	.009591	.000157
.058	.002027	.000071	.092	.005152	.000114	.126	.009748	.000157
.059	.002098	.000073	.093	.005266	.000115	.127	.009905	.000155
.060	.002171	.000074	.094	.005381	.000117	.128	.01006	.00016
.061	.002245	.000074	.095	.005498	.000118	.129	.01022	.00017
.062	.002319	.000077	.096	.005616	.000119	.130	.01039	.00016
.063	.002396	.000077	.097	.005735	.000120	.131	.01055	.00016
.064	.002473	.000079	.098	.005855	.000122	.132	.01071	.00017
.065	.002552	.000081	.099	.005977	.000123	.133	.01088	.00017
.066	.002633	.000080	.100	.006100	.000124	.134	.01105	.00016
.067	.002713	.000082	.101	.006224	.000126	.135	.01121	.00017
.068	.002795	.000084	.102	.006350	.000127	.136	.01138	.00017
.069	.002879	.000085	.103	.006477	.000128	.137	.01155	.00018
.070	.002964	.000086	.104	.006605	.000129	.138	.01173	.00017
.071	.003050	.000088	.105	.006734	.000131	.139	.01190	.00017
.072	.003138	.000088	.106	.006865	.000132	.140	.01207	.00018
.073	.003226	.000090	.107	.006997	.000133	.141	.01225	.00018
.074	.003316		.108	.007130		.142	.01243	

Valores de S para tomas en
tubería (21/2D corriente -
arriba y 3D corriente aba-
jo).

TABLA 2.7

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.142	.01243	.00018	.179	.01992	.00023	.216	.02927	.00027
.143	.01261	.00018	.180	.02015	.00023	.217	.02954	.00028
.144	.01279	.00018	.181	.02036	.00022	.218	.02982	.00029
.145	.01297	.00018	.182	.02060	.00024	.219	.03011	.00028
.146	.01315	.00018	.183	.02084	.00023	.220	.03039	.00029
.147	.01333	.00019	.184	.02107	.00023	.221	.03068	.00028
.148	.01352	.00018	.185	.02130	.00024	.222	.03096	.00029
.149	.01370	.00019	.186	.02154	.00024	.223	.03125	.00029
.150	.01389	.00019	.187	.02178	.00024	.224	.03154	.00029
.151	.01408	.00019	.188	.02202	.00024	.225	.03183	.00029
.152	.01427	.00019	.189	.02226	.00024	.226	.03212	.00029
.153	.01446	.00020	.190	.02250	.00024	.227	.03242	.00029
.154	.01466	.00019	.191	.02274	.00025	.228	.03271	.00030
.155	.01485	.00020	.192	.02299	.00024	.229	.03301	.00029
.156	.01505	.00019	.193	.02323	.00025	.230	.03330	.00030
.157	.01524	.00020	.194	.02348	.00025	.231	.03360	.00030
.158	.01544	.00020	.195	.02373	.00025	.232	.03390	.00031
.159	.01564	.00020	.196	.02398	.00025	.233	.03421	.00030
.160	.01584	.00021	.197	.02423	.00025	.234	.03451	.00031
.161	.01605	.00020	.198	.02448	.00026	.235	.03482	.00030
.162	.01625	.00021	.199	.02474	.00025	.236	.03512	.00031
.163	.01646	.00020	.200	.02499	.00026	.237	.03543	.00031
.164	.01666	.00021	.201	.02525	.00025	.238	.03574	.00031
.165	.01687	.00021	.202	.02550	.00026	.239	.03605	.00031
.166	.01708	.00021	.203	.02576	.00026	.240	.03636	.00032
.167	.01729	.00021	.204	.02602	.00027	.241	.03668	.00031
.168	.01750	.00021	.205	.02629	.00026	.242	.03699	.00032
.169	.01771	.00022	.206	.02655	.00027	.243	.03731	.00032
.170	.01793	.00021	.207	.02682	.00026	.244	.03763	.00032
.171	.01814	.00022	.208	.02708	.00027	.245	.03795	.00032
.172	.01836	.00022	.209	.02735	.00027	.246	.03827	.00032
.173	.01858	.00022	.210	.02762	.00027	.247	.03859	.00033
.174	.01880	.00022	.211	.02789	.00027	.248	.03892	.00032
.175	.01902	.00022	.212	.02816	.00028	.249	.03924	.00033
.176	.01924	.00023	.213	.02844	.00027	.250	.03957	.00033
.177	.01947	.00022	.214	.02871	.00028	.251	.03990	.00033
.178	.01969	.00023	.215	.02899	.00028	.252	.04023	.00033
.179	.01992	.00023	.216	.02927	.00028	.253	.04056	.00033

TABLA 2.7 (cont.) *

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.253	.04056	.00034	.290	.05396	.00039	.327	.06965	.00045
.254	.04090	.00033	.291	.05435	.00039	.328	.07010	.00046
.255	.04123	.00034	.292	.05474	.00040	.329	.07056	.00047
.256	.04157	.00034	.293	.05514	.00040	.330	.07103	.00046
.257	.04191	.00034	.294	.05554	.00040	.331	.07149	.00047
.258	.04225	.00034	.295	.05594	.00040	.332	.07196	.00046
.259	.04259	.00034	.296	.05634	.00040	.333	.07242	.00048
.260	.04293	.00035	.297	.05674	.00041	.334	.07290	.00047
.261	.04328	.00034	.298	.05715	.00040	.335	.07337	.00047
.262	.04362	.00035	.299	.05755	.00041	.336	.07384	.00048
.263	.04397	.00035	.300	.05796	.00041	.337	.07432	.00047
.264	.04432	.00035	.301	.05837	.00041	.338	.07479	.00048
.265	.04467	.00035	.302	.05878	.00041	.339	.07527	.00048
.266	.04502	.00036	.303	.05919	.00042	.340	.07575	.00049
.267	.04538	.00035	.304	.05961	.00042	.341	.07624	.00048
.268	.04573	.00036	.305	.06003	.00041	.342	.07672	.00049
.269	.04609	.00036	.306	.06044	.00042	.343	.07721	.00049
.270	.04645	.00036	.307	.06086	.00043	.344	.07770	.00049
.271	.04681	.00036	.308	.06129	.00043	.345	.07819	.00049
.272	.04717	.00036	.309	.06171	.00043	.346	.07868	.00050
.273	.04753	.00037	.310	.06214	.00042	.347	.07918	.00050
.274	.04790	.00036	.311	.06256	.00043	.348	.07968	.00050
.275	.04826	.00037	.312	.06299	.00043	.349	.08018	.00050
.276	.04863	.00037	.313	.06342	.00044	.350	.08068	.00050
.277	.04900	.00037	.314	.06386	.00043	.351	.08118	.00051
.278	.04937	.00037	.315	.06429	.00044	.352	.08169	.00050
.279	.04974	.00038	.316	.06473	.00043	.353	.08219	.00051
.280	.05012	.00038	.317	.06516	.00044	.354	.08270	.00052
.281	.05050	.00037	.318	.06560	.00045	.355	.08322	.00051
.282	.05087	.00038	.319	.06605	.00044	.356	.08373	.00051
.283	.05125	.00039	.320	.06649	.00045	.357	.08424	.00052
.284	.05164	.00038	.321	.06694	.00044	.358	.08476	.00052
.285	.05202	.00038	.322	.06738	.00045	.359	.08528	.00053
.286	.05240	.00039	.323	.06783	.00045	.360	.08580	.00052
.287	.05279	.00039	.324	.06828	.00046	.361	.08633	.00053
.288	.05318	.00038	.325	.06874	.00045	.362	.08686	.00052
.289	.05356	.00040	.326	.06919	.00046	.363	.08738	.00054
.290	.05396		.327	.06965		.364	.08792	

TABLA 2.7 (cont.) **

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.364	.08792	.00053	.401	.1091	.0007	.438	.1338	.0007
.365	.08845	.00053	.402	.1098	.0006	.439	.1345	.0007
.366	.08898	.00054	.403	.1104	.0006	.440	.1352	.0008
.367	.08952	.00054	.404	.1110	.0006	.441	.1360	.0007
.368	.09006	.00054	.405	.1116	.0007	.442	.1367	.0007
.369	.09060	.00054	.406	.1123	.0006	.443	.1374	.0007
.370	.09114	.00055	.407	.1129	.0006	.444	.1381	.0008
.371	.09169	.00055	.408	.1135	.0007	.445	.1389	.0007
.372	.09224	.00055	.409	.1142	.0006	.446	.1396	.0008
.373	.09279	.00055	.410	.1148	.0006	.447	.1404	.0007
.374	.09334	.00056	.411	.1154	.0007	.448	.1411	.0008
.375	.09390	.00055	.412	.1161	.0006	.449	.1419	.0007
.376	.09445	.00056	.413	.1167	.0007	.450	.1426	.0008
.377	.09501	.00056	.414	.1174	.0006	.451	.1434	.0007
.378	.09557	.00057	.415	.1180	.0007	.452	.1441	.0008
.379	.09614	.00056	.416	.1187	.0006	.453	.1449	.0008
.380	.09670	.00057	.417	.1193	.0007	.454	.1457	.0007
.381	.09727	.00057	.418	.1200	.0007	.455	.1464	.0008
.382	.09784	.00058	.419	.1207	.0006	.456	.1472	.0008
.383	.09842	.00057	.420	.1213	.0007	.457	.1480	.0007
.384	.09899	.00058	.421	.1220	.0007	.458	.1487	.0008
.385	.09957	.00053	.422	.1227	.0006	.459	.1495	.0008
.386	.1001	.0006	.423	.1233	.0007	.460	.1503	.0008
.387	.1007	.0006	.424	.1240	.0007	.461	.1511	.0008
.388	.1013	.0006	.425	.1247	.0007	.462	.1519	.0007
.389	.1019	.0005	.426	.1254	.0007	.463	.1526	.0009
.390	.1024	.0007	.427	.1261	.0007	.464	.1535	.0008
.391	.1031	.0006	.428	.1268	.0006	.465	.1543	.0008
.392	.1037	.0006	.429	.1274	.0007	.466	.1551	.0008
.393	.1043	.0006	.430	.1281	.0007	.467	.1559	.0008
.394	.1049	.0006	.431	.1288	.0007	.468	.1567	.0008
.395	.1055	.0006	.432	.1295	.0007	.469	.1575	.0008
.396	.1061	.0006	.433	.1302	.0007	.470	.1583	.0009
.397	.1067	.0006	.434	.1309	.0007	.471	.1592	.0008
.398	.1073	.0006	.435	.1316	.0008	.472	.1600	.0008
.399	.1079	.0006	.436	.1324	.0007	.473	.1608	.0008
.400	.1085	.0006	.437	.1331	.0007	.474	.1616	.0009
.401	.1091	.0006	.438	.1338	.0007	.475	.1625	.0009

TABLA 2.7 (cont.) ***

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.475	.1625	.0008	.512	.1959	.0010	.549	.2350	.0012
.476	.1633	.0009	.513	.1969	.0010	.550	.2362	.0011
.477	.1642	.0008	.514	.1979	.0010	.551	.2373	.0011
.478	.1650	.0008	.515	.1989	.0010	.552	.2385	.0011
.479	.1658	.0009	.516	.1999	.0009	.553	.2396	.0012
.480	.1667	.0009	.517	.2008	.0010	.554	.2408	.0012
.481	.1676	.0008	.518	.2018	.0011	.555	.2420	.0011
.482	.1684	.0009	.519	.2029	.0010	.556	.2431	.0012
.483	.1693	.0008	.520	.2039	.0010	.557	.2443	.0012
.484	.1701	.0009	.521	.2049	.0010	.558	.2455	.0012
.485	.1710	.0009	.522	.2059	.0010	.559	.2467	.0012
.486	.1719	.0009	.523	.2069	.0010	.560	.2479	.0012
.487	.1728	.0008	.524	.2079	.0011	.561	.2491	.0012
.488	.1736	.0009	.525	.2090	.0010	.562	.2503	.0012
.489	.1745	.0009	.526	.2100	.0010	.563	.2515	.0012
.490	.1754	.0009	.527	.2110	.0011	.564	.2527	.0012
.491	.1763	.0009	.528	.2121	.0010	.565	.2539	.0013
.492	.1772	.0009	.529	.2131	.0011	.566	.2552	.0012
.493	.1781	.0009	.530	.2142	.0010	.567	.2564	.0012
.494	.1790	.0009	.531	.2152	.0011	.568	.2576	.0013
.495	.1799	.0009	.532	.2163	.0011	.569	.2589	.0012
.496	.1808	.0009	.533	.2174	.0010	.570	.2601	.0013
.497	.1817	.0009	.534	.2184	.0011	.571	.2614	.0012
.498	.1826	.0010	.535	.2195	.0011	.572	.2626	.0013
.499	.1836	.0009	.536	.2206	.0011	.573	.2639	.0013
.500	.1845	.0009	.537	.2217	.0010	.574	.2652	.0012
.501	.1854	.0010	.538	.2227	.0011	.575	.2664	.0013
.502	.1864	.0009	.539	.2238	.0011	.576	.2677	.0013
.503	.1873	.0009	.540	.2249	.0011	.577	.2690	.0013
.504	.1882	.0010	.541	.2260	.0011	.578	.2703	.0014
.505	.1892	.0009	.542	.2271	.0012	.579	.2716	.0013
.506	.1901	.0010	.543	.2283	.0011	.580	.2729	.0013
.507	.1911	.0009	.544	.2294	.0011	.581	.2742	.0013
.508	.1920	.0010	.545	.2305	.0011	.582	.2755	.0013
.509	.1930	.0010	.546	.2316	.0011	.583	.2768	.0014
.510	.1940	.0009	.547	.2327	.0012	.584	.2782	.0013
.511	.1949	.0010	.548	.2339	.0011	.585	.2795	.0013
.512	.1959		.549	.2350		.586	.2808	

TABLA 2.7 (cont.) ****

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.586	.2808	.0014	.624	.3361	.0016	.662	.4013	.0019
.587	.2822	.0013	.625	.3377	.0016	.663	.4032	.0019
.588	.2835	.0014	.626	.3393	.0016	.664	.4051	.0019
.589	.2849	.0013	.627	.3409	.0016	.665	.4070	.0019
.590	.2862	.0014	.628	.3425	.0016	.666	.4089	.0019
.591	.2876	.0014	.629	.3441	.0016	.667	.4108	.0019
.592	.2890	.0013	.630	.3457	.0016	.668	.4127	.0019
.593	.2903	.0014	.631	.3473	.0016	.669	.4146	.0019
.594	.2917	.0014	.632	.3490	.0016	.670	.4165	.0019
.595	.2931	.0014	.633	.3506	.0016	.671	.4184	.0019
.596	.2945	.0014	.634	.3523	.0016	.672	.4204	.0019
.597	.2959	.0014	.635	.3539	.0016	.673	.4223	.0019
.598	.2973	.0014	.636	.3556	.0016	.674	.4243	.0019
.599	.2987	.0015	.637	.3572	.0016	.675	.4262	.0019
.600	.3002	.0014	.638	.3589	.0016	.676	.4282	.0019
.601	.3016	.0014	.639	.3606	.0016	.677	.4302	.0019
.602	.3030	.0014	.640	.3623	.0016	.678	.4322	.0019
.603	.3044	.0015	.641	.3640	.0016	.679	.4342	.0019
.604	.3059	.0014	.642	.3657	.0016	.680	.4362	.0019
.605	.3073	.0015	.643	.3674	.0016	.681	.4382	.0019
.606	.3088	.0015	.644	.3691	.0016	.682	.4402	.0019
.607	.3103	.0014	.645	.3708	.0016	.683	.4423	.0019
.608	.3117	.0015	.646	.3726	.0016	.684	.4443	.0019
.609	.3132	.0015	.647	.3743	.0016	.685	.4464	.0019
.610	.3147	.0015	.648	.3761	.0016	.686	.4484	.0019
.611	.3162	.0015	.649	.3778	.0016	.687	.4505	.0019
.612	.3177	.0015	.650	.3796	.0016	.688	.4526	.0019
.613	.3192	.0015	.651	.3813	.0016	.689	.4547	.0019
.614	.3207	.0015	.652	.3831	.0016	.690	.4568	.0019
.615	.3222	.0015	.653	.3849	.0016	.691	.4589	.0019
.616	.3237	.0015	.654	.3867	.0016	.692	.4610	.0019
.617	.3252	.0016	.655	.3885	.0016	.693	.4631	.0019
.618	.3268	.0015	.656	.3903	.0016	.694	.4652	.0019
.619	.3283	.0016	.657	.3921	.0019	.695	.4674	.0019
.620	.3299	.0015	.658	.3940	.0018	.696	.4695	.0019
.621	.3314	.0016	.659	.3958	.0018	.697	.4717	.0019
.622	.3330	.0016	.660	.3976	.0019	.698	.4739	.0019
.623	.3346	.0015	.661	.3995	.0018	.699	.4760	.0019
.624	.3361		.662	.4013		.700	.4782	

TABLA 2.7 (conclusión)

$$S = 0.98 \sqrt{\frac{1}{(D^2/d^2) - 1}} = 0.98 \sqrt{\frac{\beta^4}{1 - \beta^4}}$$

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.300	.08858	.00059	.333	.1093	.0007	.366	.1325	
.301	.08917	.00060	.334	.1100	.0007	.367	.1332	.0007
.302	.08977	.00059	.335	.1107	.0006	.368	.1339	.0008
.303	.09036	.00057	.336	.1113	.0007	.369	.1347	.0007
.304	.09093	.00063	.337	.1120	.0007	.370	.1354	.0007
.305	.09156	.00063	.338	.1127	.0007	.371	.1361	.0008
.306	.09219	.00058	.339	.1134	.0006	.372	.1369	.0008
.307	.09277	.00061	.340	.1140	.0007	.373	.1377	.0007
.308	.09338	.00062	.341	.1147	.0007	.374	.1384	.0008
.309	.09400	.00066	.342	.1154	.0007	.375	.1392	.0008
.310	.09466	.00056	.343	.1161	.0007	.376	.1400	.0007
.311	.09522	.00065	.344	.1168	.0007	.377	.1407	.0008
.312	.09587	.00060	.345	.1175	.0007	.378	.1415	.0007
.313	.09647	.00065	.346	.1182	.0006	.379	.1422	.0008
.314	.09712	.00064	.347	.1188	.0008	.380	.1430	.0005
.315	.09776	.00058	.348	.1196	.0007	.381	.1438	.0007
.316	.09834	.00064	.349	.1203	.0007	.382	.1445	.0008
.317	.09898	.00068	.350	.1210	.0007	.383	.1453	.0008
.318	.09966	.00064	.351	.1217	.0007	.384	.1461	.0008
.319	.1003	.0006	.352	.1224	.0007	.385	.1469	.0008
.320	.1009	.0006	.353	.1231	.0007	.386	.1477	.0007
.321	.1015	.0007	.354	.1238	.0007	.387	.1484	.0008
.322	.1022	.0006	.355	.1245	.0007	.388	.1492	.0008
.323	.1028	.0006	.356	.1252	.0007	.389	.1500	.0008
.324	.1034	.0007	.357	.1259	.0007	.390	.1508	.0008
.325	.1041	.0007	.358	.1266	.0008	.391	.1516	.0008
.326	.1048	.0006	.359	.1274	.0007	.392	.1524	.0008
.327	.1054	.0006	.360	.1281	.0007	.393	.1532	.0008
.328	.1060	.0007	.361	.1288	.0007	.394	.1540	.0008
.329	.1067	.0006	.362	.1295	.0008	.395	.1548	.0008
.330	.1073	.0007	.363	.1303	.0007	.396	.1556	.0008
.331	.1080	.0007	.364	.1310	.0007	.397	.1564	.0008
.332	.1087	.0006	.365	.1317	.0008	.398	.1572	.0008
.333	.1093		.366	.1325		.399	.1580	

Valores de S para Toberas de
flujo ó Tubos Venturi.

TABLA 2.8

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.399	.1580	.0008	.436	.1898	.0009	.473	.2250	.0009
.400	.1588	.0009	.437	.1907	.0009	.474	.2259	.0011
.401	.1597	.0008	.438	.1916	.0009	.475	.2270	.0010
.402	.1605	.0008	.439	.1925	.0009	.476	.2280	.0010
.403	.1613	.0008	.440	.1934	.0009	.477	.2290	.0010
.404	.1621	.0009	.441	.1943	.0009	.478	.2300	.0010
.405	.1630	.0008	.442	.1952	.0009	.479	.2310	.0010
.406	.1638	.0008	.443	.1961	.0009	.480	.2320	.0011
.407	.1646	.0008	.444	.1970	.0010	.481	.2331	.0010
.408	.1654	.0009	.445	.1980	.0009	.482	.2341	.0010
.409	.1663	.0008	.446	.1989	.0009	.483	.2351	.0011
.410	.1671	.0009	.447	.1998	.0010	.484	.2362	.0010
.411	.1680	.0008	.448	.2008	.0009	.485	.2372	.0010
.412	.1688	.0008	.449	.2017	.0009	.486	.2382	.0010
.413	.1696	.0009	.450	.2026	.0010	.487	.2392	.0011
.414	.1705	.0008	.451	.2036	.0009	.488	.2403	.0010
.415	.1713	.0009	.452	.2045	.0010	.489	.2413	.0011
.416	.1722	.0008	.453	.2055	.0010	.490	.2424	.0010
.417	.1730	.0009	.454	.2065	.0009	.491	.2434	.0011
.418	.1739	.0009	.455	.2074	.0009	.492	.2445	.0010
.419	.1748	.0008	.456	.2083	.0010	.493	.2455	.0011
.420	.1756	.0009	.457	.2093	.0010	.494	.2466	.0011
.421	.1765	.0009	.458	.2103	.0009	.495	.2477	.0011
.422	.1774	.0008	.459	.2112	.0010	.496	.2488	.0010
.423	.1782	.0009	.460	.2122	.0009	.497	.2498	.0011
.424	.1791	.0009	.461	.2131	.0010	.498	.2509	.0011
.425	.1800	.0008	.462	.2141	.0010	.499	.2520	.0010
.426	.1808	.0009	.463	.2151	.0009	.500	.2530	.0011
.427	.1817	.0009	.464	.2160	.0010	.501	.2541	.0011
.428	.1826	.0009	.465	.2170	.0010	.502	.2552	.0011
.429	.1835	.0009	.466	.2180	.0010	.503	.2563	.0011
.430	.1844	.0009	.467	.2190	.0010	.504	.2574	.0011
.431	.1853	.0008	.468	.2200	.0010	.505	.2585	.0011
.432	.1862	.0008	.469	.2210	.0010	.506	.2596	.0010
.433	.1870	.0009	.470	.2220	.0010	.507	.2606	.0012
.434	.1879	.0010	.471	.2230	.0010	.508	.2618	.0011
.435	.1889	.0009	.472	.2240	.0010	.509	.2629	.0011
.436	.1898	.0009	.473	.2250	.0010	.510	.2640	.0011

TABLA 2,8 (cont.) *

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.510	.2640	.0011	.547	.3073	.0012	.584	.3555	.0014
.511	.2651	.0011	.548	.3085	.0013	.585	.3569	.0014
.512	.2662	.0011	.549	.3098	.0012	.586	.3583	.0014
.513	.2673	.0011	.550	.3110	.0012	.587	.3597	.0014
.514	.2684	.0011	.551	.3122	.0013	.588	.3610	.0013
.515	.2695	.0012	.552	.3135	.0013	.589	.3624	.0014
.516	.2707	.0011	.553	.3148	.0012	.590	.3639	.0015
.517	.2718	.0012	.554	.3160	.0013	.591	.3653	.0014
.518	.2730	.0010	.555	.3173	.0012	.592	.3667	.0014
.519	.2740	.0012	.556	.3185	.0013	.593	.3681	.0011
.520	.2752	.0012	.557	.3198	.0012	.594	.3695	.0015
.521	.2764	.0011	.558	.3210	.0014	.595	.3710	.0014
.522	.2775	.0012	.559	.3224	.0012	.596	.3724	.0014
.523	.2787	.0011	.560	.3236	.0013	.597	.3738	.0014
.524	.2798	.0012	.561	.3249	.0012	.598	.3752	.0015
.525	.2810	.0012	.562	.3261	.0014	.599	.3767	.0014
.526	.2822	.0011	.563	.3275	.0013	.600	.3781	.0015
.527	.2833	.0012	.564	.3288	.0013	.601	.3796	.0015
.528	.2845	.0011	.565	.3301	.0013	.602	.3810	.0015
.529	.2856	.0012	.566	.3314	.0013	.603	.3825	.0015
.530	.2868	.0011	.567	.3327	.0013	.604	.3840	.0015
.531	.2879	.0012	.568	.3340	.0013	.605	.3855	.0014
.532	.2891	.0013	.569	.3353	.0014	.606	.3869	.0015
.533	.2904	.0012	.570	.3367	.0012	.607	.3884	.0014
.534	.2916	.0011	.571	.3379	.0014	.608	.3898	.0016
.535	.2927	.0013	.572	.3393	.0013	.609	.3914	.0015
.536	.2940	.0011	.573	.3406	.0014	.610	.3929	.0015
.537	.2951	.0012	.574	.3420	.0013	.611	.3944	.0015
.538	.2963	.0012	.575	.3433	.0014	.612	.3959	.0015
.539	.2975	.0012	.576	.3447	.0012	.613	.3974	.0015
.540	.2987	.0013	.577	.3459	.0014	.614	.3989	.0015
.541	.3000	.0012	.578	.3473	.0014	.615	.4004	.0015
.542	.3012	.0012	.579	.3487	.0014	.616	.4019	.0015
.543	.3024	.0012	.580	.3501	.0013	.617	.4034	.0015
.544	.3036	.0012	.581	.3514	.0014	.618	.4049	.0016
.545	.3048	.0013	.582	.3528	.0013	.619	.4065	.0015
.546	.3061	.0012	.583	.3541	.0014	.620	.4080	.0016
.547	.3073		.584	.3555		.621	.4096	

TABLA 2.8 (cont.) **

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.621	.4096		.658	.4707		.695	.5406	
.622	.4112	.0016	.659	.4725	.0018	.696	.5426	.0020
.623	.4127	.0015	.660	.4742	.0017	.697	.5447	.0021
.624	.4143	.0016	.661	.4760	.0018	.698	.5467	.0020
.625	.4159	.0016	.662	.4778	.0018	.699	.5488	.0021
.626	.4174	.0015	.663	.4796	.0018	.700	.5509	.0021
.627	.4190	.0016	.664	.4814	.0018	.701	.5529	.0020
.628	.4206	.0016	.665	.4831	.0017	.702	.5550	.0021
.629	.4222	.0016	.666	.4850	.0019	.703	.5571	.0021
.630	.4238	.0016	.667	.4868	.0018	.704	.5592	.0021
.631	.4254	.0016	.668	.4886	.0018	.705	.5613	.0021
.632	.4269	.0015	.669	.4905	.0019	.706	.5634	.0021
.633	.4286	.0017	.670	.4923	.0018	.707	.5656	.0022
.634	.4302	.0016	.671	.4942	.0019	.708	.5676	.0020
.635	.4318	.0016	.672	.4960	.0018	.709	.5699	.0023
.636	.4334	.0016	.673	.4979	.0019	.710	.5720	.0021
.637	.4351	.0017	.674	.4997	.0018	.711	.5741	.0031
.638	.4367	.0016	.675	.5016	.0019	.712	.5764	.0033
.639	.4384	.0017	.676	.5035	.0019	.713	.5785	.0021
.640	.4400	.0016	.677	.5053	.0018	.714	.5807	.0022
.641	.4417	.0017	.678	.5072	.0019	.715	.5829	.0022
.642	.4433	.0016	.679	.5091	.0019	.716	.5851	.0022
.643	.4450	.0017	.680	.5111	.0020	.717	.5874	.0023
.644	.4466	.0016	.681	.5130	.0019	.718	.5896	.0022
.645	.4484	.0018	.682	.5149	.0019	.719	.5918	.0032
.646	.4500	.0016	.683	.5168	.0019	.720	.5941	.0023
.647	.4517	.0017	.684	.5188	.0020	.721	.5963	.0022
.648	.4534	.0017	.685	.5207	.0019	.722	.5986	.0023
.649	.4551	.0017	.686	.5227	.0020	.723	.6009	.0023
.650	.4568	.0017	.687	.5246	.0019	.724	.6032	.0023
.651	.4584	.0016	.688	.5266	.0020	.725	.6054	.0022
.652	.4602	.0018	.689	.5286	.0020	.726	.6078	.0024
.653	.4619	.0017	.690	.5306	.0020	.727	.6101	.0023
.654	.4637	.0018	.691	.5326	.0020	.728	.6125	.0024
.655	.4655	.0018	.692	.5346	.0020	.729	.6148	.0023
.656	.4672	.0017	.693	.5366	.0020	.730	.6172	.0024
.657	.4689	.0017	.694	.5386	.0020	.731	.6195	.0023
.658	.4707	.0018	.695	.5406	.0020	.732	.6219	.0024

TABLA 2.8 (cont.) ***

d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.	d/D	S	Diff.
.732	.6219	.0024	.738	.6364	.0025	.744	.6514	.0025
.733	.6243	.0024	.739	.6389	.0025	.745	.6539	.0025
.734	.6267	.0024	.740	.6414	.0024	.746	.6564	.0026
.735	.6291	.0025	.741	.6438	.0025	.747	.6590	.0025
.736	.6316	.0024	.742	.6463	.0025	.748	.6615	.0025
.737	.6340	.0024	.743	.6488	.0026	.749	.6640	.0027
.738	.6364		.744	.6514		.750	.6667	

TABLA 2.8 (CONCL.) ****

$\beta = \frac{d}{D}$	S	$\frac{r}{D}$	$\beta = \frac{d}{D}$	S	$\frac{r}{D}$	$\beta = \frac{d}{D}$	S	$\frac{r}{D}$	$\beta = \frac{d}{D}$	S	$\frac{r}{D}$
.20	.0305	.0198	.31	.0748	.0325	.42	.1407	.0492	.53	.237	.0781
	.0321	.0203		.0773	.0331		.1443	.0501		.243	.0801
.21	.0338	.0209	.32	.0798	.0338	.43	.1480	.0511	.54	.248	.0822
	.0355	.0214		.0824	.0344		.1518	.0520		.254	.0845
.22	.0372	.0220	.33	.0850	.0351	.44	.1556	.0530	.55	.260	.0869
	.0390	.0225		.0877	.0358		.1595	.0540		.266	.0895
.23	.0408	.0231	.34	.0904	.0364	.45	.1635	.0550	.56	.272	.0922
	.0426	.0236		.0931	.0371		.1675	.0561		.279	.0950
.24	.0445	.0242	.35	.0959	.0378	.46	.1716	.0572	.57	.285	.0980
	.0464	.0247		.0987	.0385		.1758	.0583		.292	.101
.25	.0484	.0253	.36	.1016	.0392	.47	.1801	.0595	.58	.298	.104
	.0504	.0259		.1045	.0400		.1844	.0607		.305	.108
.26	.0524	.0264	.37	.1075	.0407	.48	.1888	.0619	.59	.312	.113
	.0545	.0270		.1106	.0415		.1933	.0632		.319	.119
.27	.0566	.0276	.38	.1137	.0423	.49	.1978	.0646	.60	.326	.125
	.0587	.0282		.1169	.0431		.2024	.0660		.333	.132
.28	.0609	.0288	.39	.1201	.0439	.50	.2070	.0675	.61	.341	.141
	.0631	.0294		.1234	.0448		.212	.0691		.348	.152
.29	.0654	.0300	.40	.1267	.0456	.51	.217	.0708	.62	.356	.164
	.0677	.0306		.1301	.0465		.222	.0725		.364	.178
.30	.0700	.0312	.41	.1336	.0474	.52	.227	.0743	.63	.372	.192
	.0724	.0318		.1371	.0483		.232	.0762		.380	.205

Valores de S para orificios de borde cuadrante.

TABLA 2.9

<i>d/D</i>	<i>S</i>	<i>d/D</i>	<i>S</i>	<i>d/D</i>	<i>S</i>
.35	.1048	.51	.2183	.67	.3873
.36	.1106	.52	.2268	.68	.4005
.37	.1167	.53	.2356	.69	.4147
.38	.1228	.54	.2446	.70	.4289
.39	.1292	.55	.2539	.71	.4442
.40	.1356	.56	.2634	.72	.4595
.41	.1423	.57	.2733	.73	.4761
.42	.1492	.58	.2832	.74	.4930
.43	.1561	.59	.2933	.75	.5111
.44	.1632	.60	.3041	.76	.5298
.45	.1705	.61	.3149	.77	.5493
.46	.1781	.62	.3260	.78	.5702
.47	.1857	.63	.3375	.79	.5919
.48	.1936	.64	.3493	.80	.6153
.49	.2016	.65	.3617	.81	.6401
.50	.2098	.66	.3741	.82	.6666

Valores de *S* para tubos
de Baja Pérdida de Presión.

TABLA 2.10

FACTORES PARA COEFICIENTES DE CONVERSION

UNIDADES DE VOLUMEN

 k_s

Tiempo	Ft ³	Gal. U. S.	Gal. Imp.
Segundo	0.00003713	0.0002728	0.0002312
Minuto	0.002228	0.01667	0.01388
Hora	0.1337	1.000	0.8327
Dia	3.208	24.000	19.98

Tiempo	Barriles (42 Gal.)	Barriles (50 Gal.)
Segundo	0.000006614	0.00000556
Minuto	0.0003968	0.0003333
Hora	0.02381	0.0200
Dia	0.5714	0.4800

UNIDADES DE MASA

Tiempo	Libras	Toneladas
Segundo	0.002317	0.000001158
Minuto	0.13878	0.00006938
Hora	8.340	0.004169
Dia	200.100	0.100050

$$C_w = 340.0SD^2$$

Orifice <i>d</i>	Pipe Size						
	2.067"	3.068"	4.026"	6.065"	8.071"	10.136"	12.090"
.125	3.180						
.250	12.73	12.72	12.72				
.375	28.69	28.65	28.64	28.62			
.500	51.12	50.98	50.94	50.90	50.88		
.625	80.17	79.75	79.64	79.56	79.52	79.50	79.48
.750	116.2	115.0	114.8	114.6	114.5	114.5	114.5
.875	159.8	156.9	156.4	156.1	156.0	155.9	155.9
1.000	212.1	205.7	204.5	203.9	203.8	203.7	203.6
1.125	274.8	261.5	259.3	258.2	258.0	257.8	257.7
1.250	350.6	325.0	320.9	319.0	318.6	318.4	318.2
1.375	443.5	396.8	389.4	386.3	385.6	385.3	385.2
1.500	558.9	477.8	465.3	460.2	459.1	458.6	458.4
1.625	704.3	569.6	548.9	540.6	539.1	538.5	538.1
1.750		673.6	640.7	627.8	625.6	624.7	624.3
1.875		792.2	741.4	722.0	718.5	717.3	716.8
2.000		928.2	851.9	822.9	818.1	816.5	815.7
2.125		1085.	973.3	931.2	924.3	922.1	921.2
2.250		1268.	1107.	1047.	1037.	1034.	1033.
2.375		1482.	1254.	1170.	1157.	1153.	1151.
2.500			1418.	1301.	1283.	1278.	1276.
2.625			1599.	1441.	1417.	1410.	1407.
2.750			1802.	1589.	1558.	1549.	1545.
2.875			2029.	1747.	1706.	1694.	1690.
3.000			2284.	1915.	1861.	1846.	1841.
3.125			2572.	2094.	2024.	2005.	1998.
3.250				2284.	2195.	2171.	2163.
3.375				2487.	2374.	2344.	2334.
3.500				2704.	2562.	2525.	2512.
3.625				2936.	2759.	2712.	2696.
3.750				3184.	2965.	2907.	2888.
3.875				3450.	3180.	3110.	3086.
4.000				3736.	3406.	3320.	3292.
4.250				4375.	3891.	3766.	3725.
4.500				5120.	4425.	4246.	4188.
4.750				5994.	5013.	4762.	4681.
5.000					5664.	5318.	5207.
5.250					6389.	5916.	5766.
5.500					7196.	6563.	6360.
5.750					8101.	7260.	6993.
6.000					9118.	8014.	7666.
6.250					10260.	8834.	8382.
6.500						9724.	9144.
6.750						10690.	9959.
7.000						11760.	10830.
7.250						12920.	11760.
7.500						14190.	12750.
7.750						15590.	13820.
8.000						17140.	14970.
8.250							16210.
8.500							17540.
8.750							18980.

TOMAS DE BRIDA

Valores de la constante C_w para
flujo de agua a 60 °F en GPH.

TABLA 2.12

VALORES DE C_{wi} PARA ORIFICIO INTEGRAL

DIAMETRO DEL ORIFICIO (pulgadas)	C_{wi}
.020	.121
.034	.356
.0595	1.062
.0995	2.77
.159	6.72
.250	17.30

TABLA 2.13

VALORES DE $G_J^{1/2}$

G_J	$\sqrt{G_J}$	G_J	$\sqrt{G_J}$	G_J	$\sqrt{G_J}$	G_J	$\sqrt{G_J}$
.3963	.630	.4442	.667	.4949	.704	.5483	.741
.3975	.631	.4456	.668	.4963	.705	.5498	.742
.3988	.632	.4469	.669	.4977	.706	.5513	.743
.4001	.633	.4482	.670	.4991	.707	.5528	.744
.4013	.634	.4496	.671	.5006	.708	.5543	.745
.4026	.635	.4509	.672	.5020	.709	.5558	.746
.4039	.636	.4523	.673	.5034	.710	.5573	.747
.4051	.637	.4536	.674	.5048	.711	.5588	.748
.4064	.638	.4550	.675	.5062	.712	.5603	.749
.4077	.639	.4563	.676	.5077	.713	.5618	.750
.4090	.640	.4577	.677	.5091	.714	.5633	.751
.4102	.641	.4590	.678	.5105	.715	.5648	.752
.4115	.642	.4604	.679	.5119	.716	.5663	.753
.4128	.643	.4617	.680	.5134	.717	.5678	.754
.4141	.644	.4631	.681	.5148	.718	.5693	.755
.4154	.645	.4644	.682	.5162	.719	.5708	.756
.4167	.646	.4658	.683	.5177	.720	.5723	.757
.4180	.647	.4672	.684	.5191	.721	.5738	.758
.4193	.648	.4685	.685	.5206	.722	.5753	.759
.4206	.649	.4699	.686	.5220	.723	.5768	.760
.4219	.650	.4713	.687	.5235	.724	.5784	.761
.4232	.651	.4727	.688	.5249	.725	.5799	.762
.4245	.652	.4740	.689	.5264	.726	.5814	.763
.4258	.653	.4754	.690	.5278	.727	.5829	.764
.4271	.654	.4768	.691	.5293	.728	.5845	.765
.4284	.655	.4782	.692	.5307	.729	.5860	.766
.4297	.656	.4796	.693	.5322	.730	.5875	.767
.4310	.657	.4809	.694	.5336	.731	.5891	.768
.4323	.658	.4823	.695	.5351	.732	.5906	.769
.4336	.659	.4837	.696	.5366	.733	.5921	.770
.4349	.660	.4851	.697	.5380	.734	.5937	.771
.4363	.661	.4865	.698	.5395	.735	.5952	.772
.4376	.662	.4879	.699	.5410	.736	.5968	.773
.4389	.663	.4893	.700	.5424	.737	.5983	.774
.4402	.664	.4907	.701	.5439	.738	.5999	.775
.4416	.665	.4921	.702	.5454	.739	.6014	.776
.4429	.666	.4935	.703	.5469	.740	.6030	.777
.4442		.4949		.5483		.6045	

TABLA 2.14

G_j	$\sqrt{G_j}$	G_j	$\sqrt{G_j}$	G_j	$\sqrt{G_j}$	G_j	$\sqrt{G_j}$
.6045		.6634	.815	.7251	.852	.7894	.889
.6061	.778	.6650	.816	.7268	.853	.7912	.890
.6076	.779	.6667	.817	.7285	.854	.7930	.891
.6092	.780	.6683	.817	.7302	.854	.7948	.891
.6107	.781	.6699	.818	.7319	.855	.7966	.892
.6123	.782	.6716	.819	.7336	.856	.7983	.893
.6139	.783	.6732	.820	.7353	.857	.8001	.894
.6154	.784	.6749	.821	.7370	.858	.8019	.895
.6170	.785	.6765	.822	.7387	.859	.8037	.896
.6186	.786	.6782	.823	.7405	.860	.8055	.897
.6202	.787	.6798	.824	.7422	.861	.8073	.898
.6217	.788	.6815	.825	.7439	.862	.8091	.899
.6233	.789	.6831	.826	.7456	.863	.8109	.900
.6249	.790	.6848	.827	.7474	.864	.8127	.901
.6265	.791	.6864	.828	.7491	.865	.8145	.902
.6281	.792	.6881	.829	.7508	.866	.8163	.903
.6296	.793	.6897	.830	.7526	.867	.8181	.904
.6312	.794	.6914	.831	.7543	.868	.8199	.905
.6328	.795	.6931	.832	.7560	.869	.8217	.906
.6344	.796	.6947	.833	.7578	.870	.8236	.907
.6360	.797	.6964	.834	.7595	.871	.8254	.908
.6376	.798	.6981	.835	.7613	.872	.8272	.909
.6392	.799	.6997	.836	.7630	.873	.8290	.910
.6408	.800	.7014	.837	.7648	.874	.8308	.911
.6424	.801	.7031	.838	.7665	.875	.8327	.912
.6440	.802	.7048	.839	.7683	.876	.8345	.913
.6456	.803	.7064	.840	.7700	.877	.8363	.914
.6472	.804	.7081	.841	.7718	.878	.8381	.915
.6488	.805	.7098	.842	.7735	.879	.8400	.916
.6504	.806	.7115	.843	.7753	.880	.8418	.917
.6521	.807	.7132	.844	.7770	.881	.8436	.918
.6537	.808	.7149	.845	.7788	.882	.8455	.919
.6553	.809	.7166	.846	.7806	.883	.8473	.920
.6569	.810	.7183	.847	.7823	.884	.8492	.921
.6585	.811	.7200	.848	.7841	.885	.8510	.922
.6602	.812	.7217	.849	.7859	.886	.8529	.923
.6618	.813	.7234	.850	.7877	.887	.8547	.924
.6634	.814	.7251	.851	.7894	.888	.8566	.925

TABLA 2.14 (cont.) *

G_i	$\sqrt{G_i}$	G_i	$\sqrt{G_i}$	G_i	$\sqrt{G_i}$	G_i	$\sqrt{G_i}$
.8566		.9264		.9990		1.1513	
.8566	.926	.9283	.963	1.0020	1.000	1.1556	1.074
.8584	.927	.9303	.964	1.0060	1.002	1.1599	1.076
.8603	.928	.9322	.965	1.0100	1.004	1.1642	1.078
.8621	.929	.9341	.966	1.0140	1.006	1.1686	1.080
.8640	.930	.9361	.967	1.0181	1.008	1.1729	1.082
.8658	.931	.9380	.968	1.0221	1.010	1.1772	1.084
.8677	.932	.9399	.969	1.0262	1.012	1.1816	1.086
.8696	.933	.9419	.970	1.0302	1.014	1.1859	1.088
.8714	.934	.9438	.971	1.0343	1.016	1.1903	1.090
.8733	.935	.9458	.972	1.0384	1.018	1.1946	1.092
.8752	.936	.9477	.973	1.0424	1.020	1.1990	1.094
.8770	.937	.9497	.974	1.0465	1.022	1.2034	1.096
.8789	.938	.9516	.975	1.0506	1.024	1.2078	1.098
.8808	.939	.9536	.976	1.0547	1.026	1.2122	1.100
.8827	.940	.9555	.977	1.0588	1.028	1.2166	1.102
.8845	.941	.9575	.978	1.0630	1.030	1.2210	1.104
.8864	.942	.9594	.979	1.0671	1.032	1.2254	1.106
.8883	.943	.9614	.980	1.0712	1.034	1.2299	1.108
.8902	.944	.9633	.981	1.0754	1.036	1.2343	1.110
.8921	.945	.9653	.982	1.0795	1.038	1.2388	1.112
.8940	.946	.9673	.983	1.0837	1.040	1.2432	1.114
.8959	.947	.9692	.984	1.0878	1.042	1.2477	1.116
.8978	.948	.9712	.985	1.0920	1.044	1.2522	1.118
.8997	.949	.9732	.986	1.0962	1.046	1.2566	1.120
.9016	.950	.9752	.987	1.1004	1.048	1.2611	1.122
.9035	.951	.9771	.988	1.1046	1.050	1.2656	1.124
.9054	.952	.9791	.989	1.1088	1.052	1.2701	1.126
.9073	.953	.9811	.990	1.1130	1.054	1.2746	1.128
.9092	.954	.9831	.991	1.1172	1.056	1.2792	1.130
.9111	.955	.9851	.992	1.1215	1.058	1.2837	1.132
.9130	.956	.9870	.993	1.1257	1.060	1.2882	1.134
.9149	.957	.9890	.994	1.1300	1.062	1.2928	1.136
.9168	.958	.9910	.995	1.1342	1.064	1.2973	1.138
.9187	.959	.9930	.996	1.1385	1.066	1.3019	1.140
.9206	.960	.9950	.997	1.1428	1.068	1.3064	1.142
.9226	.961	.9970	.998	1.1470	1.070	1.3110	1.144
.9245	.962	.9990	.999	1.1513	1.072	1.3156	1.146
.9264		.9990		1.1513		1.3156	

TABLA 2.14 (cont.) **

G_I	$\sqrt{G_I}$	G_I	$\sqrt{G_I}$	G_I	$\sqrt{G_I}$	G_I	$\sqrt{G_I}$
1.3156	1.148	1.4665	1.212	1.6256	1.276	1.7929	1.340
1.3202	1.150	1.4714	1.214	1.6307	1.278	1.7983	1.342
1.3248	1.152	1.4762	1.216	1.6358	1.280	1.8036	1.344
1.3294	1.154	1.4811	1.218	1.6410	1.282	1.8090	1.346
1.3340	1.156	1.4860	1.220	1.6461	1.284	1.8144	1.348
1.3386	1.158	1.4908	1.222	1.6512	1.286	1.8198	1.350
1.3433	1.160	1.4957	1.224	1.6564	1.288	1.8252	1.352
1.3479	1.162	1.5006	1.226	1.6615	1.290	1.8306	1.354
1.3526	1.164	1.5055	1.228	1.6667	1.292	1.8360	1.356
1.3572	1.166	1.5104	1.230	1.6718	1.294	1.8414	1.358
1.3619	1.168	1.5154	1.232	1.6770	1.296	1.8469	1.360
1.3666	1.170	1.5203	1.234	1.6822	1.298	1.8523	1.362
1.3712	1.172	1.5252	1.236	1.6874	1.300	1.8578	1.364
1.3759	1.174	1.5302	1.238	1.6926	1.302	1.8632	1.366
1.3806	1.176	1.5351	1.240	1.6978	1.304	1.8687	1.368
1.3853	1.178	1.5401	1.242	1.7030	1.306	1.8742	1.370
1.3900	1.180	1.5450	1.244	1.7082	1.308	1.8796	1.372
1.3948	1.182	1.5500	1.246	1.7135	1.310	1.8851	1.374
1.3995	1.184	1.5550	1.248	1.7187	1.312	1.8906	1.376
1.4042	1.186	1.5600	1.250	1.7240	1.314	1.8961	1.378
1.4090	1.188	1.5650	1.252	1.7292	1.316	1.9016	1.380
1.4137	1.190	1.5700	1.254	1.7345	1.318	1.9072	1.382
1.4185	1.192	1.5750	1.256	1.7398	1.320	1.9127	1.384
1.4232	1.194	1.5800	1.258	1.7450	1.322	1.9182	1.386
1.4280	1.196	1.5851	1.260	1.7503	1.324	1.9238	1.388
1.4328	1.198	1.5901	1.262	1.7556	1.326	1.9293	1.390
1.4376	1.200	1.5952	1.264	1.7609	1.328	1.9349	1.392
1.4424	1.202	1.6002	1.266	1.7662	1.330	1.9404	1.394
1.4472	1.204	1.6053	1.268	1.7716	1.332	1.9460	1.396
1.4520	1.206	1.6104	1.270	1.7769	1.334	1.9516	1.398
1.4568	1.208	1.6154	1.272	1.7822	1.336	1.9572	
1.4617	1.210	1.6205	1.274	1.7876	1.338		
1.4665		1.6256		1.7929			

TABLA 2.14 (conclusión)

FACTORES DE MANOMETRO - F_m

Specific Gravity G	Flowing Pressure, psig						
	0	500	1000	1500	2000	2500	3000
	Ambient Temperature = 0° F.						
.55	1.0000	.9989	.9976	.9960	.9943	.9930	.9921
.60	1.0000	.9988	.9972	.9952	.9932	.9919	.9910
.65	1.0000	.9987	.9967	.9941	.9920	.9908	.9900
.70	1.0000	.9985	.9961	.9927	.9907	.9896	.9890
.75	1.0000						
	Ambient Temperature = 40° F.						
.55	1.0000	.9992	.9978	.9967	.9954	.9942	.9932
.60	1.0000	.9991	.9976	.9962	.9946	.9933	.9923
.65	1.0000	.9990	.9975	.9955	.9937	.9923	.9913
.70	1.0000	.9989	.9973	.9947	.9926	.9912	.9903
.75	1.0000	.9988	.9971	.9937	.9915	.9902	.9893
	Ambient Temperature = 80° F.						
.55	1.0000	.9991	.9981	.9971	.9960	.9950	.9941
.60	1.0000	.9990	.9979	.9967	.9955	.9943	.9933
.65	1.0000	.9989	.9977	.9963	.9948	.9935	.9925
.70	1.0000	.9988	.9974	.9958	.9940	.9926	.9915
.75	1.0000	.9987	.9971	.9951	.9931	.9916	.9906
	Ambient Temperature = 120° F.						
.55	1.0000	.9992	.9983	.9974	.9965	.9956	.9948
.60	1.0000	.9991	.9981	.9971	.9960	.9950	.9941
.65	1.0000	.9990	.9979	.9967	.9955	.9944	.9934
.70	1.0000	.9989	.9977	.9963	.9950	.9937	.9926
.75	1.0000	.9988	.9975	.9959	.9943	.9929	.9918

TABLA 2.15

FACTORES DE SUPERCOMPRESIBILIDAD

$$\text{Supercompressibility Factors, } F_{ps} = \sqrt{1 + \frac{P_r \times 3.444 \times 10^4 \times 10^{1.760}}{T_r^{1.83}}}$$

These factors are applicable for temperatures of 60° to 64°F., inclusive.

Press Lbs./ Sq. In. Gauge	Specific Gravity									
	.560	.570	.580	.590	.600	.610	.620	.630	.640	.650
10	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001
20	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002
30	1.002	1.002	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003
40	1.003	1.003	1.003	1.003	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004
50	1.004	1.004	1.004	1.004	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.006
60	1.005	1.005	1.005	1.005	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006	1.007
70	1.005	1.006	1.006	1.006	1.006	1.007	1.007	1.007	1.007	1.008
80	1.006	1.006	1.006	1.006	1.007	1.007	1.007	1.008	1.008	1.008
90	1.007	1.007	1.007	1.007	1.008	1.008	1.008	1.009	1.009	1.009
100	1.007	1.008	1.008	1.008	1.009	1.009	1.009	1.010	1.010	1.010
110	1.008	1.008	1.009	1.009	1.010	1.010	1.010	1.011	1.011	1.011
120	1.009	1.009	1.010	1.010	1.010	1.011	1.011	1.012	1.012	1.012
130	1.009	1.010	1.010	1.011	1.011	1.012	1.012	1.013	1.013	1.013
140	1.010	1.011	1.011	1.012	1.012	1.013	1.013	1.014	1.014	1.014
150	1.011	1.011	1.012	1.012	1.013	1.013	1.014	1.014	1.015	1.015
160	1.012	1.012	1.013	1.013	1.014	1.014	1.015	1.015	1.016	1.016
170	1.012	1.013	1.013	1.014	1.014	1.015	1.015	1.016	1.017	1.017
180	1.013	1.013	1.014	1.015	1.015	1.016	1.016	1.017	1.018	1.019
190	1.014	1.014	1.015	1.015	1.016	1.016	1.017	1.018	1.019	1.020
200	1.014	1.015	1.016	1.016	1.017	1.017	1.018	1.019	1.020	1.021
210	1.015	1.015	1.016	1.017	1.018	1.018	1.019	1.020	1.021	1.022
220	1.016	1.016	1.017	1.017	1.018	1.019	1.020	1.021	1.022	1.023
230	1.016	1.017	1.018	1.018	1.019	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024
240	1.017	1.018	1.019	1.019	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024	1.025
250	1.018	1.018	1.019	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024	1.025	1.026
260	1.018	1.019	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024	1.025	1.026	1.027
270	1.019	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024	1.025	1.026	1.027	1.028
280	1.019	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024	1.025	1.027	1.028	1.029
290	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024	1.025	1.026	1.028	1.029	1.030
300	1.021	1.022	1.023	1.024	1.025	1.026	1.027	1.029	1.030	1.031
310	1.021	1.022	1.023	1.024	1.025	1.027	1.028	1.030	1.031	1.032
320	1.022	1.023	1.024	1.025	1.026	1.028	1.029	1.031	1.032	1.033
330	1.023	1.024	1.025	1.026	1.027	1.029	1.030	1.032	1.033	1.035
340	1.023	1.024	1.026	1.027	1.028	1.030	1.031	1.033	1.034	1.036
350	1.024	1.025	1.026	1.028	1.029	1.031	1.032	1.034	1.035	1.037
360	1.025	1.026	1.027	1.028	1.030	1.032	1.033	1.035	1.036	1.038
370	1.025	1.027	1.028	1.029	1.031	1.032	1.034	1.036	1.037	1.039
380	1.026	1.027	1.029	1.030	1.032	1.033	1.035	1.036	1.038	1.040
390	1.027	1.028	1.029	1.031	1.032	1.034	1.036	1.037	1.039	1.041
400	1.027	1.029	1.030	1.032	1.033	1.035	1.037	1.038	1.040	1.042
410	1.028	1.030	1.031	1.032	1.034	1.036	1.038	1.039	1.041	1.043
420	1.029	1.030	1.032	1.033	1.035	1.037	1.039	1.040	1.042	1.044
430	1.029	1.031	1.032	1.034	1.036	1.038	1.040	1.041	1.043	1.046
440	1.030	1.032	1.033	1.035	1.037	1.039	1.041	1.042	1.044	1.047
450	1.031	1.032	1.034	1.036	1.038	1.040	1.042	1.044	1.046	1.048
460	1.031	1.033	1.035	1.037	1.039	1.041	1.043	1.045	1.047	1.049
470	1.032	1.034	1.036	1.038	1.040	1.042	1.044	1.046	1.048	1.050
480	1.033	1.035	1.037	1.039	1.041	1.043	1.045	1.047	1.049	1.051
490	1.034	1.036	1.038	1.040	1.042	1.044	1.046	1.048	1.050	1.052
500	1.035	1.037	1.039	1.041	1.043	1.045	1.047	1.049	1.051	1.053

NOTA: NO INTERPOLAR.

TABLA 2.16

Supercompressibility Factors, $F_{pr} = \sqrt{1 + \frac{P_g \times 9.16 \times 10^8 \times 10^{1.186}}{T_g^{2.325}}}$

These factors are applicable for temperatures of 60° to 64° F., inclusive.

Press. Lbs./Sq. In. Gauge	Specific Gravity									
	.760	.770	.780	.790	.800	.810	.820	.830	.840	.850
10	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.003	1.003
20	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.005
30	1.005	1.005	1.005	1.005	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006
40	1.006	1.006	1.007	1.007	1.007	1.007	1.007	1.008	1.008	1.008
50	1.008	1.008	1.008	1.008	1.009	1.009	1.009	1.010	1.010	1.010
60	1.009	1.009	1.010	1.010	1.011	1.011	1.011	1.012	1.012	1.012
70	1.011	1.011	1.011	1.011	1.012	1.012	1.013	1.013	1.013	1.014
80	1.012	1.012	1.013	1.013	1.014	1.014	1.014	1.015	1.015	1.016
90	1.013	1.014	1.014	1.014	1.015	1.015	1.016	1.016	1.016	1.017
100	1.015	1.015	1.016	1.016	1.017	1.017	1.018	1.018	1.019	1.019
110	1.017	1.017	1.017	1.018	1.018	1.019	1.020	1.020	1.021	1.021
120	1.018	1.018	1.019	1.019	1.020	1.020	1.021	1.021	1.022	1.022
130	1.020	1.020	1.021	1.021	1.022	1.022	1.023	1.023	1.024	1.024
140	1.021	1.022	1.022	1.023	1.023	1.024	1.024	1.025	1.026	1.026
150	1.023	1.023	1.024	1.024	1.025	1.025	1.026	1.027	1.028	1.028
160	1.024	1.025	1.025	1.026	1.026	1.027	1.028	1.029	1.030	1.030
170	1.026	1.026	1.027	1.027	1.028	1.029	1.030	1.031	1.032	1.032
180	1.027	1.028	1.029	1.029	1.030	1.031	1.032	1.033	1.034	1.035
190	1.028	1.029	1.030	1.031	1.031	1.032	1.033	1.035	1.036	1.037
200	1.030	1.031	1.032	1.033	1.033	1.034	1.035	1.037	1.038	1.039
210	1.032	1.032	1.033	1.034	1.035	1.035	1.037	1.038	1.039	1.040
220	1.033	1.034	1.035	1.036	1.037	1.038	1.039	1.040	1.041	1.042
230	1.035	1.036	1.037	1.038	1.038	1.039	1.041	1.042	1.043	1.044
240	1.036	1.037	1.038	1.039	1.040	1.041	1.043	1.044	1.045	1.046
250	1.038	1.039	1.040	1.041	1.042	1.043	1.045	1.046	1.048	1.049
260	1.039	1.040	1.042	1.043	1.044	1.045	1.047	1.049	1.050	1.051
270	1.041	1.042	1.043	1.045	1.046	1.047	1.049	1.051	1.053	1.054
280	1.042	1.044	1.045	1.047	1.048	1.050	1.051	1.053	1.055	1.056
290	1.044	1.045	1.046	1.048	1.050	1.052	1.053	1.055	1.058	1.059
300	1.046	1.047	1.048	1.050	1.052	1.054	1.055	1.057	1.060	1.062
310	1.047	1.049	1.050	1.052	1.053	1.055	1.057	1.060	1.063	1.064
320	1.049	1.051	1.052	1.054	1.055	1.057	1.059	1.062	1.064	1.066
330	1.050	1.052	1.054	1.056	1.057	1.059	1.061	1.064	1.067	1.069
340	1.052	1.054	1.056	1.058	1.059	1.061	1.063	1.066	1.069	1.071
350	1.054	1.056	1.058	1.060	1.062	1.064	1.065	1.068	1.072	1.074
360	1.056	1.058	1.060	1.062	1.064	1.066	1.068	1.071	1.074	1.076
370	1.058	1.060	1.062	1.064	1.066	1.068	1.070	1.073	1.076	1.078
380	1.059	1.061	1.064	1.066	1.068	1.070	1.073	1.075	1.078	1.081
390	1.060	1.063	1.065	1.067	1.070	1.072	1.075	1.077	1.080	1.083
400	1.062	1.065	1.067	1.069	1.072	1.074	1.077	1.079	1.082	1.085
410	1.064	1.066	1.069	1.071	1.074	1.076	1.079	1.082	1.085	1.088
420	1.066	1.068	1.071	1.073	1.075	1.078	1.081	1.084	1.087	1.090
430	1.068	1.070	1.073	1.075	1.077	1.080	1.083	1.086	1.089	1.092
440	1.070	1.072	1.074	1.077	1.079	1.082	1.085	1.088	1.091	1.095
450	1.072	1.074	1.076	1.079	1.081	1.084	1.088	1.090	1.093	1.097
460	1.073	1.076	1.078	1.081	1.083	1.086	1.090	1.092	1.095	1.099
470	1.075	1.078	1.080	1.083	1.085	1.088	1.092	1.095	1.098	1.102
480	1.077	1.080	1.082	1.085	1.087	1.090	1.094	1.097	1.100	1.104
490	1.078	1.081	1.084	1.086	1.089	1.092	1.096	1.099	1.102	1.106
500	1.080	1.083	1.085	1.088	1.091	1.094	1.098	1.101	1.104	1.108

* P_g = gauge static pressure, psig.

TABLE 2.16 (cont.) **

$$\text{Supercompressibility Factors, } F_{sp} = \sqrt{1 + \frac{P_f^2 \times 9.16 \times 10^4 \times 10^{1.1967}}{T_f^{1.228}}}$$

These factors are applicable for temperatures of 60° to 64° F., inclusive.

Press. Lbs./ Sq. In. Gauge	Specific Gravity									
	.860	.870	.880	.890	.900	.910	.920	.930	.940	.950
0	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001
5	1.001	1.001	1.001	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002
10	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003
15	1.003	1.003	1.003	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004
20	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005
25	1.005	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006	1.007
30	1.006	1.007	1.007	1.007	1.007	1.007	1.007	1.007	1.008	1.008
35	1.007	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.009	1.009	1.009
40	1.008	1.009	1.009	1.009	1.009	1.009	1.009	1.010	1.010	1.010
45	1.009	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.010	1.011	1.011	1.012
50	1.010	1.011	1.011	1.011	1.011	1.011	1.012	1.012	1.012	1.013
55	1.011	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.013	1.013	1.014	1.014
60	1.012	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.014	1.014	1.015	1.015
65	1.013	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.015	1.016	1.016	1.016
70	1.014	1.015	1.015	1.015	1.015	1.016	1.016	1.017	1.017	1.017
75	1.015	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.017	1.018	1.018	1.019
80	1.016	1.017	1.017	1.017	1.017	1.018	1.018	1.019	1.019	1.020
85	1.017	1.018	1.018	1.018	1.018	1.019	1.019	1.020	1.021	1.021
90	1.018	1.019	1.019	1.019	1.020	1.020	1.021	1.021	1.022	1.022
95	1.019	1.020	1.020	1.020	1.021	1.021	1.022	1.023	1.023	1.024
100	1.020	1.021	1.021	1.021	1.022	1.022	1.023	1.024	1.024	1.025
105	1.021	1.022	1.022	1.022	1.023	1.023	1.024	1.025	1.026	1.026
110	1.022	1.023	1.023	1.023	1.024	1.025	1.025	1.026	1.027	1.027
115	1.023	1.024	1.024	1.024	1.025	1.026	1.027	1.027	1.028	1.029
120	1.024	1.025	1.025	1.026	1.026	1.027	1.028	1.029	1.029	1.030
125	1.025	1.026	1.026	1.027	1.027	1.028	1.029	1.030	1.031	1.031
130	1.026	1.027	1.027	1.028	1.028	1.029	1.030	1.031	1.032	1.033
135	1.026	1.028	1.028	1.029	1.029	1.030	1.031	1.032	1.033	1.034
140	1.027	1.029	1.029	1.030	1.031	1.031	1.033	1.034	1.034	1.035
145	1.028	1.030	1.030	1.031	1.032	1.032	1.034	1.035	1.036	1.036
150	1.030	1.031	1.031	1.032	1.033	1.034	1.035	1.036	1.037	1.038
155	1.031	1.032	1.032	1.033	1.034	1.035	1.036	1.037	1.038	1.039
160	1.032	1.033	1.033	1.034	1.035	1.036	1.038	1.039	1.039	1.040
165	1.033	1.034	1.034	1.035	1.036	1.037	1.039	1.040	1.041	1.041
170	1.034	1.035	1.035	1.036	1.037	1.038	1.040	1.041	1.042	1.043
175	1.035	1.036	1.036	1.037	1.038	1.039	1.041	1.042	1.043	1.044
180	1.036	1.037	1.037	1.038	1.039	1.040	1.042	1.043	1.044	1.045
185	1.037	1.038	1.038	1.040	1.041	1.042	1.043	1.045	1.045	1.047
190	1.038	1.039	1.040	1.041	1.042	1.043	1.045	1.046	1.046	1.048
195	1.039	1.040	1.041	1.042	1.043	1.044	1.046	1.047	1.047	1.049
200	1.040	1.041	1.042	1.043	1.044	1.045	1.047	1.048	1.048	1.050

* P_f = gauge static pressure, psig.

TABLE 2.16 (cont.) ***

Pres. Lbs./ Sq. In. Gauge	Specific Gravity									
	.960	.970	.980	.990	1.000	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10
0	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001
5	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.003	1.003	1.003
10	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.004	1.004	1.005
15	1.004	1.004	1.004	1.005	1.005	1.005	1.005	1.006	1.006	1.006
20	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006	1.007	1.007	1.008	1.008	1.008
25	1.007	1.007	1.007	1.007	1.007	1.008	1.008	1.009	1.009	1.010
30	1.008	1.008	1.008	1.008	1.009	1.010	1.010	1.011	1.011	1.011
35	1.009	1.009	1.010	1.010	1.010	1.011	1.011	1.013	1.013	1.013
40	1.011	1.011	1.011	1.011	1.012	1.013	1.013	1.014	1.015	1.015
45	1.012	1.012	1.012	1.013	1.013	1.014	1.014	1.016	1.016	1.017
50	1.013	1.013	1.014	1.014	1.014	1.016	1.016	1.017	1.018	1.019
55	1.014	1.015	1.015	1.015	1.016	1.017	1.018	1.019	1.020	1.020
60	1.016	1.016	1.016	1.016	1.017	1.018	1.019	1.021	1.021	1.022
65	1.017	1.017	1.017	1.018	1.018	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024
70	1.018	1.018	1.019	1.019	1.020	1.021	1.022	1.024	1.025	1.025
75	1.019	1.020	1.020	1.020	1.021	1.023	1.024	1.026	1.026	1.027
80	1.020	1.021	1.021	1.022	1.022	1.024	1.025	1.027	1.028	1.029
85	1.022	1.022	1.023	1.023	1.024	1.026	1.027	1.029	1.030	1.031
90	1.023	1.023	1.024	1.025	1.025	1.027	1.028	1.031	1.032	1.033
95	1.024	1.025	1.025	1.026	1.027	1.029	1.030	1.033	1.033	1.035
100	1.026	1.026	1.027	1.027	1.028	1.031	1.032	1.034	1.035	1.037
105	1.027	1.027	1.028	1.029	1.029	1.032	1.034	1.036	1.037	1.039
110	1.028	1.029	1.030	1.030	1.031	1.034	1.036	1.038	1.039	1.041
115	1.029	1.030	1.031	1.032	1.032	1.035	1.037	1.039	1.041	1.043
120	1.031	1.032	1.032	1.033	1.034	1.037	1.039	1.041	1.043	1.045
125	1.032	1.033	1.034	1.034	1.035	1.039	1.041	1.043	1.045	1.047
130	1.033	1.034	1.035	1.036	1.037	1.040	1.042	1.045	1.047	1.049
135	1.035	1.036	1.037	1.037	1.038	1.042	1.044	1.047	1.049	1.051
140	1.036	1.037	1.038	1.039	1.040	1.044	1.046	1.048	1.051	1.053
145	1.037	1.038	1.039	1.040	1.041	1.045	1.048	1.050	1.053	1.055
150	1.038	1.040	1.041	1.041	1.042	1.047	1.049	1.052	1.054	1.057
155	1.040	1.041	1.042	1.043	1.044	1.049	1.051	1.054	1.056	1.059
160	1.041	1.042	1.043	1.044	1.045	1.050	1.053	1.056	1.058	1.061
165	1.042	1.044	1.045	1.046	1.047	1.052	1.054	1.057	1.060	1.063
170	1.044	1.045	1.046	1.047	1.048	1.053	1.056	1.059	1.062	1.065
175	1.045	1.046	1.048	1.049	1.050	1.055	1.058	1.061	1.064	1.067
180	1.046	1.048	1.049	1.050	1.051	1.057	1.059	1.063	1.066	1.069
185	1.048	1.049	1.051	1.052	1.053	1.058	1.061	1.064	1.068	1.071
190	1.049	1.050	1.052	1.053	1.054	1.060	1.063	1.066	1.070	1.073
195	1.050	1.052	1.053	1.054	1.056	1.062	1.065	1.068	1.072	1.075
200	1.052	1.053	1.055	1.056	1.057	1.064	1.067	1.070	1.073	1.077

TABLE 2.16 (cont.) ****

Press. Lbs./ Sq. In. Gauge	Specific Gravity									
	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.22	1.24	1.26	1.28	1.30
0	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.001	1.002	1.002
5	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003	1.004	1.004	1.004
10	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.006	1.006	1.006	1.007	1.007
15	1.006	1.007	1.007	1.007	1.008	1.008	1.008	1.009	1.009	1.009
20	1.008	1.008	1.009	1.009	1.010	1.010	1.011	1.011	1.012	1.012
25	1.010	1.010	1.011	1.011	1.011	1.012	1.012	1.013	1.014	1.015
30	1.012	1.012	1.013	1.013	1.014	1.015	1.015	1.016	1.017	1.017
35	1.014	1.014	1.015	1.016	1.016	1.017	1.018	1.018	1.019	1.020
40	1.015	1.016	1.017	1.018	1.018	1.019	1.020	1.021	1.022	1.023
45	1.017	1.018	1.019	1.020	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024	1.025
50	1.019	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024	1.025	1.026	1.027	1.028
55	1.021	1.022	1.022	1.024	1.025	1.026	1.027	1.028	1.029	1.030
60	1.023	1.024	1.024	1.026	1.027	1.028	1.029	1.031	1.032	1.033
65	1.024	1.025	1.026	1.028	1.029	1.030	1.032	1.033	1.034	1.036
70	1.026	1.027	1.028	1.030	1.031	1.032	1.034	1.036	1.037	1.039
75	1.028	1.029	1.030	1.032	1.033	1.034	1.036	1.038	1.040	1.041
80	1.030	1.031	1.032	1.034	1.035	1.037	1.039	1.040	1.042	1.044
85	1.032	1.033	1.034	1.036	1.038	1.039	1.041	1.043	1.044	1.047
90	1.034	1.035	1.036	1.038	1.040	1.042	1.044	1.046	1.047	1.050
95	1.036	1.037	1.039	1.041	1.043	1.044	1.046	1.048	1.050	1.053
100	1.038	1.039	1.041	1.043	1.045	1.047	1.049	1.051	1.053	1.056
105	1.040	1.042	1.043	1.046	1.048	1.050	1.052	1.054	1.056	1.059
110	1.042	1.044	1.046	1.048	1.050	1.052	1.054	1.057	1.059	1.062
115	1.044	1.046	1.048	1.050	1.053	1.055	1.057	1.059	1.062	1.065
120	1.047	1.048	1.050	1.053	1.055	1.057	1.060	1.062	1.065	1.068
125	1.049	1.050	1.052	1.055	1.058	1.060	1.062	1.065	1.068	1.071
130	1.051	1.053	1.055	1.057	1.060	1.063	1.065	1.068	1.071	1.074
135	1.053	1.055	1.057	1.060	1.063	1.065	1.068	1.071	1.073	1.077
140	1.055	1.057	1.059	1.062	1.065	1.068	1.070	1.073	1.076	1.080
145	1.057	1.059	1.062	1.064	1.068	1.070	1.073	1.076	1.079	1.083
150	1.059	1.061	1.064	1.067	1.070	1.073	1.076	1.079	1.082	1.086
155	1.061	1.063	1.066	1.069	1.072	1.076	1.078	1.082	1.085	1.089
160	1.063	1.066	1.069	1.071	1.075	1.078	1.081	1.084	1.088	1.092
165	1.065	1.068	1.071	1.074	1.077	1.081	1.083	1.087	1.091	1.095
170	1.067	1.070	1.073	1.076	1.080	1.083	1.086	1.090	1.093	1.098
175	1.070	1.072	1.076	1.078	1.082	1.086	1.089	1.092	1.096	1.101
180	1.072	1.074	1.078	1.081	1.085	1.089	1.092	1.095	1.099	1.104
185	1.074	1.076	1.080	1.083	1.087	1.091	1.094	1.098	1.102	1.107
190	1.076	1.079	1.082	1.085	1.090	1.094	1.097	1.101	1.105	1.110
195	1.078	1.081	1.085	1.088	1.092	1.096	1.099	1.104	1.108	1.113
200	1.080	1.083	1.087	1.090	1.094	1.099

TABLE 2.16 (cont.) *****

Pres. Lbs./ Sq. In. Gauge	Specific Gravity									
	1.32	1.34	1.36	1.38	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48	1.50
0	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002
5	1.004	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.005	1.006	1.006	1.006
10	1.007	1.007	1.008	1.008	1.008	1.009	1.009	1.009	1.010	1.010
15	1.010	1.010	1.010	1.011	1.012	1.012	1.013	1.013	1.014	1.014
20	1.012	1.013	1.013	1.014	1.015	1.016	1.016	1.017	1.017	1.018
25	1.015	1.016	1.016	1.017	1.018	1.019	1.020	1.020	1.021	1.022
30	1.017	1.018	1.019	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024	1.025	1.026
35	1.020	1.021	1.022	1.023	1.024	1.026	1.027	1.028	1.029	1.030
40	1.023	1.024	1.025	1.026	1.028	1.029	1.030	1.031	1.032	1.034
45	1.026	1.027	1.028	1.029	1.031	1.032	1.034	1.035	1.036	1.037
50	1.028	1.030	1.031	1.032	1.034	1.036	1.037	1.038	1.040	1.041
55	1.031	1.033	1.034	1.035	1.037	1.039	1.041	1.042	1.044	1.045
60	1.034	1.035	1.037	1.039	1.040	1.042	1.044	1.046	1.047	1.049
65	1.037	1.038	1.040	1.042	1.044	1.046	1.048	1.049	1.051	1.053
70	1.039	1.041	1.043	1.045	1.047	1.049	1.051	1.053	1.055	1.057
75	1.042	1.044	1.045	1.048	1.050	1.052	1.055	1.057	1.059	1.061
80	1.045	1.047	1.048	1.051	1.053	1.056	1.058	1.060	1.062	1.064
85	1.047	1.049	1.051	1.054	1.056	1.059	1.062	1.064	1.066	1.068
90	1.050	1.052	1.054	1.057	1.060	1.062	1.065	1.068	1.070	1.072
95	1.053	1.055	1.057	1.060	1.063	1.066	1.069	1.071	1.074	1.076
100	1.056	1.058	1.060	1.063	1.066	1.069	1.072	1.075	1.078	1.080

TABLA 8.16 (conclusión)

VALORES DE K₀ PARA TOMAS DE BRIDA

A/D	Exact Meter-Run Size *						
	1.6"	2.0"	3.0"	4.0"	5.0"	6.0"	8.0"
.00	.60316	.60372	.59905	.59557	.59372	.59276	.59204
.01	.60278	.60209	.59801	.59484	.59329	.59257	.59215
.02	.60115	.60176	.59712	.59420	.59304	.59255	.59211
.03	.60158	.60092	.59639	.59392	.59297	.59269	.59227
.04	.60108	.60017	.59582	.59371	.59304	.59295	.59217
.05	.60062	.59952	.59538	.59365	.59325	.59332	.59357
.06	.60022	.59897	.59609	.59373	.59357	.59373	.59497
.07	.59988	.59850	.59651	.59381	.59397	.59413	.59436
.08	.59960	.59814	.59489	.59423	.59439	.59451	.59476
.09	.59938	.59784	.59497	.59462	.59481	.59495	.59515
.10	.59922	.59766	.59515	.59506	.59523	.59536	.59555
.11	.59913	.59753	.59544	.59550	.59566	.59578	.59596
.12	.59908	.59752	.59584	.59595	.59609	.59620	.59637
.13	.59912	.59789	.59625	.59651	.59654	.59664	.59679
.14	.59920	.59773	.59674	.59688	.59700	.59709	.59723
.15	.59935	.59797	.59726	.59727	.59747	.59755	.59768
.16	.59957	.59828	.59775	.59787	.59796	.59803	.59814
.17	.59984	.59857	.59813	.59829	.59846	.59853	.59863
.18	.60017	.59913	.59900	.59914	.59900	.59905	.59914
.19	.60061	.59967	.59950	.59967	.59955	.59959	.59967
.20	.60109	.60028	.60012	.60012	.60014	.60017	.60023
.21	.60162	.60095	.60078	.60075	.60075	.60077	.60082
.22	.60224	.60169	.60147	.60147	.60140	.60141	.60148
.23	.60293	.60244	.60220	.60223	.60209	.60209	.60211
.24	.60369	.60328	.60307	.60306	.60282	.60280	.60281
.25	.60453	.60414	.60378	.60378	.60359	.60356	.60356
.26	.60543	.60505	.60464	.60464	.60440	.60437	.60434
.27	.60640	.60601	.60555	.60555	.60527	.60522	.60519
.28	.60745	.60703	.60652	.60652	.60620	.60613	.60608
.29	.60856	.60810	.60754	.60754	.60717	.60710	.60703
.30	.60973	.60924	.60862	.60862	.60822	.60813	.60804
.31	.61097	.61044	.60978	.60978	.60932	.60923	.60912
.32	.61228	.61171	.61100	.61100	.61050	.61039	.61026
.33	.61366	.61306	.61230	.61230	.61175	.61162	.61148
.34	.61513	.61449	.61367	.61367	.61307	.61293	.61277
.35	.61667	.61599	.61513	.61513	.61448	.61344	.61415
.36	.61830	.61759	.61667	.61667	.61597	.61380	.61560
.37	.62002	.61927	.61830	.61830	.61755	.61737	.61715
.38	.62183	.62105	.62002	.62002	.61922	.61902	.61879
.39	.62373	.62292	.62184	.62184	.62096	.62078	.62052
.40	.62573	.62488	.62375	.62375	.62285	.62262	.62234
.41	.62782	.62694	.62576	.62576	.62481	.62457	.62427
.42	.63003	.62912	.62789	.62786	.62688	.62663	.62631
.43	.63238	.63143	.63014	.62999	.62909	.62882	.62847
.44	.63486	.63387	.63253	.63184	.63142	.63113	.63076
.45	.63748	.63646	.63505	.63433	.63388	.63357	.63318
.46	.64025	.63919	.63772	.63696	.63648	.63616	.63573
.47	.64318	.64207	.64054	.63973	.63923	.63888	.63843
.48	.64627	.64511	.64350	.64266	.64213	.64176	.64128
.49	.64952	.64831	.64663	.64574	.64518	.64479	.64428
.50	.65294	.65168	.64992	.64898	.64839	.64798	.64743
.51	.65654	.65523	.65339	.65240	.65177	.65133	.65075
.52	.66032	.65896	.65703	.65599	.65532	.65486	.65424
.53	.66429	.66287	.66085	.65976	.65906	.65856	.65791
.54	.66846	.66698	.66486	.66371	.66297	.66245	.66175
.55	.67284	.67129	.66907	.66786	.66708	.66653	.66579
.56	.67742	.67580	.67348	.67221	.67138	.67080	.67002
.57	.68222	.68053	.67810	.67676	.67589	.67528	.67445
.58	.68724	.68548	.68293	.68152	.68061	.67996	.67908
.59	.69249	.69065	.68799	.68651	.68554	.68486	.68393
.60	.69798	.69606	.69327	.69171	.69070	.68998	.68899
.61	.70369	.70190	.69889	.69722	.69614	.69537	.69432
.62	.71126	.70867	.70511	.70323	.70202	.70117	.70013
.63	.72028	.71771	.71312	.70984	.70843	.70747	.70619
.64	.73142	.72626	.72006	.71717	.71547	.71432	.71285
.65	.74490	.73749	.72900	.72528	.72316	.72179	.72007

TABLA 2.17

d/D	Exact Meter-Run Size *						
	12.0°	14.0°	16.0°	18.0°	20.0°	25.0°	30.0°
10	.59188	.59100	.59209	.59217	.59223	.59236	.59243
11	.59229	.59241	.59250	.59258	.59264	.59276	.59283
12	.59270	.59281	.59290	.59297	.59303	.59315	.59324
13	.59310	.59321	.59329	.59336	.59342	.59354	.59362
14	.59349	.59359	.59368	.59375	.59380	.59392	.59400
15	.59388	.59398	.59406	.59412	.59418	.59429	.59437
16	.59436	.59436	.59443	.59450	.59455	.59466	.59474
17	.59464	.59473	.59481	.59487	.59492	.59503	.59511
18	.59502	.59511	.59518	.59524	.59530	.59540	.59547
19	.59541	.59549	.59556	.59562	.59567	.59577	.59584
20	.59579	.59587	.59594	.59600	.59604	.59614	.59621
21	.59618	.59626	.59633	.59638	.59643	.59652	.59659
22	.59658	.59666	.59672	.59677	.59681	.59690	.59697
23	.59699	.59706	.59712	.59717	.59721	.59730	.59736
24	.59741	.59748	.59754	.59758	.59762	.59771	.59777
25	.59785	.59791	.59797	.59801	.59805	.59813	.59818
26	.59830	.59836	.59841	.59845	.59849	.59856	.59862
27	.59876	.59883	.59888	.59892	.59895	.59902	.59907
28	.59927	.59932	.59936	.59940	.59943	.59950	.59955
29	.59979	.59983	.59987	.59991	.59994	.60000	.60006
30	.60033	.60038	.60041	.60044	.60047	.60053	.60058
31	.60091	.60095	.60098	.60101	.60104	.60109	.60113
32	.60152	.60155	.60158	.60161	.60163	.60168	.60172
33	.60217	.60220	.60222	.60224	.60227	.60231	.60235
34	.60285	.60288	.60290	.60292	.60294	.60298	.60301
35	.60358	.60360	.60362	.60363	.60365	.60369	.60373
36	.60435	.60437	.60438	.60440	.60441	.60444	.60447
37	.60518	.60519	.60520	.60521	.60522	.60525	.60527
38	.60606	.60606	.60607	.60607	.60608	.60610	.60612
39	.60699	.60699	.60699	.60699	.60700	.60701	.60703
40	.60778	.60777	.60777	.60777	.60779	.60779	.60779
41	.60908	.60903	.60902	.60902	.60901	.60902	.60902
42	.61017	.61015	.61013	.61013	.61012	.61012	.61012
43	.61136	.61134	.61132	.61131	.61130	.61129	.61128
44	.61264	.61260	.61258	.61256	.61255	.61253	.61252
45	.61399	.61395	.61392	.61390	.61388	.61386	.61384
46	.61542	.61537	.61534	.61531	.61528	.61526	.61524
47	.61694	.61689	.61685	.61682	.61679	.61675	.61673
48	.61855	.61849	.61845	.61841	.61838	.61833	.61830
49	.62026	.62019	.62014	.62010	.62007	.62001	.61997
50	.62206	.62199	.62193	.62188	.62184	.62178	.62174
51	.62396	.62388	.62381	.62376	.62372	.62365	.62361
52	.62598	.62588	.62581	.62576	.62571	.62565	.62561
53	.62811	.62801	.62793	.62787	.62782	.62772	.62766
54	.63037	.63026	.63017	.63010	.63005	.62999	.62997
55	.63276	.63264	.63254	.63247	.63241	.63239	.63231
56	.63529	.63515	.63505	.63497	.63490	.63477	.63468
57	.63795	.63781	.63769	.63760	.63753	.63739	.63729
58	.64076	.64060	.64048	.64038	.64030	.64015	.64004
59	.64372	.64355	.64342	.64331	.64322	.64306	.64294
60	.64684	.64665	.64651	.64640	.64630	.64612	.64599
61	.65012	.64992	.64976	.64964	.64954	.64934	.64920
62	.65356	.65335	.65319	.65305	.65294	.65273	.65258
63	.65718	.65696	.65678	.65663	.65651	.65628	.65612
64	.66098	.66074	.66055	.66039	.66026	.66002	.65984
65	.66496	.66471	.66450	.66434	.66420	.66393	.66374
66	.66914	.66886	.66865	.66847	.66832	.66804	.66783
67	.67351	.67322	.67299	.67280	.67264	.67233	.67211
68	.67809	.67778	.67753	.67732	.67716	.67683	.67660
69	.68288	.68254	.68228	.68206	.68188	.68154	.68128
70	.68788	.68752	.68724	.68701	.68682	.68645	.68618
71	.69314	.69276	.69246	.69222	.69201	.69162	.69133
72	.69875	.69835	.69803	.69776	.69754	.69712	.69682
73	.70478	.70434	.70399	.70371	.70347	.70302	.70269
74	.71128	.71080	.71042	.71011	.70985	.70936	.70901
75	.71828	.71775	.71733	.71699	.71671	.71618	.71579

TABLE 2.17 (conclusion)

VALORES DE K₀ PARA TOMAS 21/2D Y 8D

d/D	Exact Meter-Run Size *								
	1.0°	2.0°	3.0°	4.0°	5.0°	6.0°	8.0°	10.0°	
10	.60830	.60609	.60290	.60115	.60001	.59921	.59813	.59743	
11	.60790	.60587	.60295	.60116	.60033	.59961	.59864	.59801	
12	.60770	.60582	.60316	.60171	.60079	.60014	.59928	.59872	
13	.60776	.60603	.60359	.60227	.60144	.60085	.60085	.59939	
14	.60798	.60639	.60416	.60297	.60222	.60169	.60101	.60037	
15	.60846	.60699	.60494	.60386	.60318	.60275	.60239	.60170	
16	.60916	.60779	.60590	.60491	.60430	.60387	.60332	.60297	
17	.60992	.60867	.60694	.60605	.60549	.60511	.60462	.60431	
18	.61121	.61002	.60839	.60755	.60703	.60667	.60622	.60593	
19	.61247	.61136	.60984	.60906	.60858	.60826	.60785	.60759	
20	.61316	.61219	.61090	.61023	.60985	.60960	.60927	.60907	
21	.61503	.61412	.61286	.61223	.61183	.61160	.61129	.61110	
22	.61704	.61613	.61492	.61431	.61395	.61370	.61340	.61321	
23	.61911	.61824	.61707	.61648	.61613	.61590	.61560	.61543	
24	.62128	.62044	.61932	.61875	.61842	.61819	.61791	.61774	
25	.62355	.62274	.62167	.62113	.62080	.62059	.62032	.62015	
26	.62592	.62515	.62412	.62361	.62330	.62309	.62283	.62264	
27	.62840	.62766	.62669	.62619	.62590	.62570	.62546	.62531	
28	.63099	.63029	.62936	.62890	.62862	.62843	.62819	.62805	
29	.63369	.63304	.63216	.63172	.63145	.63127	.63105	.63092	
30	.63652	.63590	.63508	.63466	.63441	.63424	.63403	.63391	
31	.63948	.63890	.63812	.63773	.63750	.63734	.63715	.63703	
32	.64257	.64203	.64130	.64094	.64072	.64057	.64039	.64028	
33	.64580	.64530	.64462	.64428	.64408	.64394	.64377	.64367	
34	.64918	.64872	.64809	.64778	.64758	.64746	.64731	.64721	
35	.65272	.65229	.65171	.65143	.65125	.65114	.65099	.65090	
36	.65642	.65602	.65550	.65523	.65508	.65497	.65484	.65476	
37	.66029	.65993	.65945	.65921	.65907	.65897	.65885	.65878	
38	.66433	.66401	.66358	.66336	.66325	.66314	.66304	.66297	
39	.66857	.66828	.66789	.66770	.66758	.66750	.66741	.66735	
40	.67300	.67275	.67240	.67223	.67213	.67205	.67197	.67192	
41	.67765	.67742	.67712	.67696	.67687	.67681	.67674	.67669	
42	.68251	.68231	.68205	.68191	.68183	.68178	.68171	.68167	
43	.68760	.68743	.68720	.68708	.68701	.68697	.68691	.68687	
44	.69294	.69279	.69259	.69249	.69243	.69239	.69234	.69231	
45	.69853	.69840	.69823	.69814	.69809	.69805	.69801	.69799	
46	.70438	.70427	.70413	.70405	.70401	.70398	.70394	.70392	
47	.71052	.71043	.71030	.71023	.71019	.71017	.71013	.71011	
48	.71696	.71687	.71675	.71670	.71666	.71664	.71661	.71659	
49	.72370	.72362	.72351	.72346	.72343	.72341	.72338	.72336	
50	.73078	.73070	.73065	.73061	.73051	.73048	.73046	.73044	
51	.73819	.73811	.73800	.73795	.73791	.73789	.73786	.73784	
52	.74597	.74588	.74576	.74570	.74566	.74564	.74561	.74559	
53	.75414	.75403	.75389	.75382	.75377	.75374	.75371	.75369	
54	.76270	.76257	.76240	.76231	.76226	.76223	.76219	.76216	
55	.77168	.77153	.77132	.77122	.77115	.77111	.77106	.77103	
56	.78111	.78092	.78067	.78054	.78046	.78041	.78035	.78031	
57	.79101	.79078	.79047	.79031	.79022	.79016	.79008	.79003	
58	.80140	.80112	.80074	.80056	.80044	.80037	.80027	.80022	
59	.81231	.81197	.81152	.81129	.81116	.81106	.81095	.81088	
60	.82378	.82337	.82283	.82256	.82239	.82228	.82214	.82206	
61	.83583	.83534	.83470	.83437	.83418	.83405	.83389	.83379	
62	.84850	.84793	.84716	.84678	.84655	.84639	.84620	.84609	
63	.86182	.86115	.86026	.85981	.85954	.85936	.85914	.85900	
64	.87584	.87507	.87403	.87350	.87319	.87298	.87272	.87256	
65	.89061	.88971	.88851	.88791	.88754	.88730	.88700	.88682	
66	.90617	.90514	.90376	.90307	.90265	.90237	.90202	.90182	
67	.92258	.92140	.91982	.91903	.91856	.91824	.91784	.91760	
68	.93989	.93856	.93677	.93587	.93533	.93497	.93452	.93424	
69	.95819	.95667	.95465	.95363	.95302	.95261	.95210	.95180	
70	.97753	.97582	.97355	.97240	.97172	.97126	.97068	.97034	
71	.99801	.99610	.99354	.99226	.99149	.99098	.99034	.98993	
72	1.01970	1.01760	1.01470	1.01330	1.01240	1.01190	1.01120	1.01070	
73	1.04270	1.04040	1.03720	1.03560	1.03470	1.03400	1.03320	1.03280	
74	1.06720	1.06460	1.06110	1.05930	1.05830	1.05760	1.05670	1.05620	
75	1.09330	1.09040	1.08650	1.08460	1.08340	1.08260	1.08170	1.08110	

TABLA 2.18

d/D	Exact Meter-Run Size *						
	12.0°	14.0°	16.0°	18.0°	20.0°	25.0°	30.0°
.10	.59593	.59655	.59625	.59600	.59580	.59541	.59513
.11	.59757	.59723	.59697	.59675	.59657	.59621	.59598
.12	.59833	.59803	.59780	.59761	.59745	.59715	.59694
.13	.59924	.59897	.59877	.59860	.59847	.59820	.59802
.14	.60026	.60003	.59985	.59971	.59959	.59936	.59920
.15	.60143	.60122	.60107	.60094	.60084	.60064	.60050
.16	.60273	.60255	.60241	.60230	.60221	.60204	.60192
.17	.60411	.60396	.60384	.60374	.60367	.60352	.60347
.18	.60574	.60560	.60549	.60540	.60533	.60520	.60511
.19	.60742	.60729	.60719	.60712	.60706	.60694	.60686
.20	.60894	.60885	.60878	.60872	.60868	.60860	.60855
.21	.61097	.61088	.61081	.61076	.61072	.61064	.61059
.22	.61309	.61300	.61294	.61289	.61285	.61277	.61272
.23	.61531	.61522	.61516	.61511	.61507	.61500	.61496
.24	.61763	.61754	.61748	.61744	.61740	.61733	.61729
.25	.62005	.61997	.61991	.61986	.61983	.61976	.61972
.26	.62257	.62250	.62244	.62240	.62236	.62230	.62226
.27	.62521	.62514	.62509	.62504	.62501	.62495	.62491
.28	.62796	.62789	.62784	.62780	.62777	.62772	.62768
.29	.63083	.63077	.63072	.63068	.63065	.63060	.63057
.30	.63383	.63377	.63372	.63369	.63366	.63361	.63357
.31	.63695	.63689	.63685	.63682	.63679	.63674	.63671
.32	.64021	.64016	.64012	.64009	.64006	.64002	.63999
.33	.64361	.64356	.64352	.64349	.64347	.64343	.64340
.34	.64715	.64710	.64707	.64704	.64702	.64698	.64696
.35	.65085	.65080	.65077	.65075	.65073	.65070	.65067
.36	.65470	.65467	.65464	.65462	.65460	.65457	.65455
.37	.65873	.65869	.65867	.65865	.65863	.65860	.65858
.38	.66293	.66289	.66287	.66285	.66284	.66281	.66280
.39	.66731	.66728	.66726	.66724	.66723	.66721	.66719
.40	.67188	.67186	.67184	.67183	.67182	.67179	.67178
.41	.67666	.67664	.67662	.67661	.67660	.67658	.67657
.42	.68165	.68162	.68161	.68160	.68159	.68158	.68156
.43	.68685	.68683	.68682	.68681	.68680	.68678	.68678
.44	.69229	.69227	.69226	.69225	.69225	.69224	.69223
.45	.69797	.69796	.69795	.69794	.69793	.69792	.69792
.46	.70390	.70389	.70388	.70388	.70387	.70386	.70386
.47	.71010	.71009	.71008	.71008	.71008	.71007	.71006
.48	.71658	.71657	.71656	.71656	.71655	.71655	.71654
.49	.72335	.72334	.72334	.72333	.72333	.72332	.72332
.50	.73043	.73042	.73042	.73041	.73041	.73040	.73040
.51	.73783	.73783	.73782	.73782	.73781	.73781	.73780
.52	.74558	.74557	.74556	.74555	.74555	.74554	.74554
.53	.75367	.75366	.75365	.75365	.75364	.75363	.75363
.54	.76214	.76213	.76212	.76211	.76211	.76210	.76209
.55	.77101	.77099	.77098	.77097	.77097	.77095	.77095
.56	.78029	.78027	.78025	.78024	.78024	.78022	.78021
.57	.79000	.78998	.78996	.78995	.78994	.78992	.78991
.58	.80018	.80015	.80013	.80011	.80010	.80008	.80006
.59	.81084	.81080	.81078	.81076	.81074	.81072	.81070
.60	.82201	.82197	.82194	.82192	.82190	.82186	.82184
.61	.83372	.83368	.83364	.83361	.83359	.83355	.83353
.62	.84601	.84596	.84591	.84588	.84586	.84581	.84578
.63	.85891	.85885	.85880	.85876	.85873	.85865	.85864
.64	.87246	.87238	.87233	.87228	.87225	.87218	.87214
.65	.88670	.88661	.88655	.88649	.88645	.88638	.88633
.66	.90168	.90158	.90155	.90144	.90140	.90131	.90126
.67	.91744	.91733	.91723	.91718	.91713	.91703	.91697
.68	.93406	.93393	.93384	.93376	.93370	.93359	.93352
.69	.95159	.95145	.95134	.95125	.95119	.95106	.95098
.70	.97011	.96995	.96982	.96973	.96965	.96951	.96942
.71	.98969	.98951	.98937	.98926	.98918	.98902	.98892
.72	1.01040	1.01020	1.01010	1.01000	1.00990	1.00970	1.00960
.73	1.03240	1.03220	1.03200	1.03190	1.03180	1.03160	1.03150
.74	1.05580	1.05560	1.05540	1.05520	1.05510	1.05490	1.05470
.75	1.08070	1.08040	1.08020	1.08000	1.07990	1.07970	1.07950

TABLA 2.18 (conclusión)

VALORES DE F PARA TOMAS DE BRIDA.

4/D	Exact Meter-Run Size *							
	1.0"	2.0"	3.0"	4.0"	5.0"	6.0"	8.0"	10.0"
.10	133.6	158.1	216.5	272.3	326.4	379.3	482.5	583.4
.11	141.2	166.8	227.5	285.3	341.2	395.8	502.2	606.0
.12	148.1	174.3	237.0	296.3	353.6	409.5	518.1	623.9
.13	154.3	181.4	245.3	305.7	363.9	420.6	530.7	637.9
.14	159.9	187.5	252.4	313.5	372.3	429.4	540.1	647.5
.15	165.0	192.9	258.4	320.0	379.0	436.2	546.9	653.9
.16	169.5	197.7	263.6	325.2	384.2	441.2	551.1	657.3
.17	173.7	202.0	268.0	329.4	388.0	444.6	553.3	658.0
.18	177.4	205.9	271.7	332.7	390.7	446.6	553.7	656.5
.19	180.9	209.3	274.8	335.2	392.5	447.4	552.5	653.0
.20	184.1	212.5	277.4	337.1	393.4	447.3	550.1	648.0
.21	187.2	215.4	279.7	338.5	393.8	446.5	546.7	641.8
.22	190.0	218.1	281.7	339.6	393.7	445.2	542.5	634.7
.23	192.8	220.7	283.6	340.4	393.3	443.5	538.0	627.0
.24	195.6	223.3	285.4	341.1	392.8	441.7	533.2	619.1
.25	198.4	225.8	287.2	341.9	392.4	439.9	528.5	611.2
.26	201.2	228.5	288.1	342.8	392.1	438.3	524.1	603.7
.27	204.1	231.2	289.1	343.9	392.1	437.1	520.2	596.8
.28	207.2	234.2	293.5	345.4	392.6	436.4	517.6	590.8
.29	210.4	237.4	296.2	347.4	393.7	436.5	514.7	586.0
.30	213.9	240.8	299.3	349.9	395.4	437.4	513.6	582.6
.31	217.6	244.6	303.0	353.1	398.0	439.2	513.8	580.9
.32	221.7	248.8	307.2	357.1	401.6	442.3	515.8	581.0
.33	226.1	253.4	312.0	361.9	406.3	446.6	518.9	583.3
.34	230.8	258.3	317.5	367.6	412.0	452.3	524.2	587.9
.35	236.0	264.0	323.8	374.4	419.0	459.5	531.8	595.1
.36	241.6	270.2	330.0	382.2	427.0	468.3	540.9	603.0
.37	247.7	276.9	338.9	391.2	437.3	478.9	551.5	611.7
.38	254.2	284.2	347.9	401.5	448.7	491.4	563.0	621.6
.39	261.3	292.1	357.7	413.0	462.7	505.7	576.9	632.7
.40	268.9	300.8	368.6	425.9	478.4	522.2	603.5	675.2
.41	277.1	310.1	380.6	440.2	495.9	540.7	625.9	701.2
.42	285.9	320.2	393.7	456.0	515.3	561.5	651.2	730.9
.43	295.3	331.0	407.9	473.3	537.3	584.5	679.6	764.4
.44	305.3	342.7	423.2	492.1	563.6	609.8	711.1	801.8
.45	315.9	355.1	439.8	512.6	597.4	637.6	745.8	843.2
.46	327.2	368.3	457.6	534.7	630.0	667.8	783.7	888.7
.47	339.2	382.4	476.6	558.4	662.3	708.5	825.0	938.3
.48	351.8	397.3	497.0	583.9	692.7	753.8	869.7	992.2
.49	365.2	413.1	518.6	611.1	729.3	773.6	917.9	1050.0
.50	379.2	429.8	541.5	640.0	770.1	814.1	969.5	1113.0
.51	393.9	447.3	565.7	670.7	767.0	857.2	1025.0	1180.0
.52	409.4	465.7	591.3	703.1	806.2	903.0	1083.0	1251.0
.53	425.3	485.0	618.2	737.4	847.6	951.4	1146.0	1327.0
.54	442.4	505.2	646.5	773.4	891.2	1003.0	1211.0	1408.0
.55	460.0	526.3	676.0	811.2	937.1	1056.0	1281.0	1492.0
.56	478.3	548.3	707.0	850.8	985.1	1113.0	1354.0	1582.0
.57	497.3	571.2	739.2	892.1	1035.0	1172.0	1430.0	1675.0
.58	517.0	595.0	772.8	935.5	1088.0	1234.0	1510.0	1773.0
.59	537.4	619.6	807.7	980.1	1143.0	1298.0	1594.0	1876.0
.60	558.3	645.1	843.8	1027.0	1199.0	1365.0	1681.0	1982.0
.61	580.3	671.4	881.3	1075.0	1258.0	1435.0	1771.0	2093.0
.62	602.8	698.6	920.0	1125.0	1320.0	1507.0	1865.0	2209.0
.63	625.9	726.6	959.9	1177.0	1383.0	1581.0	1965.0	2338.0
.64	649.6	755.4	1001.0	1230.0	1448.0	1658.0	2062.0	2451.0
.65	674.0	785.0	1043.0	1285.0	1515.0	1737.0	2166.0	2578.0
.66	699.0	815.3	1087.0	1341.0	1584.0	1819.0	2272.0	2709.0
.67	724.6	846.4	1131.0	1399.0	1655.0	1903.0	2381.0	2844.0
.68	750.7	878.2	1177.0	1458.0	1727.0	1988.0	2494.0	2982.0
.69	777.4	910.7	1224.0	1518.0	1802.0	2076.0	2608.0	3124.0
.70	804.6	943.8	1271.0	1580.0	1877.0	2166.0	2726.0	3269.0
.71	832.3	977.6	1320.0	1643.0	1955.0	2258.0	2846.0	3417.0
.72	860.5	1012.0	1369.0	1708.0	2034.0	2352.0	2968.0	3568.0
.73	889.1	1047.0	1420.0	1773.0	2114.0	2447.0	3093.0	3722.0
.74	918.1	1082.0	1471.0	1840.0	2196.0	2543.0	3220.0	3878.0
.75	947.6	1118.0	1522.0	1907.0	2279.0	2641.0	3348.0	4037.0

TABLA 2.19

4/D	Exact Meter-Run Size *						
	12.0°	14.0°	16.0°	18.0°	20.0°	25.0°	30.0°
.10	682.6	780.4	877.3	973.3	1069.0	1305.0	1538.0
.11	707.9	808.4	907.8	1006.0	1104.0	1346.0	1584.0
.12	737.7	839.9	939.5	1039.0	1139.0	1381.0	1617.0
.13	742.4	845.4	947.2	1048.0	1148.0	1394.0	1637.0
.14	752.4	855.6	957.3	1058.0	1157.0	1403.0	1645.0
.15	758.4	860.9	962.0	1062.0	1161.0	1404.0	1643.0
.16	760.7	862.1	961.8	1060.0	1157.0	1397.0	1637.0
.17	759.0	859.4	959.5	1054.0	1149.0	1393.0	1633.0
.18	756.2	857.7	949.3	1043.0	1136.0	1364.0	1587.0
.19	750.3	845.2	938.1	1029.0	1119.0	1340.0	1555.0
.20	742.6	834.5	924.5	1013.0	1100.0	1312.0	1519.0
.21	733.3	822.2	908.9	993.9	1077.0	1281.0	1479.0
.22	723.0	808.4	891.9	973.4	1053.0	1248.0	1436.0
.23	712.1	794.2	874.0	951.9	1028.0	1213.0	1392.0
.24	700.8	779.5	855.7	929.9	1002.0	1178.0	1347.0
.25	689.6	764.8	837.5	908.1	974.9	1143.0	1302.0
.26	678.8	750.7	819.9	886.9	952.1	1109.0	1258.0
.27	668.3	737.4	803.2	866.8	928.5	1076.0	1217.0
.28	659.9	725.4	788.0	848.4	906.7	1045.0	1177.0
.29	652.4	715.0	774.7	832.0	887.3	1018.0	1142.0
.30	646.6	706.6	763.7	818.2	870.7	994.5	1110.0
.31	642.7	700.6	755.3	807.4	857.4	974.8	1084.0
.32	641.2	697.2	749.9	800.0	847.8	959.5	1063.0
.33	641.2	696.8	748.0	796.3	842.7	950.1	1049.0
.34	644.9	699.6	749.8	797.1	842.1	946.2	1041.0
.35	652.8	706.0	755.6	802.3	846.6	948.7	1041.0
.36	662.9	716.1	765.8	812.4	856.5	959.0	1059.0
.37	676.3	730.4	780.6	827.7	872.2	974.6	1087.0
.38	693.7	749.0	800.4	848.6	894.1	998.8	1093.0
.39	714.9	772.1	823.3	875.3	922.5	1031.8	1129.0
.40	740.2	799.9	857.7	908.1	957.7	1072.8	1176.0
.41	769.6	832.8	897.7	947.3	999.9	1121.8	1233.0
.42	802.5	870.7	933.6	983.0	1050.0	1181.0	1300.0
.43	842.0	914.0	981.6	1046.0	1107.0	1249.0	1379.0
.44	885.1	962.7	1036.0	1105.0	1172.0	1327.0	1470.0
.45	933.0	1017.0	1096.0	1192.0	1245.0	1415.0	1573.0
.46	985.8	1077.0	1164.0	1266.0	1326.0	1513.0	1660.0
.47	1044.0	1143.0	1237.0	1328.0	1415.0	1622.0	1816.0
.48	1107.0	1215.0	1318.0	1437.0	1513.0	1741.0	1957.0
.49	1175.0	1293.0	1406.0	1514.0	1620.0	1871.0	2110.0
.50	1248.0	1377.0	1500.0	1619.0	1735.0	2013.0	2276.0
.51	1327.0	1467.0	1607.0	1732.0	1839.0	2185.0	2456.0
.52	1411.0	1563.0	1710.0	1853.0	1992.0	2328.0	2649.0
.53	1500.0	1666.0	1826.0	1987.0	2134.0	2502.0	2855.0
.54	1594.0	1774.0	1949.0	2119.0	2285.0	2687.0	3075.0
.55	1694.0	1899.0	2079.0	2264.0	2445.0	2854.0	3308.0
.56	1800.0	2011.0	2216.0	2417.0	2613.0	3091.0	3554.0
.57	1910.0	2138.0	2360.0	2577.0	2791.0	3310.0	3814.0
.58	2026.0	2272.0	2511.0	2746.0	2977.0	3540.0	4087.0
.59	2147.0	2412.0	2670.0	2923.0	3172.0	3781.0	4373.0
.60	2274.0	2557.0	2835.0	3107.0	3376.0	4032.0	4672.0
.61	2405.0	2709.0	3007.0	3300.0	3588.0	4294.0	4984.0
.62	2542.0	2867.0	3186.0	3499.0	3808.0	4567.0	5308.0
.63	2683.0	3030.0	3371.0	3706.0	4037.0	4849.0	5645.0
.64	2829.0	3199.0	3562.0	3920.0	4274.0	5142.0	5993.0
.65	2980.0	3374.0	3760.0	4162.0	4519.0	5445.0	6354.0
.66	3136.0	3553.0	3964.0	4430.0	4771.0	5757.0	6726.0
.67	3296.0	3738.0	4174.0	4605.0	5030.0	6078.0	7109.0
.68	3460.0	3928.0	4390.0	4846.0	5297.0	6409.0	7502.0
.69	3628.0	4123.0	4611.0	5093.0	5571.0	6748.0	7906.0
.70	3800.0	4322.0	4837.0	5346.0	5851.0	7093.0	8319.0
.71	3976.0	4526.0	5069.0	5605.0	6137.0	7449.0	8742.0
.72	4153.0	4734.0	5304.0	5869.0	6429.0	7811.0	9174.0
.73	4338.0	4945.0	5543.0	6138.0	6727.0	8180.0	9614.0
.74	4524.0	5160.0	5789.0	6412.0	7030.0	8555.0	10062.0
.75	4713.0	5379.0	6038.0	6690.0	7337.0	8937.0	10516.0

TABLA 2.19 (conclusión)

VALORES DE F PARA TOMAS 21/2D Y 3D

d/D	Exact Meter-Run Size %							
	1.6°	2.0°	3.0°	4.0°	5.0°	6.0°	8.0°	10.0°
.10	166.0	185.7	234.7	283.8	332.9	382.0	480.1	578.3
.11	176.9	197.1	247.5	297.9	348.3	398.7	499.6	600.4
.12	187.1	207.6	258.8	310.1	361.4	412.7	515.2	617.8
.13	196.5	217.2	268.9	320.6	372.4	424.1	527.5	631.0
.14	205.4	226.1	277.8	329.6	381.4	433.2	536.8	640.3
.15	213.6	234.2	285.7	337.7	388.7	440.2	543.2	648.2
.16	221.5	241.8	292.7	343.8	394.6	445.3	547.3	649.1
.17	228.8	248.9	298.9	349.5	399.9	449.1	549.2	649.3
.18	235.9	255.5	304.4	353.4	402.4	451.4	549.3	647.3
.19	242.6	261.7	309.4	357.1	404.8	452.5	547.9	643.3
.20	249.0	267.6	313.8	360.1	406.4	452.7	545.2	637.8
.21	255.3	273.2	319.9	362.7	407.4	452.1	541.6	631.1
.22	261.4	278.7	321.8	364.9	408.0	451.1	537.2	623.4
.23	267.3	284.1	325.5	366.8	408.2	449.6	532.4	615.2
.24	273.5	289.4	329.0	368.7	408.4	448.1	527.5	606.8
.25	279.5	294.7	332.7	370.6	408.6	446.6	522.5	598.4
.26	285.6	300.1	336.4	372.7	409.0	445.3	517.8	590.4
.27	291.7	305.6	340.3	375.0	409.6	444.3	513.7	583.0
.28	298.0	311.3	344.3	377.6	410.8	443.9	510.2	576.5
.29	304.3	317.2	349.0	380.7	412.5	443.2	507.7	571.2
.30	311.3	323.5	353.9	384.4	414.9	443.4	506.3	567.3
.31	318.2	330.0	359.4	388.8	418.2	443.5	506.3	563.1
.32	324.8	336.9	365.4	393.9	422.4	443.8	507.8	564.7
.33	333.2	344.3	372.1	399.8	427.6	443.4	510.9	568.5
.34	341.2	352.1	379.4	406.7	434.0	443.4	516.6	570.6
.35	349.6	360.4	387.5	414.6	441.7	443.8	523.8	577.2
.36	358.3	369.2	396.5	423.6	450.8	443.0	532.5	586.6
.37	367.3	378.8	406.3	433.8	461.3	443.8	541.8	598.9
.38	377.6	388.8	417.0	445.2	473.4	443.5	552.9	614.2
.39	387.9	399.6	428.7	457.9	487.0	443.2	564.2	631.6
.40	398.8	411.0	441.4	471.9	502.4	442.9	580.8	654.8
.41	410.2	423.1	455.2	487.4	519.5	443.7	591.7	680.3
.42	423.2	438.9	470.1	504.3	538.5	443.7	604.1	709.5
.43	438.8	449.5	486.1	522.7	559.4	443.0	619.2	742.5
.44	448.1	463.9	500.3	542.7	582.2	443.6	637.6	779.4
.45	462.0	479.0	521.7	564.3	607.0	443.6	659.4	820.2
.46	474.5	498.0	544.8	587.6	633.9	443.1	680.1	865.2
.47	487.7	511.9	562.2	612.5	662.8	443.1	713.1	914.4
.48	507.6	529.5	584.3	639.1	693.9	443.6	748.6	967.7
.49	524.2	548.1	607.8	667.4	727.1	443.8	786.8	1026.1
.50	541.3	567.5	632.5	697.3	762.5	443.5	827.5	1088.0
.51	559.5	587.8	658.6	729.3	800.1	443.9	870.9	1154.0
.52	578.2	609.0	686.0	762.9	839.9	443.9	916.9	1225.0
.53	597.6	631.0	714.7	798.3	882.0	443.6	965.6	1300.0
.54	617.7	654.0	744.7	835.5	926.2	443.0	1017.0	1380.0
.55	638.3	677.8	776.1	874.4	972.7	443.0	1071.0	1464.0
.56	660.1	702.6	808.9	915.2	1021.0	443.0	1128.0	1555.0
.57	682.1	728.2	843.0	957.7	1072.0	443.0	1187.0	1646.0
.58	705.3	754.7	878.3	1002.0	1126.0	443.0	1249.0	1744.0
.59	728.9	782.1	915.0	1048.0	1181.0	443.0	1314.0	1846.0
.60	753.3	810.4	953.0	1096.0	1238.0	443.0	1381.0	1952.0
.61	778.3	839.5	992.3	1145.0	1298.0	443.0	1451.0	2062.0
.62	804.0	869.4	1033.0	1196.0	1360.0	443.0	1523.0	2177.0
.63	830.4	900.1	1075.0	1249.0	1423.0	443.0	1598.0	2296.0
.64	857.4	931.7	1118.0	1303.0	1489.0	443.0	1675.0	2419.0
.65	885.0	964.0	1162.0	1359.0	1557.0	443.0	1755.0	2545.0
.66	913.2	997.2	1207.0	1417.0	1627.0	443.0	1836.0	2676.0
.67	942.0	1031.0	1253.0	1476.0	1698.0	443.0	1920.0	2810.0
.68	971.4	1066.0	1301.0	1536.0	1771.0	443.0	2007.0	2948.0
.69	1001.0	1101.0	1349.0	1598.0	1846.0	443.0	2095.0	3089.0
.70	1032.0	1137.0	1399.0	1661.0	1923.0	443.0	2185.0	3233.0
.71	1063.0	1183.0	1449.0	1725.0	2001.0	443.0	2277.0	3381.0
.72	1094.0	1210.0	1500.0	1791.0	2081.0	443.0	2371.0	3531.0
.73	1126.0	1248.0	1552.0	1857.0	2162.0	443.0	2466.0	3683.0
.74	1158.0	1286.0	1605.0	1925.0	2244.0	443.0	2563.0	3840.0
.75	1191.0	1325.0	1659.0	1993.0	2327.0	443.0	2662.0	3998.0

TABLA 2.20

d/D	Exact Meter-Run Size *						
	12.0"	14.0"	16.0"	18.0"	20.0"	25.0"	30.0"
.10	676.5	774.6	872.8	970.9	1069.0	1315.0	1560.0
.11	701.2	802.0	902.9	1004.0	1105.0	1357.0	1609.0
.12	726.4	829.9	935.5	1038.0	1141.0	1387.0	1643.0
.13	751.4	857.9	964.3	1065.0	1168.0	1407.0	1665.0
.14	773.9	877.3	981.0	1085.0	1188.0	1417.0	1676.0
.15	797.2	897.2	995.2	1098.0	1161.0	1419.0	1676.0
.16	750.9	852.8	954.6	1056.0	1158.0	1413.0	1667.0
.17	749.5	849.6	949.7	1050.0	1150.0	1400.0	1651.0
.18	745.5	843.2	941.2	1039.0	1137.0	1382.0	1637.0
.19	738.7	834.2	929.6	1025.0	1120.0	1359.0	1597.0
.20	730.4	822.9	915.5	1008.0	1101.0	1322.0	1563.0
.21	720.5	810.0	899.4	988.9	1078.0	1302.0	1524.0
.22	709.6	795.8	882.0	968.2	1051.0	1270.0	1483.0
.23	698.0	780.8	863.6	946.4	1029.0	1226.0	1443.0
.24	686.2	765.5	844.9	924.3	1004.0	1202.0	1400.0
.25	674.4	750.3	826.3	902.2	978.1	1168.0	1358.0
.26	663.0	735.6	808.2	880.7	951.3	1135.0	1316.0
.27	652.4	721.7	791.1	860.4	929.8	1103.0	1277.0
.28	642.8	709.1	775.4	841.7	908.1	1074.0	1243.0
.29	634.7	698.2	761.7	825.2	888.7	1047.0	1206.0
.30	628.3	689.2	750.2	811.1	872.1	1025.0	1177.0
.31	623.8	682.6	741.4	800.1	858.9	1006.0	1153.0
.32	621.7	678.6	735.5	792.5	849.4	991.8	1134.0
.33	621.0	677.6	733.1	787.7	844.7	983.1	1127.0
.34	625.2	679.8	734.5	789.1	843.7	980.2	1117.0
.35	631.4	685.6	739.8	794.0	848.2	983.7	1118.0
.36	640.9	695.2	749.6	803.9	838.2	994.0	1130.0
.37	653.9	708.9	763.9	819.0	874.0	1012.0	1146.0
.38	670.6	726.9	783.3	839.6	895.9	1037.0	1173.0
.39	691.1	749.4	807.8	866.1	924.4	1070.0	1214.0
.40	715.8	776.7	837.7	898.6	959.6	1112.0	1264.0
.41	744.6	809.0	873.3	937.6	1002.0	1163.0	1321.0
.42	777.9	846.3	914.7	983.1	1052.0	1223.0	1394.0
.43	815.7	889.0	962.2	1035.0	1109.0	1292.0	1478.0
.44	858.2	937.1	1016.0	1095.0	1174.0	1371.0	1564.0
.45	905.5	990.8	1076.0	1161.0	1247.0	1460.0	1673.0
.46	957.8	1050.0	1143.0	1235.0	1328.0	1559.0	1791.0
.47	1015.0	1115.0	1216.0	1317.0	1417.0	1669.0	1921.0
.48	1077.0	1187.0	1296.0	1406.0	1515.0	1789.0	2063.0
.49	1145.0	1264.0	1383.0	1503.0	1622.0	1920.0	2219.0
.50	1218.0	1348.0	1478.0	1607.0	1738.0	2063.0	2388.0
.51	1296.0	1437.0	1579.0	1720.0	1862.0	2216.0	2569.0
.52	1379.0	1533.0	1687.0	1841.0	1995.0	2380.0	2765.0
.53	1467.0	1635.0	1802.0	1969.0	2137.0	2555.0	2973.0
.54	1561.0	1743.0	1924.0	2106.0	2287.0	2741.0	3195.0
.55	1661.0	1857.0	2054.0	2251.0	2447.0	2939.0	3430.0
.56	1766.0	1978.0	2191.0	2403.0	2616.0	3147.0	3679.0
.57	1876.0	2105.0	2335.0	2564.0	2793.0	3367.0	3941.0
.58	1991.0	2238.0	2485.0	2731.0	2980.0	3598.0	4216.0
.59	2111.0	2377.0	2643.0	2909.0	3175.0	3840.0	4504.0
.60	2237.0	2523.0	2808.0	3093.0	3379.0	4092.0	4805.0
.61	2368.0	2674.0	2979.0	3285.0	3591.0	4355.0	5119.0
.62	2504.0	2831.0	3158.0	3485.0	3811.0	4629.0	5446.0
.63	2645.0	2994.0	3342.0	3691.0	4040.0	4912.0	5785.0
.64	2790.0	3162.0	3534.0	3905.0	4277.0	5206.0	6136.0
.65	2941.0	3336.0	3731.0	4126.0	4522.0	5500.0	6498.0
.66	3095.0	3515.0	3935.0	4354.0	4774.0	5823.0	6872.0
.67	3255.0	3694.0	4144.0	4589.0	5034.0	6155.0	7257.0
.68	3418.0	3889.0	4350.0	4830.0	5300.0	6477.0	7653.0
.69	3586.0	4083.0	4580.0	5077.0	5574.0	6817.0	8059.0
.70	3757.0	4282.0	4806.0	5330.0	5854.0	7165.0	8475.0
.71	3933.0	4485.0	5037.0	5589.0	6140.0	7520.0	8900.0
.72	4112.0	4692.0	5272.0	5852.0	6433.0	7883.0	9334.0
.73	4294.0	4903.0	5512.0	6121.0	6730.0	8253.0	9776.0
.74	4479.0	5117.0	5756.0	6395.0	7033.0	8629.0	10226.0
.75	4667.0	5335.0	6004.0	6672.0	7341.0	9012.0	10683.0

TABLA 2.20 (conclusion)

VALORES DE $\rho_f^{1/2}$ - FACTOR DE PESO ESPECIFICO
PARA VAPOR DE AGUA SECO.

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia								Temp. °C.
	14	14.696	16	18	20	22	24	26	
Sat.	.1888	.1932	.2010	.2124	.2231	.2333	.2430	.2523	
220	.1873	.1919	.2004	—	—	—	—	—	104.4
240	.1844	.1890	.1973	.2095	.2210	.2320	.2426	—	115.6
260	.1817	.1862	.1944	.2063	.2176	.2285	.2388	.2488	126.7
280	.1791	.1835	.1916	.2033	.2145	.2251	.2353	.2451	137.8
300	.1766	.1810	.1889	.2005	.2115	.2219	.2319	.2416	148.9
320	.1742	.1785	.1864	.1978	.2086	.2189	.2287	.2382	160.0
340	.1720	.1762	.1839	.1952	.2058	.2160	.2257	.2350	171.1
360	.1698	.1740	.1816	.1927	.2032	.2132	.2228	.2320	182.2
380	.1677	.1719	.1794	.1903	.2007	.2106	.2201	.2291	193.3
400	.1657	.1698	.1772	.1880	.1983	.2080	.2173	.2263	204.4
420	.1638	.1678	.1752	.1859	.1960	.2056	.2148	.2236	215.6
440	.1619	.1659	.1732	.1837	.1937	.2032	.2123	.2211	226.7
460	.1601	.1641	.1712	.1817	.1916	.2010	.2099	.2186	237.8
480	.1584	.1623	.1694	.1797	.1895	.1988	.2077	.2162	248.9
500	.1567	.1606	.1676	.1778	.1874	.1966	.2054	.2139	260.0
550	.1528	.1565	.1626	.1733	.1827	.1916	.2002	.2084	287.8
600	.1491	.1527	.1594	.1691	.1783	.1870	.1953	.2033	315.6
650	.1457	.1492	.1557	.1652	.1742	.1827	.1908	.1987	343.3
700	.1425	.1460	.1523	.1616	.1703	.1787	.1866	.1943	371.1
750	.1395	.1429	.1491	.1582	.1668	.1749	.1827	.1902	398.9
800	.1367	.1400	.1461	.1550	.1634	.1714	.1790	.1863	426.7
850	.1340	.1373	.1433	.1520	.1602	.1681	.1755	.1827	454.4
900	.1315	.1348	.1406	.1492	.1572	.1649	.1723	.1793	482.2
	.984	1.033	1.125	1.266	1.406	1.547	1.687	1.828	kg/cm ²

TABLA 2.21

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia								Temp. °C.
	28	30	32	34	36	38	40	42	
Sat.	.2631	.2697	.2780	.2860	.2938	.3013	.3086	.3158	
260	.2584	.2677	.2767	.2854	—	—	—	—	126.7
280	.2545	.2636	.2725	.2811	.2894	.2978	.3056	.3133	137.8
300	.2508	.2598	.2685	.2769	.2851	.2931	.3010	.3086	148.9
320	.2473	.2562	.2647	.2730	.2811	.2890	.2966	.3041	160.0
340	.2440	.2527	.2611	.2693	.2773	.2850	.2926	.2999	171.1
360	.2409	.2494	.2577	.2658	.2736	.2812	.2887	.2959	182.2
380	.2378	.2463	.2545	.2624	.2701	.2776	.2850	.2921	193.3
400	.2349	.2433	.2513	.2592	.2668	.2742	.2814	.2885	204.4
420	.2322	.2404	.2483	.2561	.2636	.2709	.2780	.2850	215.6
440	.2295	.2376	.2455	.2531	.2605	.2677	.2748	.2816	226.7
460	.2269	.2349	.2427	.2502	.2575	.2647	.2716	.2784	237.8
480	.2244	.2323	.2400	.2474	.2547	.2617	.2686	.2753	248.9
500	.2220	.2298	.2374	.2448	.2519	.2589	.2657	.2723	260.0
600	.2111	.2185	.2257	.2327	.2394	.2460	.2525	.2587	315.6
700	.2016	.2087	.2156	.2222	.2287	.2350	.2411	.2471	371.1
800	.1934	.2002	.2068	.2132	.2193	.2254	.2312	.2370	426.7
900	.1861	.1926	.1990	.2051	.2111	.2166	.2225	.2280	482.2
	1.969	2.109	2.250	2.390	2.531	2.672	2.812	2.953	kg/cm ²

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia								Temp. °C.
	44	46	48	50	52	54	56	58	
Sat.	.3227	.3295	.3362	.3427	.3490	.3553	.3614	.3674	
280	.3210	.3284	.3358	—	—	—	—	—	137.8
300	.3161	.3234	.3306	.3376	.3446	.3514	.3581	.3647	148.9
320	.3115	.3187	.3257	.3326	.3394	.3461	.3527	.3591	160.0
340	.3071	.3142	.3211	.3279	.3346	.3412	.3476	.3539	171.1
360	.3030	.3100	.3168	.3235	.3300	.3365	.3428	.3496	182.2
380	.2991	.3060	.3127	.3192	.3257	.3320	.3383	.3444	193.3
400	.2954	.3021	.3087	.3152	.3216	.3278	.3339	.3400	204.4
420	.2918	.2984	.3049	.3113	.3176	.3238	.3298	.3358	215.6
440	.2883	.2949	.3013	.3076	.3138	.3199	.3259	.3317	226.7
460	.2850	.2915	.2979	.3041	.3102	.3162	.3221	.3279	237.8
480	.2818	.2882	.2945	.3007	.3067	.3126	.3184	.3241	248.9
500	.2795	.2851	.2913	.2974	.3033	.3092	.3149	.3206	260.0
600	.2649	.2709	.2767	.2825	.2881	.2937	.2991	.3044	315.6
700	.2530	.2587	.2643	.2697	.2751	.2804	.2856	.2906	371.1
800	.2426	.2480	.2534	.2586	.2638	.2688	.2738	.2786	426.7
900	.2334	.2386	.2438	.2488	.2538	.2586	.2634	.2683	482.2
	3.094	3.234	3.375	3.515	3.656	3.797	3.937	4.078	kg/cm ²

TABLE 2.21 (cont.) *

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia							Temp. °C.	
	60	62	64	66	68	70	72		74
Sat.	.3733	.3791	.3848	.3904	.3960	.4014	.4068	.4120	
300	.3712	.3776	.3838	.3901	—	—	—	—	148.9
320	.3655	.3717	.3779	.3840	.3901	.3960	.4019	.4077	160.0
340	.3602	.3663	.3724	.3784	.3843	.3901	.3958	.4015	171.1
360	.3552	.3612	.3672	.3730	.3788	.3846	.3902	.3958	182.2
380	.3504	.3564	.3622	.3680	.3737	.3793	.3848	.3903	193.3
400	.3459	.3518	.3575	.3632	.3688	.3743	.3798	.3852	204.4
420	.3416	.3474	.3531	.3587	.3642	.3696	.3750	.3803	215.6
440	.3375	.3432	.3488	.3543	.3597	.3651	.3704	.3756	226.7
460	.3336	.3392	.3447	.3501	.3555	.3608	.3660	.3712	237.8
480	.3298	.3353	.3407	.3461	.3514	.3566	.3618	.3669	248.9
500	.3261	.3216	.3270	.3323	.3375	.3427	.3477	.3528	260.0
520	.3176	.3229	.3281	.3332	.3383	.3433	.3483	.3531	287.8
540	.3097	.3148	.3199	.3249	.3299	.3347	.3395	.3443	315.6
560	.3024	.3074	.3124	.3173	.3221	.3268	.3315	.3361	343.3
580	.2956	.3006	.3054	.3102	.3149	.3195	.3243	.3286	371.1
600	.2893	.2941	.2989	.3036	.3081	.3127	.3171	.3215	398.9
620	.2834	.2881	.2928	.2973	.3018	.3063	.3106	.3149	426.7
640	.2779	.2825	.2870	.2915	.2959	.3003	.3045	.3088	454.4
660	.2727	.2772	.2816	.2860	.2903	.2946	.2988	.3029	482.2
	4.218	4.359	4.500	4.640	4.781	4.922	5.062	5.203	kg/cm ²

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia						Temp. °C.		
	76	78	80	82	84	86		88	90
Sat.	.4173	.4224	.4275	.4325	.4374	.4423	.4472	.4519	
320	.4135	.4191	.4247	.4303	.4358	.4413	.4467	—	160.0
340	.4072	.4127	.4182	.4236	.4290	.4344	.4396	.4449	171.1
360	.4013	.4067	.4121	.4174	.4227	.4279	.4331	.4382	182.2
380	.3957	.4011	.4064	.4116	.4168	.4219	.4269	.4320	193.3
400	.3905	.3957	.4010	.4061	.4112	.4162	.4212	.4261	204.4
420	.3855	.3907	.3958	.4009	.4059	.4108	.4157	.4206	215.6
440	.3808	.3859	.3909	.3959	.4008	.4057	.4105	.4153	226.7
460	.3762	.3812	.3862	.3911	.3960	.4008	.4055	.4102	237.8
480	.3719	.3768	.3815	.3866	.3914	.3961	.4008	.4054	248.9
500	.3677	.3726	.3774	.3822	.3869	.3916	.3962	.4008	260.0
550	.3579	.3627	.3674	.3720	.3766	.3811	.3856	.3900	287.8
600	.3490	.3536	.3581	.3626	.3671	.3715	.3758	.3801	315.6
650	.3407	.3452	.3496	.3540	.3584	.3626	.3669	.3711	343.3
700	.3330	.3374	.3418	.3460	.3503	.3544	.3586	.3627	371.1
750	.3259	.3302	.3344	.3386	.3427	.3468	.3508	.3548	398.9
800	.3192	.3234	.3275	.3316	.3357	.3397	.3436	.3475	426.7
850	.3129	.3170	.3211	.3251	.3291	.3330	.3369	.3407	454.4
900	.3070	.3110	.3150	.3190	.3228	.3267	.3305	.3342	482.2
	5.343	5.484	5.625	5.765	5.906	6.046	6.187	6.328	kg/cm ²

TABLE 2.21 (cont.) **

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia							Temp. °C.	
	92	94	96	98	100	104	108		112
Sat.	.4566	.4613	.4659	.4705	.4750	.4839	.4927	.5012	
340	.4501	.4552	.4603	.4653	.4703	.4802	.4900	.4996	171.1
360	.4433	.4483	.4533	.4582	.4631	.4728	.4823	.4917	182.2
380	.4369	.4419	.4468	.4516	.4564	.4658	.4752	.4845	193.3
400	.4310	.4358	.4406	.4453	.4501	.4593	.4684	.4774	204.4
420	.4254	.4301	.4348	.4395	.4441	.4532	.4622	.4710	215.6
440	.4200	.4247	.4293	.4339	.4384	.4474	.4562	.4649	226.7
460	.4149	.4195	.4241	.4285	.4330	.4419	.4506	.4591	237.8
480	.4100	.4145	.4190	.4235	.4279	.4366	.4452	.4536	248.9
500	.4053	.4098	.4142	.4186	.4230	.4316	.4400	.4483	260.0
550	.3944	.3987	.4030	.4073	.4115	.4198	.4280	.4360	287.8
600	.3844	.3886	.3928	.3969	.4010	.4091	.4170	.4248	315.6
650	.3752	.3793	.3834	.3874	.3914	.3993	.4070	.4146	343.3
700	.3667	.3707	.3747	.3786	.3825	.3902	.3977	.4051	371.1
750	.3588	.3627	.3666	.3704	.3742	.3817	.3890	.3962	398.9
800	.3514	.3552	.3590	.3628	.3665	.3738	.3810	.3880	426.7
850	.3445	.3482	.3519	.3556	.3592	.3664	.3734	.3803	454.4
900	.3379	.3416	.3452	.3488	.3524	.3594	.3663	.3731	482.2
	6.468	6.609	6.750	6.890	7.031	7.312	7.593	7.874	kg/cm ²

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia						Temp. °C.		
	116	120	124	128	132	140		144	
Sat.	.5096	.5179	.5260	.5340	.5419	.5496	.5573	.5649	
340	.5091	—	—	—	—	—	—	—	171.1
360	.4999	.5100	.5190	.5279	.5368	.5454	.5540	.5625	182.2
380	.4934	.5023	.5110	.5197	.5283	.5368	.5451	.5534	193.3
400	.4863	.4950	.5037	.5121	.5205	.5288	.5370	.5451	204.4
420	.4797	.4882	.4967	.5050	.5133	.5214	.5293	.5373	215.6
440	.4734	.4819	.4901	.4983	.5064	.5143	.5222	.5299	226.7
460	.4675	.4758	.4839	.4919	.4999	.5077	.5154	.5231	237.8
480	.4619	.4700	.4780	.4859	.4937	.5014	.5090	.5165	248.9
500	.4564	.4644	.4723	.4802	.4878	.4954	.5029	.5103	260.0
550	.4439	.4517	.4593	.4668	.4742	.4816	.4888	.4959	287.8
600	.4325	.4400	.4474	.4547	.4619	.4690	.4760	.4829	315.6
650	.4220	.4293	.4365	.4436	.4506	.4575	.4643	.4711	343.3
700	.4123	.4195	.4265	.4334	.4402	.4469	.4536	.4601	371.1
750	.4033	.4103	.4172	.4239	.4306	.4371	.4436	.4500	398.9
800	.3950	.4018	.4085	.4151	.4216	.4280	.4343	.4406	426.7
850	.3871	.3938	.4004	.4068	.4132	.4194	.4256	.4317	454.4
900	.3797	.3863	.3927	.3990	.4053	.4114	.4175	.4234	482.2
	8.156	8.437	8.718	8.999	9.281	9.562	9.843	10.12	kg/cm ²

TABLA 2.21 (cont.) ***

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia								Temp. °C.
	148	152	156	160	164	168	172	176	
Sat.	.5722	.5796	.5868	.5940	.6011	.6080	.6149	.6217	
360	.5712	.5793	—	—	—	—	—	—	182.2
380	.5617	.5698	.5778	.5858	.5937	.6015	.6093	.6170	193.3
400	.5531	.5610	.5689	.5766	.5843	.5919	.5995	.6070	204.4
420	.5451	.5528	.5605	.5681	.5756	.5831	.5905	.5977	215.6
440	.5377	.5452	.5527	.5602	.5675	.5748	.5820	.5892	226.7
460	.5306	.5381	.5454	.5527	.5599	.5671	.5741	.5811	237.8
480	.5239	.5313	.5385	.5456	.5527	.5598	.5667	.5735	248.9
500	.5176	.5248	.5319	.5389	.5460	.5528	.5596	.5664	260.0
550	.5029	.5099	.5168	.5236	.5303	.5369	.5435	.5500	287.8
600	.4897	.4965	.5031	.5097	.5162	.5226	.5290	.5353	315.6
650	.4777	.4842	.4907	.4971	.5034	.5096	.5158	.5219	343.3
700	.4666	.4729	.4792	.4854	.4916	.4976	.5037	.5096	371.1
750	.4563	.4625	.4686	.4747	.4807	.4866	.4925	.4983	398.9
800	.4467	.4528	.4587	.4647	.4705	.4763	.4820	.4877	426.7
850	.4377	.4437	.4496	.4553	.4611	.4667	.4723	.4778	454.4
900	.4293	.4352	.4409	.4465	.4522	.4577	.4631	.4686	482.2
950	.4214	.4271	.4327	.4383	.4438	.4492	.4546	.4599	510.0
1000	.4139	.4195	.4251	.4305	.4359	.4412	.4465	.4517	537.8
	10.41	10.69	10.97	11.25	11.53	11.81	12.09	12.37	kg/cm ²

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia								Temp. °C.
	180	184	188	192	196	200	204	208	
Sat.	.6284	.6351	.6416	.6482	.6547	.6611	.6674	.6737	
380	.6246	.6323	.6398	.6473	—	—	—	—	193.3
400	.6145	.6219	.6291	.6364	.6364	.6508	.6580	.6650	204.4
420	.6050	.6122	.6193	.6265	.6335	.6404	.6474	.6543	215.6
440	.5962	.6032	.6103	.6172	.6240	.6308	.6376	.6443	226.7
460	.5881	.5950	.6018	.6086	.6152	.6220	.6286	.6351	237.8
480	.5804	.5871	.5938	.6005	.6070	.6136	.6201	.6265	248.9
500	.5732	.5798	.5863	.5929	.5993	.6057	.6120	.6184	260.0
520	.5662	.5727	.5792	.5856	.5919	.5983	.6045	.6106	271.1
540	.5596	.5661	.5724	.5787	.5849	.5911	.5973	.6034	282.2
550	.5565	.5628	.5691	.5754	.5816	.5877	.5938	.5999	287.8
560	.5533	.5596	.5659	.5721	.5783	.5844	.5905	.5964	293.3
580	.5473	.5535	.5597	.5659	.5719	.5779	.5839	.5898	304.4
600	.5415	.5477	.5538	.5598	.5658	.5717	.5775	.5834	315.6
650	.5279	.5339	.5398	.5457	.5515	.5572	.5629	.5686	343.3
700	.5154	.5213	.5270	.5327	.5384	.5439	.5495	.5550	371.1
750	.5040	.5096	.5152	.5208	.5264	.5317	.5371	.5425	398.9
800	.4933	.4988	.5042	.5097	.5150	.5204	.5257	.5308	426.7
850	.4833	.4887	.4940	.4993	.5046	.5098	.5150	.5200	454.4
900	.4739	.4792	.4844	.4896	.4948	.4999	.5049	.5099	482.2
950	.4651	.4703	.4754	.4806	.4856	.4905	.4955	.5004	510.0
1000	.4568	.4619	.4670	.4719	.4769	.4817	.4866	.4914	537.8
	12.66	12.94	13.22	13.50	13.78	14.06	14.34	14.62	kg/cm ²

TABLE 2.21 (cont.) ****

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia								Temp. °C.
	212	216	220	224	228	232	236	240	
Sat.	.6799	.6860	.6922	.6983	.7043	.7102	.7161	.7220	
400	.6721	.6790	.6860	.6929	.6998	.7066	.7135	.7203	204.4
420	.6611	.6679	.6745	.6814	.6879	.6945	.7012	.7077	215.6
440	.6509	.6575	.6642	.6707	.6771	.6836	.6901	.6964	226.7
460	.6416	.6481	.6544	.6608	.6671	.6734	.6796	.6858	237.8
480	.6328	.6391	.6455	.6516	.6578	.6640	.6701	.6762	248.9
500	.6246	.6308	.6369	.6431	.6492	.6551	.6611	.6671	260.0
520	.6169	.6229	.6289	.6350	.6410	.6468	.6526	.6585	271.1
540	.6094	.6155	.6214	.6272	.6331	.6389	.6447	.6504	282.2
560	.6024	.6082	.6141	.6199	.6257	.6314	.6371	.6427	293.3
580	.5956	.6015	.6072	.6129	.6186	.6243	.6298	.6354	304.4
600	.5892	.5950	.6006	.6062	.6119	.6175	.6229	.6283	315.6
650	.5742	.5797	.5852	.5906	.5960	.6015	.6068	.6121	343.3
700	.5604	.5658	.5711	.5765	.5817	.5869	.5920	.5972	371.1
750	.5478	.5530	.5581	.5633	.5685	.5735	.5786	.5836	398.9
800	.5360	.5411	.5462	.5512	.5562	.5612	.5660	.5709	426.7
850	.5251	.5301	.5351	.5399	.5448	.5497	.5544	.5592	454.4
900	.5148	.5197	.5246	.5294	.5341	.5389	.5436	.5482	482.2
950	.5052	.5100	.5148	.5195	.5241	.5288	.5334	.5379	510.0
1000	.4962	.5009	.5055	.5101	.5147	.5192	.5238	.5282	537.8
	14.90	15.19	15.47	15.75	16.03	16.31	16.59	16.87	kg/cm ²

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia							Temp. °C.	
	244	248	250	260	270	280	290		300
Sat.	.7278	.7336	.7365	.7506	.7646	.7782	.7917	.8050	
400	.7270	—	—	—	—	—	—	—	204.4
420	.7143	.7208	.7240	.7401	.7560	.7718	.7874	.8029	215.6
440	.7027	.7090	.7122	.7277	.7431	.7584	.7734	.7884	226.7
460	.6920	.6983	.7013	.7164	.7314	.7462	.7608	.7753	237.8
480	.6822	.6883	.6912	.7061	.7206	.7350	.7492	.7633	248.9
500	.6730	.6788	.6818	.6962	.7105	.7246	.7385	.7522	260.0
520	.6643	.6710	.6730	.6871	.7010	.7149	.7284	.7419	271.1
540	.6561	.6618	.6646	.6785	.6922	.7057	.7190	.7322	282.2
560	.6483	.6539	.6567	.6703	.6837	.6971	.7102	.7230	293.3
580	.6408	.6463	.6490	.6626	.6757	.6889	.7017	.7144	304.4
600	.6339	.6391	.6419	.6551	.6682	.6810	.6937	.7062	315.6
650	.6173	.6225	.6251	.6380	.6506	.6629	.6751	.6872	343.3
700	.6024	.6073	.6099	.6223	.6345	.6466	.6584	.6701	371.1
750	.5885	.5934	.5959	.6080	.6199	.6316	.6431	.6543	398.9
800	.5758	.5806	.5830	.5948	.6063	.6177	.6289	.6399	426.7
850	.5640	.5686	.5709	.5825	.5938	.6049	.6158	.6266	454.4
900	.5528	.5575	.5597	.5710	.5820	.5929	.6036	.6141	482.2
950	.5425	.5469	.5492	.5602	.5710	.5816	.5921	.6024	510.0
1000	.5327	.5371	.5392	.5501	.5607	.5711	.5813	.5914	537.8
	17.16	17.44	17.58	18.28	18.96	19.69	20.39	21.09	kg/cm ²

TABLE 2.21 (cont.) *****

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia								Temp. °C.
	390	400	410	420	430	440	450	460	
Sat.	.9167	.9280	.9395	.9508	.9621	.9733	.9844	.9953	
460	.9002	.9137	.9271	.9405	.9539	.9671	.9804	.9937	237.8
480	.8841	.8971	.9100	.9228	.9356	.9483	.9609	.9735	248.9
500	.8696	.8821	.8946	.9069	.9192	.9315	.9436	.9557	260.0
520	.8563	.8684	.8805	.8925	.9044	.9162	.9280	.9397	271.1
540	.8440	.8559	.8676	.8793	.8908	.9023	.9137	.9251	282.2
560	.8326	.8441	.8556	.8670	.8782	.8895	.9006	.9116	293.3
580	.8218	.8332	.8444	.8555	.8665	.8775	.8883	.8991	304.4
600	.8117	.8228	.8338	.8447	.8555	.8662	.8769	.8874	315.6
620	.8021	.8130	.8238	.8345	.8452	.8557	.8661	.8764	326.7
640	.7930	.8037	.8144	.8249	.8353	.8456	.8559	.8660	337.8
660	.7843	.7949	.8053	.8157	.8259	.8361	.8462	.8561	348.9
680	.7760	.7864	.7967	.8069	.8170	.8270	.8369	.8467	360.0
700	.7681	.7783	.7885	.7985	.8085	.8183	.8281	.8377	371.1
750	.7495	.7594	.7692	.7789	.7885	.7981	.8075	.8168	398.9
800	.7324	.7420	.7516	.7610	.7703	.7796	.7887	.7978	426.7
850	.7167	.7261	.7354	.7446	.7536	.7626	.7709	.7783	454.4
900	.7020	.7113	.7203	.7293	.7386	.7469	.7556	.7642	482.2
950	.6884	.6974	.7062	.7151	.7237	.7323	.7407	.7491	510.0
1000	.6757	.6845	.6932	.7017	.7102	.7186	.7269	.7351	537.8
	27.42	28.12	28.83	29.53	30.23	30.94	31.64	32.34	kg/cm ²

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia								Temp. °C.
	310	320	330	340	350	360	370	380	
Sat.	.8180	.8309	.8436	.8561	.8684	.8806	.8926	.9045	
440	.8032	.8179	.8324	.8452	.8574	.8694	.8811	.8926	226.7
460	.7896	.8038	.8178	.8318	.8456	.8594	.8731	.8867	237.8
480	.7772	.7909	.8046	.8181	.8315	.8448	.8580	.8711	248.9
500	.7657	.7792	.7924	.8056	.8186	.8315	.8443	.8570	260.0
520	.7551	.7682	.7812	.7940	.8067	.8192	.8317	.8440	271.1
540	.7452	.7580	.7706	.7832	.7956	.8079	.8200	.8321	282.2
560	.7358	.7484	.7608	.7731	.7852	.7972	.8091	.8209	293.3
580	.7269	.7393	.7515	.7635	.7754	.7872	.7989	.8104	304.4
600	.7185	.7306	.7426	.7544	.7662	.7777	.7892	.8005	315.6
620	.7104	.7224	.7342	.7459	.7574	.7687	.7800	.7911	326.7
640	.7027	.7145	.7261	.7376	.7490	.7602	.7712	.7822	337.8
660	.6954	.7070	.7185	.7300	.7414	.7526	.7635	.7742	348.9
680	.6883	.6998	.7111	.7222	.7332	.7441	.7549	.7655	360.0
700	.6815	.6929	.7039	.7150	.7259	.7366	.7472	.7577	371.1
750	.6655	.6765	.6874	.6979	.7086	.7190	.7292	.7394	398.9
800	.6508	.6615	.6721	.6825	.6927	.7027	.7128	.7226	426.7
850	.6372	.6475	.6578	.6680	.6779	.6878	.6976	.7072	454.4
900	.6244	.6346	.6447	.6546	.6643	.6739	.6834	.6929	482.2
950	.6124	.6225	.6323	.6420	.6515	.6610	.6703	.6795	510.0
1000	.6013	.6111	.6207	.6302	.6395	.6488	.6578	.6668	537.8
	21.80	22.50	23.20	23.90	24.60	25.30	26.01	26.72	kg/cm ²

TABLE 2.21 (cont.) *****

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia							Temp. °C.
	470	480	490	500	510	520	530	
Sat.	1.0062	1.0169	1.0276	1.0382	1.0487	1.0591	1.0695	248.9
480	.9861	.9987	1.0112	1.0237	1.0362	1.0486	1.0611	
500	.9678	.9798	.9918	1.0037	1.0156	1.0274	1.0392	260.0
520	.9513	.9629	.9744	.9859	.9973	1.0087	1.0200	271.1
540	.9363	.9475	.9587	.9698	.9808	.9918	1.0026	282.2
560	.9226	.9335	.9443	.9551	.9658	.9765	.9871	293.3
580	.9098	.9205	.9310	.9415	.9519	.9623	.9726	304.4
600	.8979	.9083	.9186	.9288	.9390	.9491	.9592	315.6
620	.8867	.8968	.9070	.9170	.9269	.9368	.9466	326.7
640	.8761	.8861	.8960	.9058	.9155	.9253	.9349	337.8
660	.8660	.8758	.8855	.8952	.9048	.9143	.9238	348.9
680	.8565	.8661	.8756	.8852	.8946	.9039	.9132	360.0
700	.8473	.8568	.8662	.8756	.8849	.8940	.9032	371.1
720	.8386	.8479	.8572	.8664	.8755	.8846	.8936	382.2
740	.8301	.8394	.8485	.8576	.8666	.8756	.8844	393.3
750	.8261	.8353	.8443	.8534	.8623	.8712	.8800	398.9
760	.8221	.8312	.8402	.8492	.8580	.8669	.8756	404.4
780	.8143	.8233	.8322	.8411	.8498	.8585	.8671	415.6
800	.8068	.8157	.8245	.8332	.8419	.8505	.8589	426.7
850	.7891	.7977	.8063	.8147	.8232	.8315	.8398	454.4
900	.7727	.7811	.7894	.7977	.8059	.8140	.8221	482.2
1000	.7432	.7512	.7592	.7671	.7749	.7826	.7903	537.8
1200	.6939	.7013	.7088	.7160	.7233	.7304	.7375	648.9
	33.04	33.75	34.45	35.15	35.86	36.56	37.26	kg/cm ²

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia						Temp. °C.	
	540	550	560	570	580	590		600
Sat.	1.0797	1.0899	1.1000	1.1100	1.1199	1.1299	1.1397	248.9
480	1.0736	1.0861	1.0985	—	—	—	—	
500	1.0511	1.0629	1.0747	1.0864	1.0982	1.1100	1.1218	260.0
520	1.0313	1.0426	1.0539	1.0651	1.0763	1.0874	1.0986	271.1
540	1.0136	1.0245	1.0353	1.0461	1.0568	1.0675	1.0782	282.2
560	.9976	1.0081	1.0186	1.0290	1.0393	1.0496	1.0599	293.3
580	.9829	.9930	1.0032	1.0133	1.0233	1.0334	1.0433	304.4
600	.9692	.9791	.9890	.9988	1.0086	1.0183	1.0280	315.6
620	.9564	.9661	.9758	.9854	.9949	1.0044	1.0138	326.7
640	.9444	.9539	.9634	.9728	.9821	.9914	1.0006	337.8
660	.9331	.9424	.9517	.9609	.9701	.9791	.9882	348.9
680	.9224	.9316	.9406	.9497	.9587	.9676	.9764	360.0
700	.9122	.9212	.9302	.9390	.9478	.9566	.9653	371.1
720	.9025	.9114	.9201	.9289	.9376	.9462	.9547	382.2
740	.8932	.9019	.9106	.9192	.9277	.9362	.9446	393.3
760	.8843	.8929	.9014	.9099	.9183	.9266	.9349	404.4
780	.8757	.8842	.8926	.9009	.9092	.9175	.9257	415.6
800	.8674	.8758	.8841	.8924	.9005	.9087	.9167	426.7
850	.8480	.8561	.8642	.8722	.8801	.8880	.8959	454.4
900	.8301	.8380	.8458	.8536	.8613	.8690	.8766	482.2
1000	.7979	.8055	.8129	.8204	.8277	.8350	.8423	537.8
1200	.7446	.7515	.7584	.7653	.7721	.7788	.7855	648.9
	37.97	38.67	39.37	40.08	40.78	41.48	42.18	kg/cm ²

TABLE 2.21 (cont.) *****

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia							Temp. °C.
	610	620	630	640	650	660	670	
Sat.	1.1496	1.1593	1.1691	1.1787	1.1882	1.1977	1.2072	
500	1.1335	1.1453	1.1571	1.1689	1.1807	1.1925	1.2044	260.0
520	1.1097	1.1208	1.1320	1.1431	1.1542	1.1654	1.1765	271.1
540	1.0889	1.0995	1.1101	1.1207	1.1313	1.1418	1.1524	282.2
560	1.0701	1.0804	1.0906	1.1008	1.1109	1.1210	1.1311	293.3
580	1.0532	1.0631	1.0729	1.0827	1.0925	1.1023	1.1120	304.4
600	1.0376	1.0473	1.0568	1.0663	1.0758	1.0852	1.0946	315.6
620	1.0232	1.0326	1.0418	1.0511	1.0604	1.0695	1.0786	326.7
640	1.0098	1.0189	1.0280	1.0370	1.0460	1.0550	1.0639	337.8
660	.9972	1.0061	1.0150	1.0238	1.0326	1.0413	1.0500	348.9
680	.9852	.9940	1.0027	1.0113	1.0200	1.0285	1.0371	360.0
700	.9740	.9826	.9911	.9996	1.0080	1.0165	1.0248	371.1
720	.9632	.9717	.9801	.9885	.9968	1.0050	1.0132	382.2
740	.9530	.9613	.9696	.9778	.9860	.9941	1.0022	393.3
760	.9432	.9514	.9595	.9676	.9757	.9837	.9916	404.4
780	.9338	.9419	.9499	.9579	.9658	.9737	.9815	415.6
800	.9248	.9327	.9406	.9485	.9563	.9641	.9718	426.7
850	.9036	.9114	.9190	.9266	.9342	.9417	.9492	454.4
900	.8842	.8917	.8992	.9065	.9139	.9212	.9284	482.2
1000	.8495	.8566	.8637	.8707	.8777	.8846	.8915	537.8
1100	.8193	.8262	.8331	.8399	.8467	.8533	.8596	593.3
1200	.7921	.7987	.8052	.8117	.8181	.8245	.8309	648.9
	42.89	43.59	44.29	44.99	45.70	46.40	47.11	kg/cm ²

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia					Temp. °C.
	680	690	700	720	740	
Sat.	1.2165	1.2259	1.2352	1.2445	1.2537	1.2629
500	1.2163	—	—	—	—	—
520	1.1876	1.1987	1.2098	1.2211	1.2322	1.2434
540	1.1629	1.1735	1.1840	1.1945	1.2050	1.2155
560	1.1412	1.1513	1.1612	1.1713	1.1813	1.1912
580	1.1217	1.1313	1.1410	1.1506	1.1602	1.1698
600	1.1040	1.1134	1.1227	1.1320	1.1412	1.1504
620	1.0877	1.0968	1.1059	1.1149	1.1239	1.1328
640	1.0727	1.0815	1.0904	1.0991	1.1078	1.1166
660	1.0587	1.0673	1.0759	1.0845	1.0930	1.1014
680	1.0455	1.0540	1.0624	1.0708	1.0791	1.0873
700	1.0331	1.0414	1.0496	1.0578	1.0659	1.0741
720	1.0214	1.0295	1.0376	1.0456	1.0536	1.0616
740	1.0101	1.0181	1.0261	1.0340	1.0418	1.0497
760	.9995	1.0073	1.0151	1.0229	1.0307	1.0383
780	.9893	.9970	1.0047	1.0123	1.0199	1.0275
800	.9795	.9871	.9946	1.0022	1.0097	1.0171
850	.9566	.9640	.9713	.9786	.9859	.9930
900	.9356	.9428	.9499	.9570	.9640	.9710
1000	.8984	.9052	.9120	.9187	.9253	.9319
1100	.8662	.8726	.8791	.8855	.8917	.8980
1200	.8371	.8434	.8496	.8558	.8619	.8680
	47.81	48.51	49.22	49.92	50.62	51.32
						52.03
						kg/cm ²

TABLE 2,21 (cont.) *****

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia							Temp. °C.
	750	775	800	825	850	875	900	
Sat.	1.2811	1.3037	1.3260	1.3482	1.3701	1.3918	1.4134	271.1
520	1.2659	1.2942	1.3228	—	—	—	—	282.2
540	1.2366	1.2629	1.2894	1.3160	1.3428	1.3697	1.3970	293.3
560	1.2113	1.2362	1.2611	1.2861	1.3110	1.3362	1.3613	304.4
580	1.1889	1.2127	1.2365	1.2602	1.2839	1.3074	1.3311	315.6
600	1.1689	1.1917	1.2146	1.2372	1.2598	1.2824	1.3049	326.7
620	1.1506	1.1727	1.1947	1.2165	1.2384	1.2600	1.2815	337.8
640	1.1339	1.1553	1.1766	1.1977	1.2188	1.2397	1.2605	348.9
660	1.1183	1.1392	1.1599	1.1805	1.2009	1.2212	1.2412	360.0
680	1.1038	1.1242	1.1445	1.1644	1.1843	1.2040	1.2235	371.1
700	1.0902	1.1102	1.1299	1.1494	1.1688	1.1880	1.2071	382.2
720	1.0774	1.0969	1.1162	1.1354	1.1543	1.1731	1.1917	393.3
740	1.0652	1.0843	1.1033	1.1221	1.1407	1.1591	1.1773	404.4
760	1.0536	1.0724	1.0911	1.1095	1.1277	1.1458	1.1637	415.6
780	1.0425	1.0611	1.0794	1.0975	1.1155	1.1332	1.1507	426.7
800	1.0319	1.0502	1.0683	1.0861	1.1037	1.1212	1.1384	482.2
900	.9849	1.0020	1.0189	1.0355	1.0519	1.0682	1.0843	537.8
1000	.9451	.9613	.9773	.9930	1.0086	1.0239	1.0391	593.3
1100	.9106	.9260	.9413	.9563	.9711	.9858	1.0003	648.9
1200	.8800	.8949	.9095	.9240	.9382	.9523	.9661	760.0
1400	.8280	.8419	.8555	.8690	.8822	.8953	.9082	871.1
1600	.7848	.7979	.8107	.8234	.8359	.8482	.8604	
	52.73	54.49	56.25	58.00	59.76	61.52	63.28	kg/cm ²

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia							Temp. °C.
	925	950	975	1000	1050	1100	1150	
Sat.	1.4347	1.4560	1.4772	1.4981	1.5397	1.5809	1.6218	282.2
540	1.4245	1.4525	—	—	—	—	—	293.3
560	1.3866	1.4121	1.4378	1.4636	1.5164	1.5708	—	304.4
580	1.3548	1.3786	1.4025	1.4264	1.4747	1.5237	1.5739	315.6
600	1.3273	1.3498	1.3723	1.3948	1.4399	1.4854	1.5314	326.7
620	1.3030	1.3244	1.3458	1.3672	1.4100	1.4528	1.4957	337.8
640	1.2811	1.3018	1.3222	1.3428	1.3836	1.4244	1.4651	348.9
660	1.2613	1.2812	1.3010	1.3207	1.3600	1.3989	1.4379	360.0
680	1.2429	1.2623	1.2815	1.3006	1.3385	1.3761	1.4135	371.1
700	1.2260	1.2449	1.2635	1.2821	1.3188	1.3552	1.3913	382.2
720	1.2102	1.2286	1.2468	1.2648	1.3007	1.3361	1.3710	393.3
740	1.1954	1.2133	1.2311	1.2487	1.2836	1.3182	1.3522	404.4
760	1.1814	1.1989	1.2163	1.2336	1.2678	1.3014	1.3348	415.6
780	1.1681	1.1854	1.2025	1.2193	1.2528	1.2858	1.3183	426.7
800	1.1555	1.1724	1.1892	1.2058	1.2386	1.2709	1.3028	482.2
900	1.1002	1.1159	1.1314	1.1468	1.1771	1.2068	1.2362	537.8
1000	1.0541	1.0689	1.0835	1.0980	1.1265	1.1545	1.1820	593.3
1100	1.0145	1.0286	1.0426	1.0563	1.0834	1.1100	1.1360	648.9
1200	.9798	.9933	1.0066	1.0198	1.0458	1.0711	1.0960	760.0
1400	.9209	.9335	.9459	.9581	.9822	1.0058	1.0289	871.1
1600	.8723	.8842	.8958	.9074	.9300	.9521	.9737	
	65.04	66.79	68.55	70.31	73.82	77.34	80.85	kg/cm ²

TABLA 2.21 (cont.) *****

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia							Temp. °C.
	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	
Sat.	1.6623	1.7025	1.7426	1.7823	1.8221	1.8621	1.9017	304.4
580	1.6252	1.6781	1.7334	—	—	—	—	
600	1.5780	1.6254	1.6739	1.7236	1.7750	1.8285	1.8848	315.6
620	1.5390	1.5827	1.6269	1.6718	1.7175	1.7642	1.8122	326.7
640	1.5058	1.5467	1.5879	1.6293	1.6713	1.7137	1.7568	337.8
660	1.4767	1.5155	1.5544	1.5933	1.6323	1.6718	1.7117	348.9
680	1.4506	1.4877	1.5248	1.5617	1.5988	1.6361	1.6732	360.0
700	1.4273	1.4629	1.4984	1.5337	1.5690	1.6044	1.6398	371.1
720	1.4058	1.4402	1.4744	1.5086	1.5425	1.5762	1.6102	382.2
740	1.3860	1.4195	1.4526	1.4856	1.5183	1.5510	1.5833	393.3
760	1.3767	1.4001	1.4324	1.4643	1.4960	1.5277	1.5591	404.4
780	1.3504	1.3821	1.4137	1.4447	1.4755	1.5062	1.5367	415.6
800	1.3343	1.3653	1.3960	1.4264	1.4565	1.4863	1.5158	426.7
850	1.2975	1.3270	1.3562	1.3850	1.4136	1.4417	1.5247	454.4
900	1.2649	1.2933	1.3213	1.3489	1.3761	1.4030	1.4296	482.2
950	1.2359	1.2630	1.2899	1.3165	1.3427	1.3686	1.3940	510.0
1000	1.2089	1.2354	1.2615	1.2871	1.3125	1.3374	1.3621	537.8
1050	1.1844	1.2100	1.2353	1.2603	1.2848	1.3090	1.3329	565.6
1100	1.1615	1.1866	1.2113	1.2355	1.2594	1.2829	1.3061	593.3
1200	1.1203	1.1443	1.1678	1.1909	1.2137	1.2361	1.2581	648.9
1400	1.0514	1.0735	1.0953	1.1166	1.1376	1.1583	1.1786	760.0
1600	.9950	1.0158	1.0362	1.0562	1.0758	1.0951	1.1141	871.1
	84.37	87.88	91.40	94.92	98.43	102.0	105.5	kg/cm ²

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia						Temp. °C.	
	1600	1700	1800	1900	2000	2100		2200
Sat.	1.9811	2.0611	2.1423	2.2244	2.3076	2.3932	2.4807	326.7
620	1.9129	2.0232	—	—	—	—	—	
640	1.8455	1.9386	2.0383	2.1477	2.2727	—	—	337.8
660	1.7926	1.8758	1.9623	2.0537	2.1512	2.2576	2.3783	348.9
680	1.7485	1.8251	1.9035	1.9842	2.0686	2.1567	2.2513	360.0
700	1.7107	1.7823	1.8547	1.9288	2.0044	2.0824	2.1642	371.1
720	1.6777	1.7453	1.8134	1.8821	1.9522	2.0232	2.0966	382.2
740	1.6480	1.7125	1.7772	1.8421	1.9076	1.9737	2.0412	393.3
760	1.6214	1.6833	1.7450	1.8069	1.8689	1.9310	1.9944	404.4
780	1.5970	1.6568	1.7162	1.7753	1.8343	1.8935	1.9533	415.6
800	1.5745	1.6323	1.6898	1.7469	1.8036	1.8602	1.9171	426.7
850	1.5247	1.5790	1.6323	1.6853	1.7375	1.7896	1.8410	454.4
900	1.4820	1.5334	1.5839	1.6336	1.6826	1.7311	1.7792	482.2
950	1.4443	1.4934	1.5416	1.5889	1.6356	1.6814	1.7267	510.0
1000	1.4104	1.4577	1.5040	1.5495	1.5941	1.6380	1.6812	537.8
1050	1.3797	1.4254	1.4701	1.5139	1.5568	1.5990	1.6407	565.6
1100	1.3516	1.3959	1.4392	1.4815	1.5230	1.5638	1.6040	593.3
1200	1.3012	1.3433	1.3844	1.4244	1.4636	1.5019	1.5397	648.9
1400	1.2182	1.2569	1.2945	1.3311	1.3669	1.4019	1.4361	760.0
1600	1.1513	1.1873	1.2223	1.2565	1.2898	1.3223	1.3542	871.1
	112.5	119.5	126.5	133.6	140.6	147.6	154.7	kg/cm ²

TABLE 2.21 (cont.) *****

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia							Temp. °C.
	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	
Sat.	2.5709	2.6660	2.7661	2.8712	2.9841	3.1083	3.2495	
660	2.5198	—	—	—	—	—	—	348.9
670	2.4239	2.5599	2.7298	—	—	—	—	354.4
680	2.3531	2.4663	2.5959	2.7535	2.9656	—	—	360.0
690	2.2960	2.3959	2.5047	2.6288	2.7746	2.9605	—	365.6
700	2.2485	2.3389	2.4354	2.5408	2.6584	2.7940	2.9579	371.1
720	2.1713	2.2490	2.3306	2.4154	2.5063	2.6038	2.7096	382.2
740	2.1096	2.1796	2.2513	2.3256	2.4028	2.4830	2.5675	393.3
760	2.0576	2.1219	2.1874	2.2547	2.3231	2.3939	2.4663	404.4
780	2.0129	2.0730	2.1340	2.1958	2.2588	2.3224	2.3877	415.6
800	1.9737	2.0307	2.0879	2.1457	2.2038	2.2628	2.3231	426.7
850	1.8924	1.9435	1.9944	2.0455	2.0966	2.1477	2.1990	454.4
900	1.8267	1.8738	1.9209	1.9672	2.0137	2.0602	2.1063	482.2
950	1.7716	1.8158	1.8598	1.9035	1.9466	1.9893	2.0320	510.0
1000	1.7239	1.7658	1.8075	1.8487	1.8895	1.9299	1.9699	537.8
1050	1.6814	1.7218	1.7617	1.8010	1.8396	1.8781	1.9164	565.6
1100	1.6433	1.6822	1.7203	1.7579	1.7952	1.8322	1.8686	593.3
1200	1.5766	1.6131	1.6489	1.6841	1.7188	1.7530	1.7869	648.9
1400	1.4696	1.5026	1.5350	1.5667	1.5980	1.6289	1.6593	760.0
1600	1.3853	1.4159	1.4458	1.4752	1.5041	1.5325	1.5604	871.1
	161.7	168.7	175.8	182.8	189.8	196.9	203.9	kg/cm ²

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia						Temp. °C.
	3000	3100	3200	3206.2	3300	3400	
Sat.	3.4140	3.6442	4.1165	—	—	—	
690	—	—	—	—	5.8421	5.8722	365.6
700	3.1879	—	—	—	5.5902	5.6614	371.1
710	2.9592	3.1435	3.4259	3.442	4.2835	5.2486	376.7
720	2.8273	2.9618	3.1204	3.1311	3.3241	3.5968	382.2
730	2.7328	2.8421	2.9643	2.9722	3.1054	3.2704	387.8
740	2.6575	2.7524	2.8560	2.8630	2.9696	3.0979	393.3
750	2.5950	2.6812	2.7724	2.7789	2.8689	2.9761	398.9
760	2.5416	2.6207	2.7027	2.7087	2.7896	2.8820	404.4
770	2.4953	2.5683	2.6444	2.6500	2.7237	2.8061	410.0
780	2.4544	2.5230	2.5941	2.5994	2.6669	2.7431	415.6
790	2.4175	2.4822	2.5491	2.5540	2.6180	2.6880	421.1
800	2.3837	2.4456	2.5086	2.5134	2.5734	2.6398	426.7
850	2.2504	2.3023	2.3544	2.3577	2.4070	2.4603	454.4
900	2.1522	2.1979	2.2439	2.2468	2.2899	2.3364	482.2
950	2.0744	2.1167	2.1587	2.1612	2.2005	2.2423	510.0
1000	2.0097	2.0490	2.0883	2.0906	2.1272	2.1657	537.8
1050	1.9537	1.9909	2.0282	2.0303	2.0646	2.1012	565.6
1100	1.9045	1.9400	1.9753	1.9776	2.0105	2.0451	593.3
1150	1.8602	1.8946	1.9284	1.9306	1.9619	1.9952	621.1
1200	1.8203	1.8534	1.8861	1.8878	1.9181	1.9503	648.9
1400	1.6891	1.7185	1.7477	1.7495	1.7764	1.8048	760.0
1600	1.5879	1.6150	1.6418	1.6433	1.6681	1.6942	871.1
	210.9	218.0	225.0	225.4	232.0	239.0	kg/cm ²

TABLE 2.21 (cont.) *****
*

Temp. °F.	Absolute Pressure, psia						Temp. °C.
	3500	3600	3700	3800	3900	4000	
Sat.							
690	5.9028	5.9235	5.9549	5.9868	6.0084	6.0302	365.6
700	5.7167	5.7639	5.8026	5.8421	5.8722	5.9028	371.1
710	5.4074	5.5132	5.5902	5.6523	5.6980	5.7449	376.7
720	4.2372	4.9387	5.1918	5.3529	5.4474	5.5216	382.2
730	3.4858	3.7770	4.2372	4.7141	5.0000	5.1778	387.8
740	3.2411	3.4100	3.6179	3.8808	4.2334	4.5739	393.3
750	3.0905	3.2191	3.3615	3.5267	3.7242	3.9591	398.9
760	2.9801	3.0875	3.2026	3.3278	3.4669	3.6250	404.4
770	2.8928	2.9867	3.0846	3.1895	3.3023	3.4260	410.0
780	2.8217	2.9050	2.9921	3.0831	3.1798	3.2844	415.6
790	2.7608	2.8364	2.9148	2.9975	3.0831	3.1734	421.1
800	2.7077	2.7778	2.8502	2.9248	3.0029	3.0831	426.7
820	2.6189	2.6803	2.7441	2.8083	2.8748	2.9425	437.8
840	2.5458	2.6020	2.6594	2.7176	2.7767	2.8364	448.9
860	2.4838	2.5351	2.5880	2.6407	2.6948	2.7493	460.0
880	2.4297	2.4792	2.5278	2.5768	2.6261	2.6764	471.1
900	2.3823	2.4289	2.4754	2.5222	2.5683	2.6153	482.2
920	2.3402	2.3850	2.4289	2.4731	2.5174	2.5616	493.3
940	2.3020	2.3447	2.3871	2.4289	2.4716	2.5142	504.4
960	2.2669	2.3076	2.3486	2.3891	2.4304	2.4708	515.6
980	2.2344	2.2739	2.3137	2.3531	2.3918	2.4311	526.7
1000	2.2043	2.2428	2.2810	2.3193	2.3570	2.3953	537.8
1050	2.1374	2.1734	2.2092	2.2451	2.2804	2.3156	565.6
1100	2.0793	2.1134	2.1477	2.1811	2.2146	2.2479	593.3
1150	2.0282	2.0607	2.0929	2.1253	2.1572	2.1884	621.1
1200	1.9819	2.0133	2.0442	2.0752	2.1059	2.1359	648.9
1400	1.8328	1.8605	1.8878	1.9150	1.9418	1.9684	760.0
1600	1.7198	1.7450	1.7700	1.7949	1.8191	1.8433	871.1
	246.1	253.1	260.1	267.2	274.2	281.2	kg/cm ²

TABLA 2.21 (conclusión)

VALORES DE K, β^2 PARA TONAS DE BRIDA

Z P	Exact Meter-Run Size *								
	1.0"	1.0"	1.0"	1.0"	5.0"	6.0"	8.0"	10.0"	
10	.006035	.006037	.005991	.005956	.005937	.005928	.005920	.005919	
11	.007294	.007293	.007236	.007198	.007179	.007170	.007165	.007163	
12	.008671	.008665	.008599	.008558	.008540	.008533	.008531	.008531	
13	.010167	.010156	.010079	.010037	.010021	.010016	.010018	.010021	
14	.011781	.011763	.011678	.011637	.011624	.011622	.011626	.011630	
15	.013514	.013489	.013396	.013357	.013348	.013350	.013355	.013359	
16	.015366	.015334	.015234	.015199	.015196	.015199	.015206	.015210	
17	.017337	.017297	.017193	.017165	.017166	.017170	.017177	.017182	
18	.019427	.019380	.019274	.019253	.019258	.019263	.019270	.019275	
19	.021638	.021582	.021478	.021466	.021472	.021478	.021485	.021490	
20	.023966	.023906	.023806	.023802	.023814	.023814	.023822	.023828	
21	.026422	.026351	.026239	.026267	.026268	.026274	.026282	.026287	
22	.028996	.028920	.028837	.028844	.028851	.028856	.028864	.028870	
23	.031693	.031612	.031541	.031550	.031557	.031562	.031570	.031576	
24	.034514	.034430	.034372	.034380	.034387	.034392	.034400	.034406	
25	.037459	.037373	.037328	.037336	.037342	.037347	.037355	.037361	
26	.040531	.040444	.040410	.040416	.040422	.040427	.040434	.040440	
27	.043728	.043643	.043618	.043623	.043628	.043633	.043640	.043646	
28	.047053	.046972	.046954	.046957	.046961	.046965	.046972	.046978	
29	.050511	.050432	.050418	.050419	.050422	.050426	.050432	.050438	
30	.054098	.054025	.054011	.054010	.054012	.054015	.054021	.054026	
31	.057816	.057751	.057735	.057732	.057732	.057734	.057739	.057743	
32	.061670	.061613	.061591	.061585	.061584	.061586	.061588	.061592	
33	.065660	.065608	.065579	.065570	.065567	.065569	.065573	.065577	
34	.069787	.069739	.069703	.069690	.069686	.069684	.069684	.069687	
35	.074055	.074007	.073963	.073947	.073939	.073936	.073935	.073937	
36	.078464	.078414	.078361	.078340	.078331	.078326	.078323	.078323	
37	.083017	.082963	.082930	.082914	.082912	.082911	.082910	.082910	
38	.087716	.087654	.087581	.087550	.087535	.087532	.087518	.087515	
39	.092562	.092492	.092407	.092370	.092351	.092340	.092329	.092323	
40	.097557	.097478	.097380	.097337	.097315	.097301	.097287	.097280	
41	.102700	.102620	.102500	.102450	.102430	.102410	.102390	.102380	
42	.108000	.107910	.107780	.107720	.107690	.107670	.107650	.107640	
43	.113470	.113360	.113210	.113150	.113110	.113090	.113060	.113050	
44	.119090	.118960	.118810	.118740	.118690	.118660	.118630	.118620	
45	.124880	.124740	.124560	.124480	.124430	.124400	.124370	.124350	
46	.130830	.130680	.130490	.130390	.130340	.130300	.130260	.130240	
47	.136950	.136800	.136590	.136480	.136420	.136380	.136330	.136300	
48	.143270	.143090	.142850	.142740	.142670	.142620	.142570	.142540	
49	.149760	.149560	.149300	.149170	.149100	.149050	.148990	.148940	
50	.156430	.156220	.155940	.155800	.155710	.155660	.155590	.155540	
51	.163300	.163070	.162760	.162610	.162510	.162450	.162370	.162330	
52	.170360	.170110	.169780	.169610	.169510	.169440	.169350	.169300	
53	.177610	.177340	.177010	.176820	.176710	.176630	.176540	.176480	
54	.185130	.184840	.184500	.184240	.184120	.184040	.183930	.183860	
55	.192840	.192530	.192100	.191880	.191750	.191660	.191540	.191460	
56	.200760	.200430	.200000	.199750	.199600	.199500	.199370	.199280	
57	.208890	.208540	.208110	.207850	.207690	.207570	.207430	.207330	
58	.217240	.216870	.216480	.216190	.216010	.215890	.215730	.215620	
59	.225810	.225460	.225090	.224780	.224590	.224450	.224270	.224160	
60	.234600	.234210	.233970	.233630	.233420	.233270	.233080	.232950	
61	.243600	.243180	.242930	.242560	.242320	.242160	.241940	.241800	
62	.252800	.252360	.252090	.251690	.251410	.251230	.251000	.250840	
63	.262200	.261740	.261450	.261020	.260710	.260500	.260260	.260090	
64	.271800	.271320	.271010	.270560	.270220	.270000	.269730	.269540	
65	.281600	.281100	.280780	.280290	.280000	.279760	.279460	.279240	
66	.291600	.291080	.290750	.290190	.289860	.289600	.289290	.289040	
67	.301800	.301260	.300920	.300240	.299900	.299610	.299260	.298980	
68	.312200	.311640	.311290	.310500	.310140	.309810	.309410	.309040	
69	.322800	.322220	.321850	.320950	.320570	.320210	.319760	.319330	
70	.333600	.333000	.332620	.331600	.331200	.330810	.330280	.329810	
71	.344600	.344000	.343600	.342460	.342040	.341610	.341040	.340530	
72	.355800	.355200	.354800	.353540	.353100	.352650	.352040	.351540	
73	.367200	.366600	.366200	.364820	.364360	.363890	.363190	.362690	
74	.378800	.378200	.377800	.376300	.375820	.375320	.374510	.373910	
75	.390600	.390000	.389600	.387980	.387480	.386950	.386040	.385440	

TABLA 2.22

d/D	Exact Meter-Run Size *						
	12.0°	14.0°	16.0°	18.0°	20.0°	25.0°	
.10	.005919	.005920	.005921	.005922	.005922	.005924	.005925
.11	.007167	.007168	.007169	.007170	.007171	.007172	.007173
.12	.008535	.008536	.008538	.008539	.008540	.008541	.008543
.13	.010023	.010025	.010027	.010028	.010029	.010031	.010032
.14	.011632	.011634	.011636	.011637	.011639	.011641	.011642
.15	.013362	.013364	.013366	.013368	.013369	.013372	.013373
.16	.015213	.015215	.015217	.015219	.015221	.015223	.015225
.17	.017185	.017188	.017190	.017192	.017193	.017196	.017199
.18	.019279	.019282	.019284	.019286	.019288	.019291	.019293
.19	.021494	.021497	.021500	.021502	.021504	.021507	.021510
.20	.023832	.023835	.023838	.023840	.023842	.023846	.023848
.21	.026292	.026295	.026298	.026300	.026302	.026306	.026309
.22	.028875	.028878	.028881	.028884	.028886	.028890	.028893
.23	.031581	.031585	.031588	.031590	.031593	.031597	.031600
.24	.034411	.034415	.034418	.034421	.034423	.034428	.034431
.25	.037366	.037370	.037373	.037376	.037378	.037383	.037387
.26	.040445	.040449	.040453	.040455	.040458	.040463	.040467
.27	.043651	.043655	.043658	.043661	.043663	.043669	.043672
.28	.046983	.046987	.046990	.046993	.046995	.047001	.047005
.29	.050442	.050446	.050449	.050452	.050455	.050460	.050464
.30	.054030	.054034	.054037	.054040	.054042	.054048	.054052
.31	.057747	.057751	.057754	.057757	.057759	.057765	.057769
.32	.061596	.061599	.061602	.061605	.061607	.061612	.061616
.33	.065576	.065579	.065582	.065584	.065587	.065592	.065596
.34	.069690	.069692	.069695	.069697	.069699	.069704	.069707
.35	.073939	.073941	.073943	.073945	.073947	.073952	.073955
.36	.078324	.078326	.078328	.078330	.078332	.078336	.078339
.37	.082849	.082850	.082852	.082853	.082854	.082858	.082861
.38	.087514	.087515	.087516	.087517	.087518	.087521	.087524
.39	.092323	.092323	.092323	.092323	.092323	.092327	.092329
.40	.097277	.097276	.097275	.097276	.097276	.097277	.097279
.41	.102380	.102380	.102380	.102380	.102380	.102380	.102380
.42	.107630	.107630	.107630	.107630	.107630	.107629	.107630
.43	.113040	.113040	.113039	.113039	.113039	.113039	.113039
.44	.118610	.118609	.118609	.118609	.118609	.118609	.118609
.45	.124330	.124329	.124329	.124329	.124329	.124329	.124329
.46	.130210	.130210	.130210	.130210	.130210	.130210	.130210
.47	.136280	.136279	.136279	.136279	.136279	.136279	.136279
.48	.142520	.142520	.142520	.142520	.142520	.142520	.142520
.49	.148930	.148930	.148930	.148930	.148930	.148930	.148930
.50	.155520	.155520	.155520	.155520	.155520	.155520	.155520
.51	.162290	.162290	.162290	.162290	.162290	.162290	.162290
.52	.169260	.169260	.169260	.169260	.169260	.169260	.169260
.53	.176440	.176440	.176439	.176439	.176439	.176439	.176439
.54	.183820	.183820	.183820	.183820	.183820	.183820	.183820
.55	.191410	.191410	.191410	.191410	.191410	.191410	.191410
.56	.199220	.199220	.199220	.199220	.199220	.199220	.199220
.57	.207270	.207270	.207199	.207160	.207130	.207090	.207060
.58	.215550	.215550	.215479	.215420	.215400	.215350	.215310
.59	.224080	.224020	.223970	.223940	.223910	.223850	.223810
.60	.232860	.232800	.232730	.232700	.232670	.232600	.232560
.61	.241910	.241840	.241780	.241730	.241690	.241620	.241570
.62	.251230	.251150	.251080	.251030	.250990	.250910	.250850
.63	.260840	.260750	.260680	.260620	.260570	.260480	.260410
.64	.270740	.270640	.270560	.270500	.270440	.270340	.270270
.65	.280950	.280840	.280730	.280680	.280620	.280510	.280430
.66	.291480	.291360	.291260	.291180	.291120	.291000	.290910
.67	.302340	.302210	.302100	.302020	.301950	.301810	.301710
.68	.313550	.313400	.313290	.313200	.313120	.312970	.312860
.69	.325120	.324960	.324830	.324730	.324640	.324480	.324360
.70	.337060	.336890	.336730	.336640	.336540	.336360	.336270
.71	.349410	.349220	.349070	.348950	.348850	.348650	.348500
.72	.362230	.362020	.361860	.361720	.361610	.361390	.361230
.73	.375580	.375340	.375160	.375010	.374880	.374640	.374470
.74	.389500	.389230	.389030	.388860	.388710	.388450	.388250
.75	.404040	.403730	.403500	.403310	.403130	.402850	.402630

TABLA 2.22 (conclusión)

VALORES DE K_{β}^2 PARA TOMAS 2I/2D Y 8D.

d/D	Exact Meter-Run Size *							
	1.0"	2.0"	3.0"	4.0"	5.0"	6.0"	8.0"	10.0"
10	.006083	.006061	.006029	.006011	.006000	.005992	.005981	.005974
11	.007356	.007331	.007296	.007276	.007264	.007254	.007245	.007236
12	.008751	.008724	.008685	.008665	.008651	.008642	.008630	.008622
13	.010271	.010242	.010201	.010178	.010164	.010154	.010141	.010133
14	.011916	.011885	.011842	.011818	.011803	.011793	.011779	.011771
15	.013690	.013657	.013611	.013587	.013571	.013564	.013547	.013538
16	.015594	.015560	.015511	.015486	.015470	.015459	.015445	.015436
17	.017627	.017590	.017541	.017515	.017499	.017488	.017474	.017465
18	.019803	.019765	.019717	.019684	.019668	.019656	.019641	.019632
19	.022110	.022070	.022015	.021987	.021970	.021957	.021943	.021934
20	.024526	.024488	.024436	.024410	.024394	.024384	.024371	.024363
21	.027124	.027082	.027027	.026999	.026983	.026972	.026958	.026949
22	.029865	.029821	.029762	.029733	.029715	.029703	.029688	.029679
23	.032751	.032705	.032643	.032612	.032593	.032581	.032565	.032556
24	.035786	.035737	.035673	.035640	.035621	.035608	.035592	.035582
25	.038972	.038921	.038854	.038821	.038800	.038787	.038770	.038760
26	.042312	.042260	.042191	.042156	.042135	.042121	.042103	.042093
27	.045810	.045757	.045685	.045650	.045628	.045614	.045596	.045585
28	.049469	.049415	.049341	.049305	.049283	.049269	.049250	.049239
29	.053293	.053238	.053164	.053127	.053105	.053090	.053071	.053060
30	.057287	.057231	.057157	.057119	.057097	.057082	.057063	.057052
31	.061454	.061398	.061324	.061286	.061263	.061248	.061230	.061218
32	.065799	.065744	.065669	.065632	.065610	.065595	.065576	.065565
33	.070328	.070273	.070199	.070162	.070140	.070125	.070107	.070096
34	.075046	.074992	.074919	.074883	.074861	.074847	.074828	.074818
35	.079958	.079905	.079831	.079794	.079772	.079756	.079741	.079730
36	.085072	.085021	.084952	.084915	.084893	.084884	.084867	.084857
37	.090393	.090344	.090279	.090242	.090220	.090213	.090196	.090186
38	.095929	.095883	.095821	.095784	.095761	.095758	.095742	.095733
39	.101690	.101650	.101590	.101552	.101530	.101515	.101500	.101490
40	.107680	.107640	.107580	.107542	.107520	.107505	.107490	.107480
41	.113910	.113870	.113820	.113782	.113760	.113745	.113730	.113720
42	.120390	.120360	.120310	.120272	.120250	.120235	.120220	.120210
43	.127140	.127110	.127060	.127022	.127000	.126985	.126970	.126960
44	.134150	.134120	.134080	.134042	.134020	.134005	.134000	.134000
45	.141450	.141430	.141390	.141370	.141360	.141360	.141350	.141340
46	.149050	.149020	.148990	.148970	.148970	.148960	.148950	.148950
47	.156950	.156930	.156900	.156890	.156880	.156880	.156870	.156860
48	.165190	.165170	.165140	.165130	.165120	.165110	.165110	.165100
49	.173760	.173740	.173720	.173700	.173700	.173690	.173680	.173680
50	.182690	.182670	.182650	.182640	.182630	.182620	.182610	.182610
51	.192000	.191980	.191950	.191940	.191930	.191920	.191910	.191910
52	.201710	.201690	.201650	.201640	.201630	.201620	.201610	.201610
53	.211840	.211810	.211770	.211750	.211740	.211730	.211720	.211710
54	.222400	.222370	.222350	.222340	.222330	.222320	.222310	.222310
55	.233430	.233390	.233370	.233360	.233270	.233260	.233250	.233240
56	.244960	.244900	.244820	.244780	.244750	.244740	.244730	.244720
57	.257000	.256920	.256820	.256770	.256740	.256720	.256700	.256680
58	.269590	.269500	.269370	.269310	.269270	.269240	.269210	.269190
59	.282770	.282650	.282490	.282410	.282360	.282330	.282290	.282270
60	.296560	.296410	.296220	.296120	.296060	.296020	.295970	.295940
61	.311010	.310830	.310590	.310470	.310400	.310350	.310290	.310250
62	.326160	.325940	.325650	.325500	.325410	.325350	.325280	.325240
63	.342060	.341790	.341440	.341260	.341150	.341080	.340990	.340940
64	.358750	.358430	.358000	.357790	.357660	.357570	.357470	.357420
65	.376280	.375900	.375400	.375140	.374990	.374890	.374760	.374680
66	.394730	.394280	.393680	.393380	.393190	.393070	.392920	.392830
67	.414150	.413620	.412910	.412350	.412040	.411890	.411720	.411610
68	.434610	.433990	.433160	.43240	.43170	.43130	.43100	.43080
69	.456190	.455470	.454510	.454020	.453730	.453540	.453300	.453100
70	.478990	.478150	.477040	.476480	.476140	.475920	.475610	.47540
71	.503020	.50210	.500850	.50020	.499810	.499550	.499250	.49900
72	.528320	.52730	.526040	.525300	.524850	.524550	.524180	.52390
73	.55490	.55420	.552740	.551980	.551370	.551030	.550610	.55030
74	.58280	.58200	.58100	.58010	.57920	.57840	.57840	.57830
75	.61490	.61360	.61180	.61080	.60940	.60890	.60840	.60810

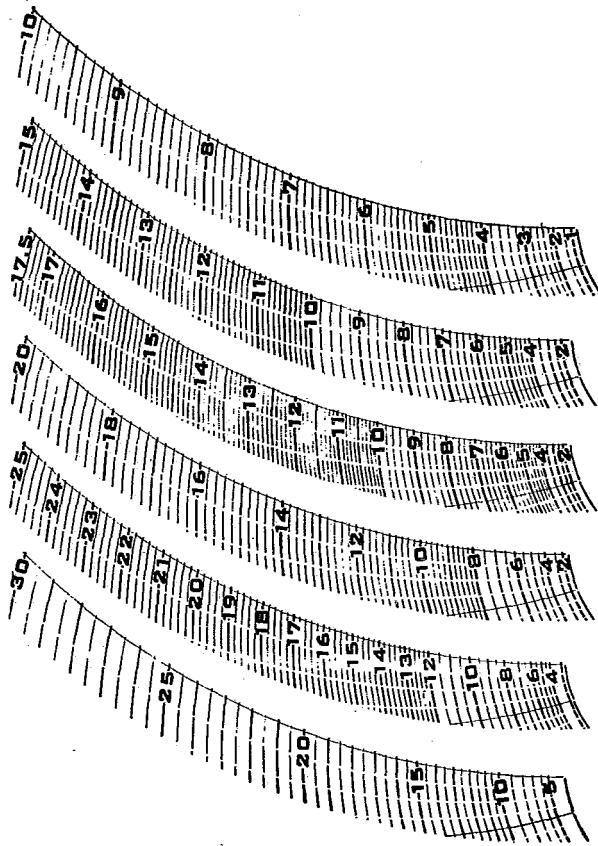
TABLA 2.23

d/D	Exact Meter-Run Size *						
	12.0°	14.0°	16.0°	18.0°	20.0°	25.0°	30.0°
10	.003969	.003965	.003962	.003960	.003958	.003954	.003951
11	.007231	.007226	.007223	.007221	.007218	.007214	.007211
12	.008616	.008612	.008609	.008606	.008603	.008599	.008596
13	.010127	.010123	.010119	.010116	.010114	.010110	.010107
14	.011765	.011761	.011757	.011754	.011752	.011747	.011744
15	.013532	.013528	.013524	.013521	.013519	.013514	.013511
16	.015430	.015425	.015422	.015419	.015417	.015412	.015408
17	.017459	.017454	.017451	.017448	.017446	.017442	.017439
18	.019626	.019621	.019618	.019615	.019613	.019609	.019606
19	.021928	.021923	.021920	.021917	.021915	.021911	.021908
20	.024358	.024354	.024351	.024349	.024347	.024344	.024342
21	.026944	.026940	.026937	.026934	.026933	.026929	.026927
22	.029674	.029669	.029666	.029664	.029662	.029658	.029656
23	.032550	.032545	.032542	.032539	.032537	.032534	.032531
24	.035575	.035570	.035567	.035564	.035562	.035558	.035556
25	.038753	.038748	.038744	.038742	.038739	.038735	.038733
26	.042086	.042081	.042077	.042074	.042072	.042068	.042065
27	.045578	.045573	.045569	.045566	.045563	.045559	.045556
28	.049227	.049222	.049219	.049217	.049214	.049211	.049208
29	.053053	.053048	.053044	.053040	.053038	.053033	.053031
30	.057044	.057039	.057035	.057032	.057029	.057025	.057022
31	.061211	.061205	.061201	.061198	.061196	.061191	.061188
32	.065587	.065582	.065578	.065575	.065572	.065568	.065565
33	.070069	.070063	.070059	.070056	.070054	.070050	.070047
34	.074741	.074735	.074731	.074728	.074726	.074721	.074718
35	.079729	.079723	.079719	.079717	.079714	.079710	.079707
36	.084845	.084839	.084835	.084832	.084829	.084825	.084822
37	.090180	.090175	.090172	.090169	.090167	.090162	.090160
38	.095727	.095722	.095719	.095716	.095714	.095709	.095706
39	.101500	.101495	.101490	.101489	.101489	.101484	.101480
40	.107500	.107500	.107500	.107500	.107499	.107498	.107498
41	.113750	.113740	.113740	.113740	.113740	.113730	.113730
42	.120250	.120240	.120240	.120240	.120230	.120230	.120230
43	.127000	.127000	.126990	.126990	.126990	.126990	.126990
44	.134000	.134020	.134020	.134020	.134020	.134020	.134020
45	.141340	.141340	.141330	.141330	.141330	.141330	.141330
46	.148940	.148940	.148940	.148940	.148940	.148940	.148940
47	.156860	.156860	.156860	.156860	.156860	.156860	.156860
48	.165100	.165100	.165100	.165100	.165090	.165090	.165090
49	.173680	.173680	.173670	.173670	.173670	.173670	.173670
50	.182610	.182610	.182610	.182600	.182600	.182600	.182600
51	.191910	.191910	.191910	.191910	.191910	.191900	.191900
52	.201600	.201600	.201600	.201600	.201600	.201600	.201590
53	.211710	.211700	.211700	.211700	.211700	.211700	.211690
54	.222240	.222240	.222240	.222230	.222230	.222230	.222230
55	.233230	.233230	.233220	.233220	.233220	.233210	.233210
56	.244700	.244690	.244690	.244680	.244680	.244680	.244670
57	.256670	.256660	.256660	.256650	.256650	.256650	.256640
58	.269150	.269170	.269160	.269160	.269150	.269150	.269140
59	.282750	.282240	.282230	.282230	.282220	.282210	.282200
60	.295920	.295910	.295900	.295900	.295880	.295870	.295860
61	.310230	.310210	.310200	.310190	.310180	.310160	.310160
62	.325210	.325190	.325170	.325160	.325150	.325130	.325120
63	.340900	.340880	.340860	.340840	.340830	.340810	.340790
64	.357360	.357330	.357310	.357290	.357270	.357250	.357230
65	.374630	.374590	.374570	.374540	.374530	.374500	.374480
66	.392770	.392730	.392700	.392670	.392650	.392610	.392590
67	.411840	.411790	.411750	.411720	.411700	.411660	.411630
68	.431910	.431850	.431810	.431770	.431740	.431690	.431660
69	.453050	.452980	.452930	.452890	.452860	.452800	.452760
70	.475370	.475270	.475210	.475170	.475130	.475060	.475020
71	.498900	.498810	.498740	.498690	.498650	.498570	.498530
72	.523810	.523700	.523620	.523560	.523510	.523420	.523380
73	.550180	.550060	.549970	.549900	.549840	.549740	.549670
74	.578160	.578020	.577920	.577840	.577770	.577660	.577580
75	.607880	.607730	.607610	.607520	.607440	.607310	.607220

TABLE 2.23 (conclusion)

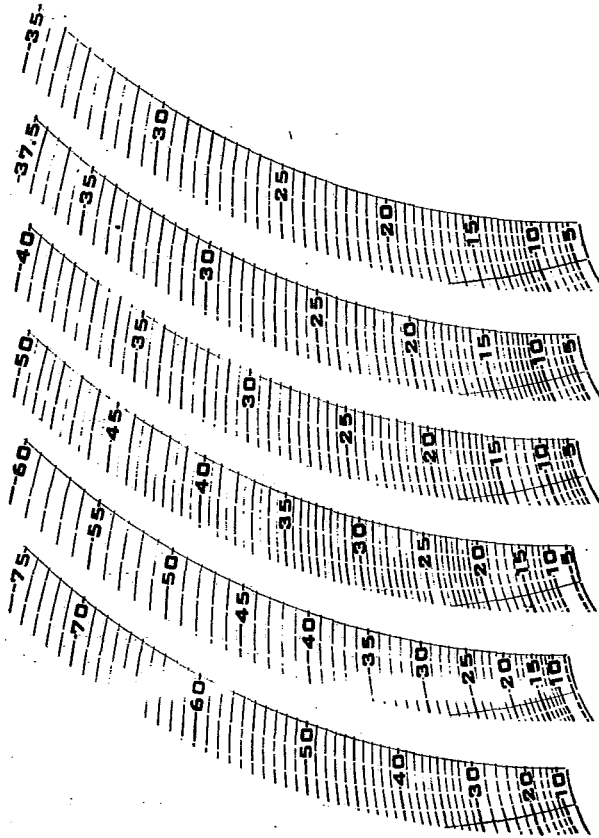
C A R T A S

CARTA DE ESCALA DE FLUJO DE RAIZ CUADRADA



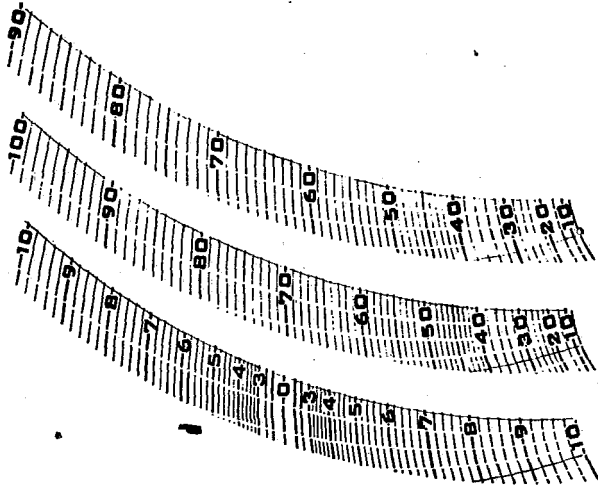
CARTA 2.1

CARTA DE ESCALA DE FLUJO DE RAIZ CUADRADA.



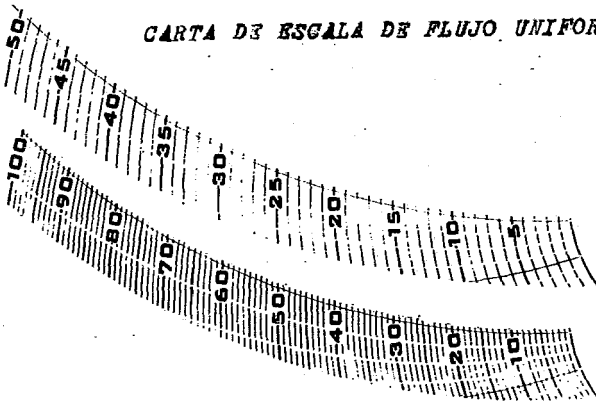
CARTA 2.2

CARTA DE ESCALA DE FLUJO DE RAIZ CUADRADA



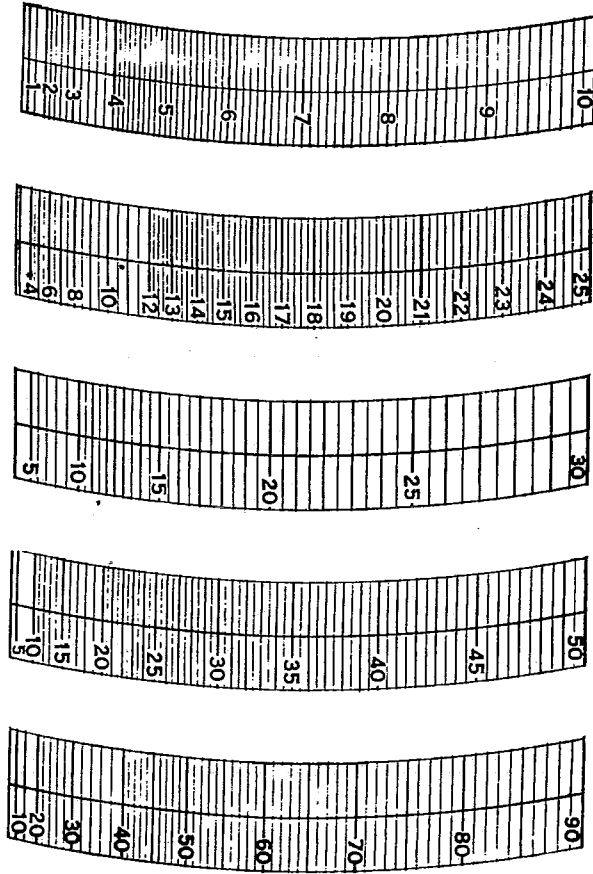
CARTA 2.3

CARTA DE ESCALA DE FLUJO UNIFORME.



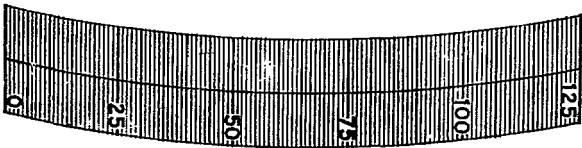
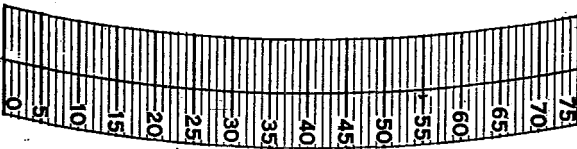
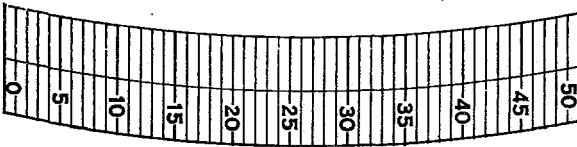
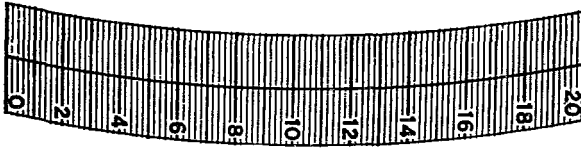
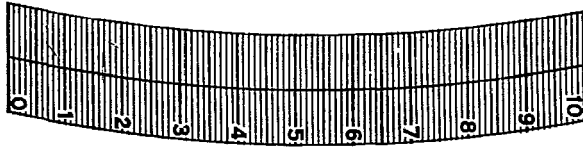
CARTA 2.4

CARTA DE ESCALA DE EXTRACCION DE RAIZ CUADRADA



CAR^{TA} 2.5

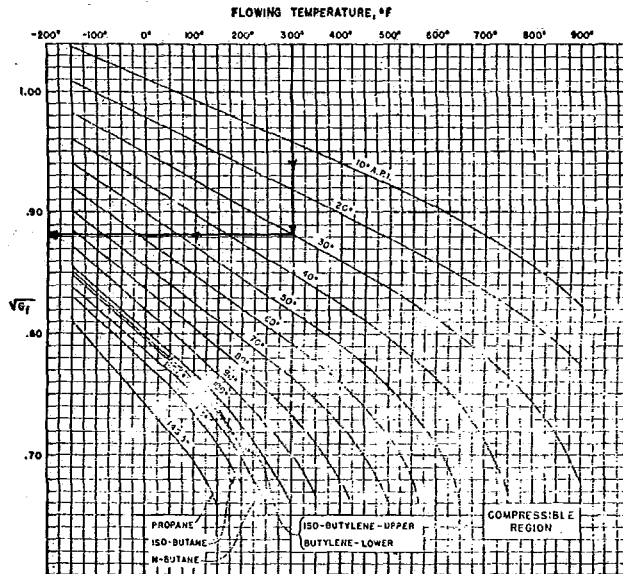
CARTA DE ESCALA DE BANDA DE FLUJO UNIFORME.



CARTA 2.3

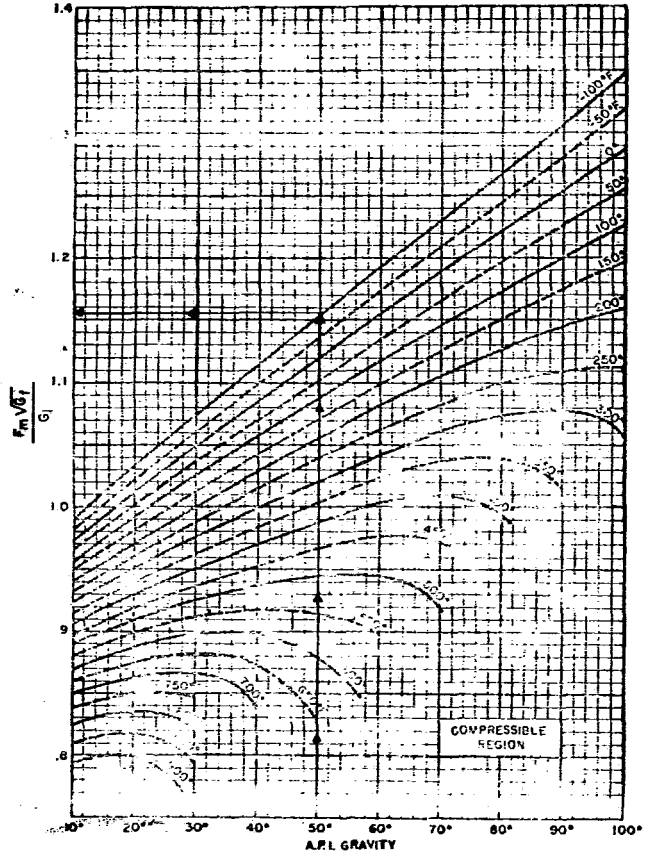
NOTA: Todas las cartas anteriores se usan con medidores de escala diferencial uniforme.

GRAFICAS



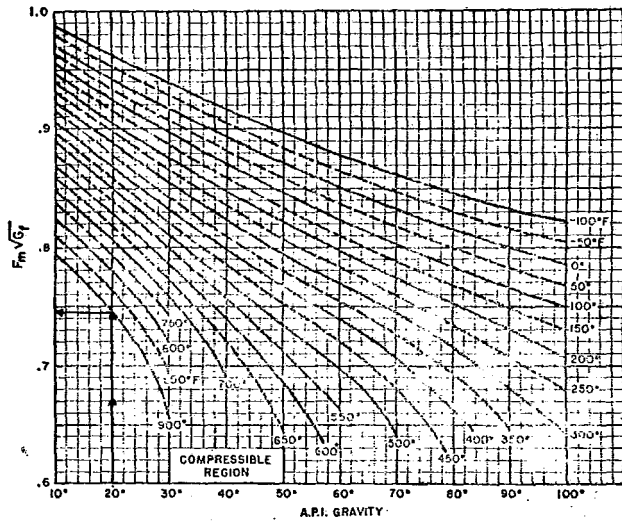
Valores de $G_f^{1/2}$ para aceites de petróleo.

GRAFICA 2.1



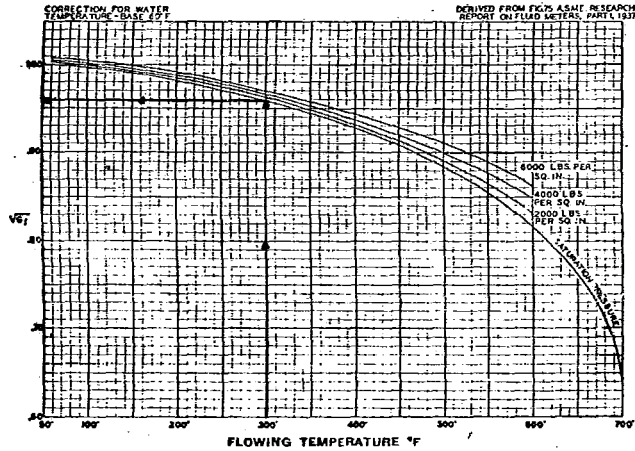
Factores combinados para aceites de petróleo en medidores de flotador de Hg no sellados.

GRAFICA 2.2



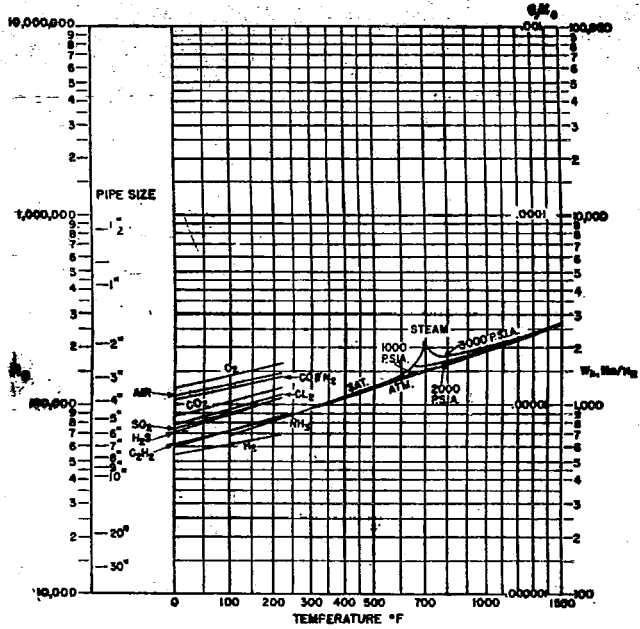
Factores combinados para aceites de petróleo en medidores de flotador de Hg no sellados.

GRAFICA 2.3



Valores de $G_j^{1/2}$ para agua.

GRAFICA 2.4



Carta para encontrar R_D para vapor de agua o vapor (para cualquier elemento - primario y cualquier localización de tomas).

FIGURA 2.5

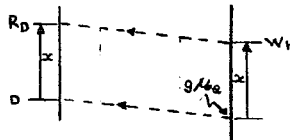
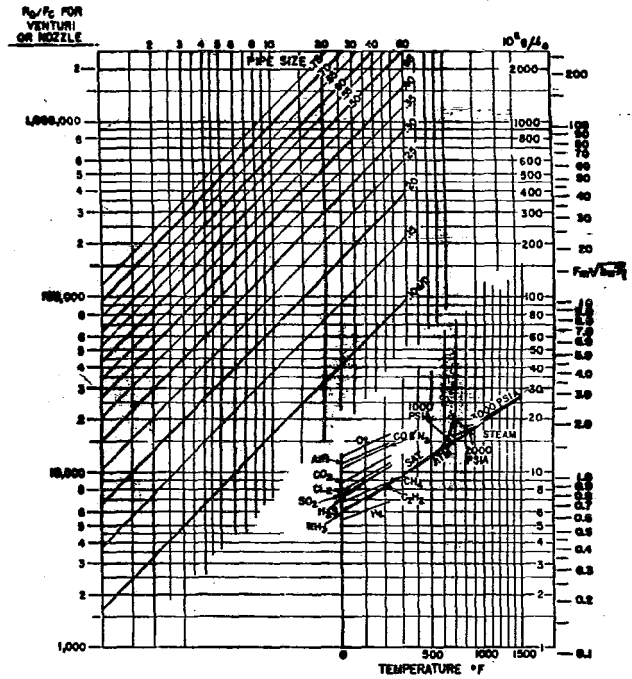
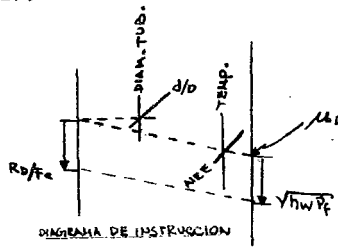
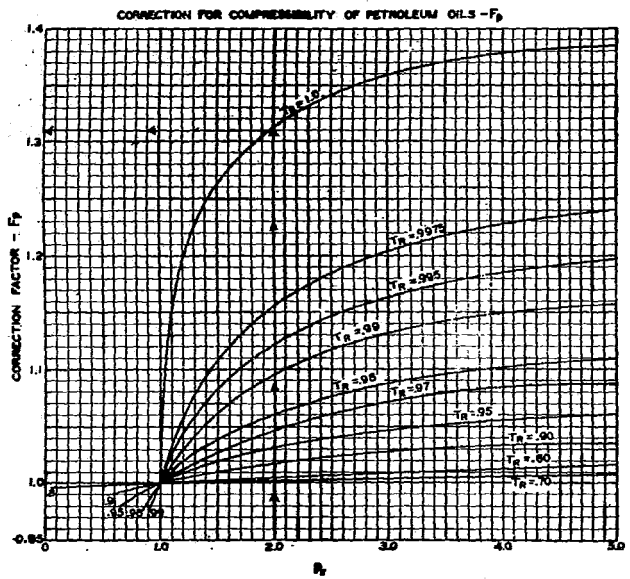


DIAGRAMA DE INSTRUCCION



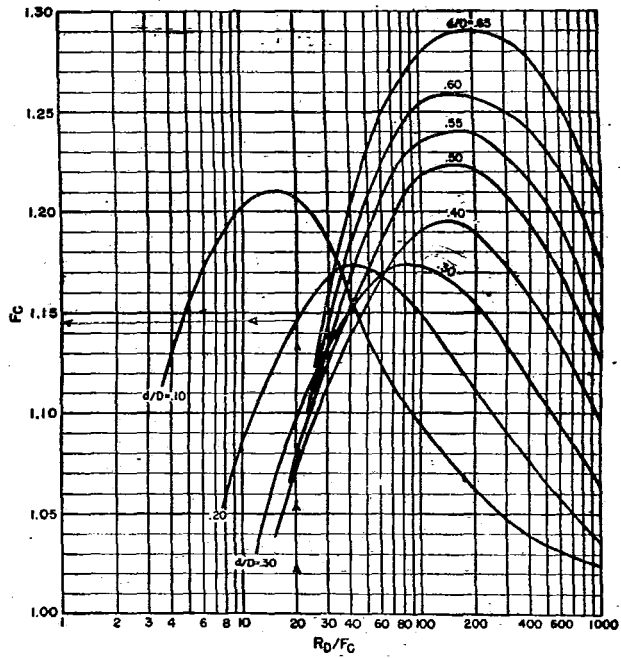
Carta para encontrar R_D/F_c para vapor de agua o vapor (tobera de flujo o tubo Venturi).

FIGURA 2.7



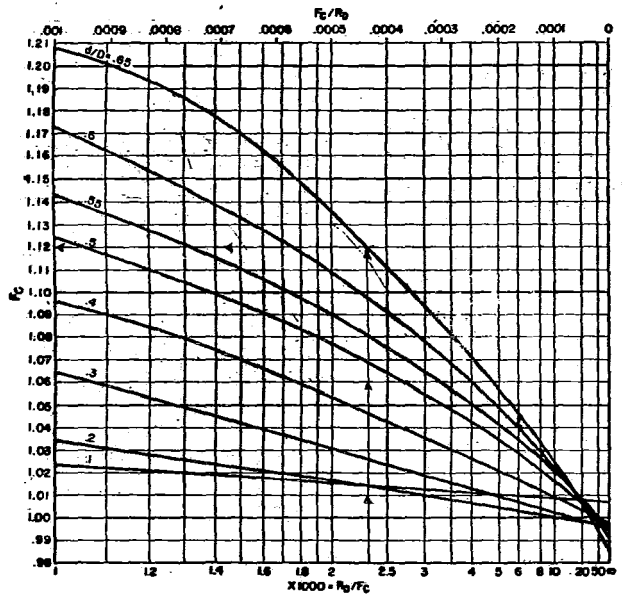
Compresibilidad de líquidos del petróleo.

GRAFICA 2.8



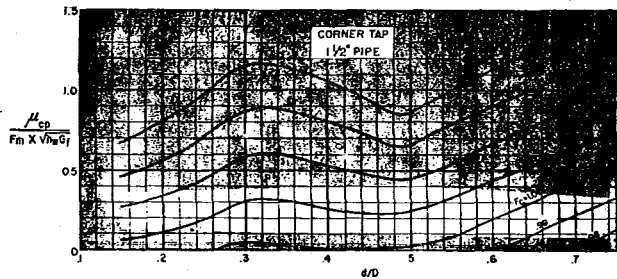
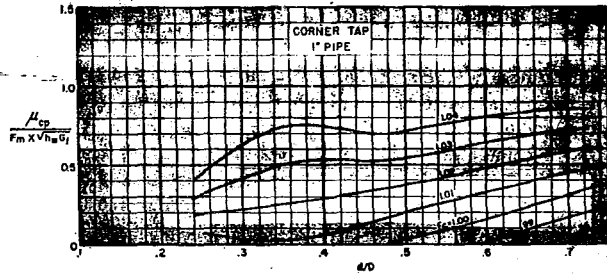
Correcciones de viscosidad para orificios concéntricos (tomas de brida o de esquina a bajos números de Reynolds).

GRAFICA 2.9



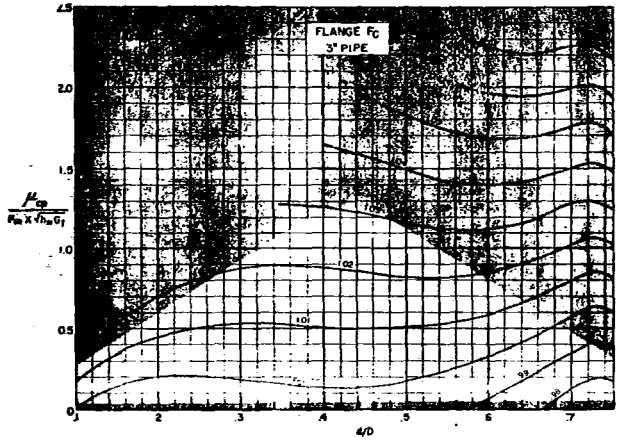
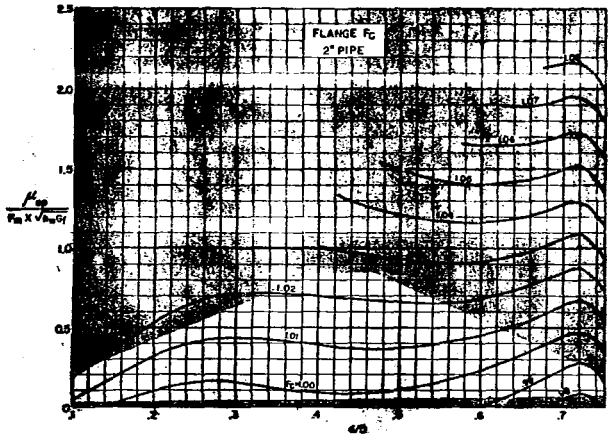
Correcciones de viscosidad para orificios concéntricos (tomas de brida o de esquina a números de Reynolds intermedios).

GRAFICA 2.10

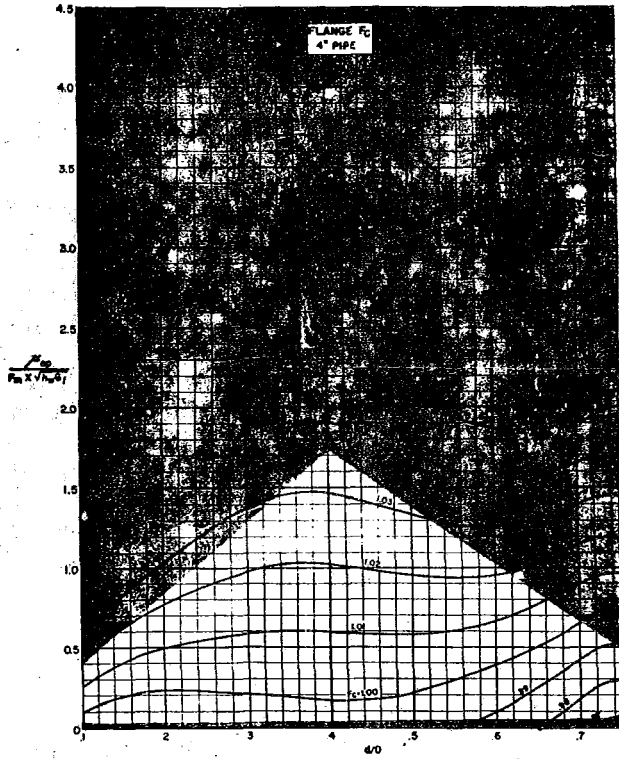


Correcciones simplificadas para el número de Reynolds (tomos de esquina)

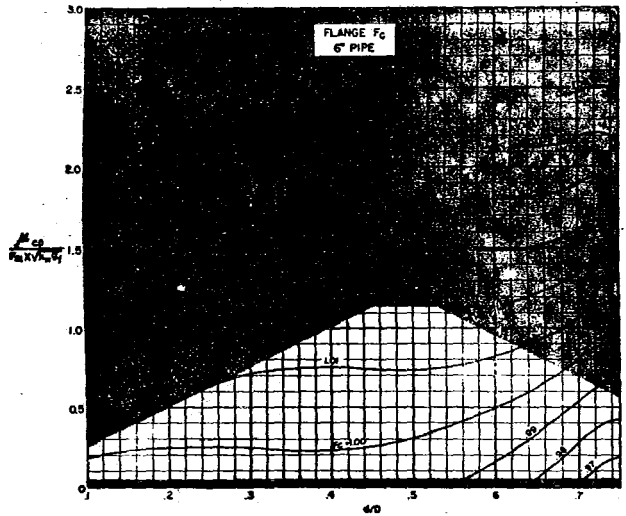
GRAFICA 2.11



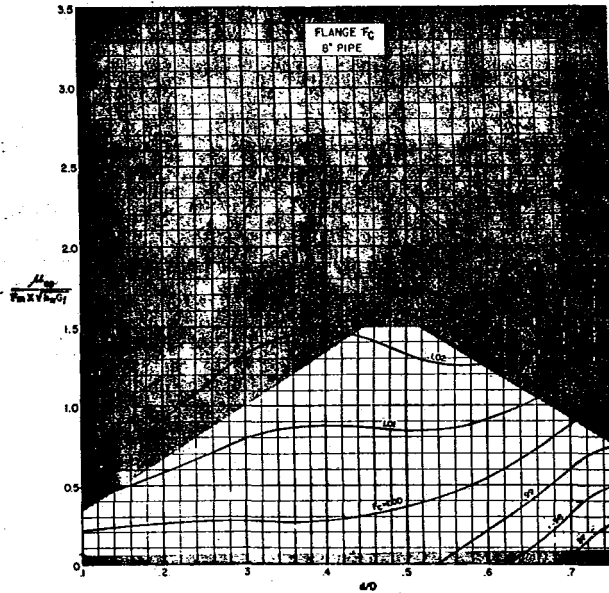
GRAFICA 2.11 (cont.) *



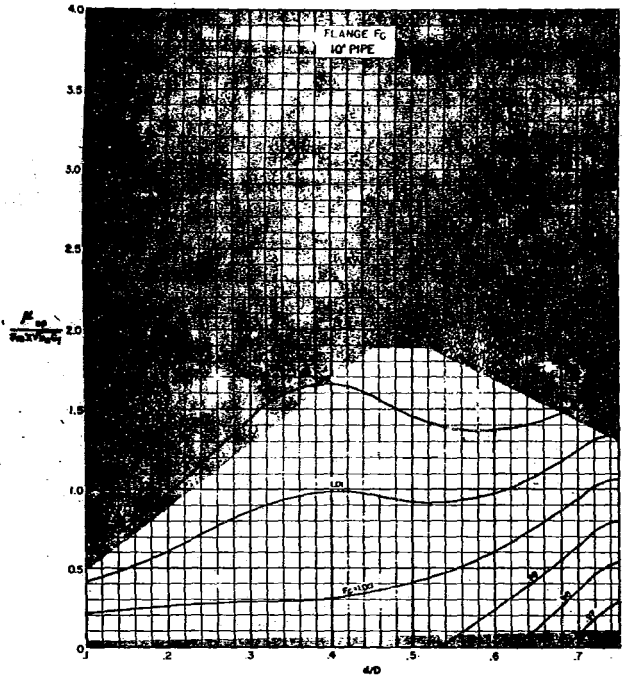
GRAFICA 2.11 (cont.) **



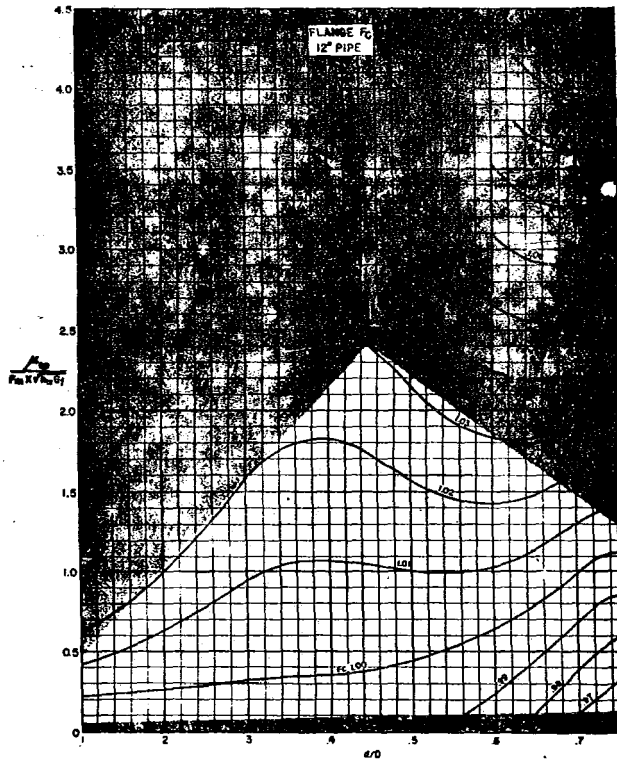
GRAFICA 2.11 (cont.) ***



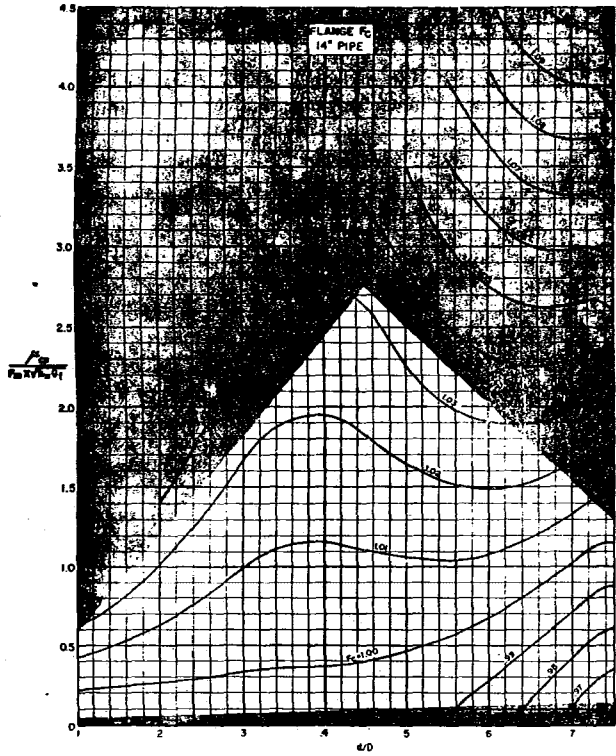
GRAFICA 2.11 (cont.) ****



GRAFICA 2.11 (cont.) *****

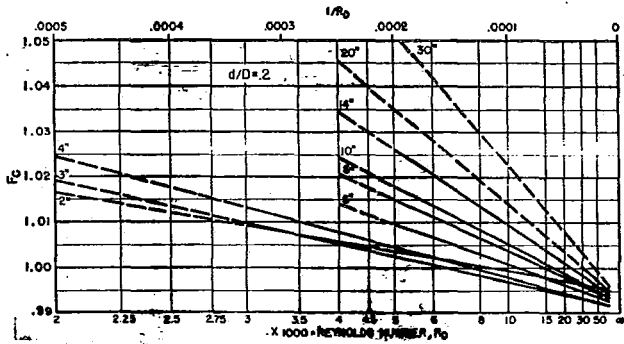
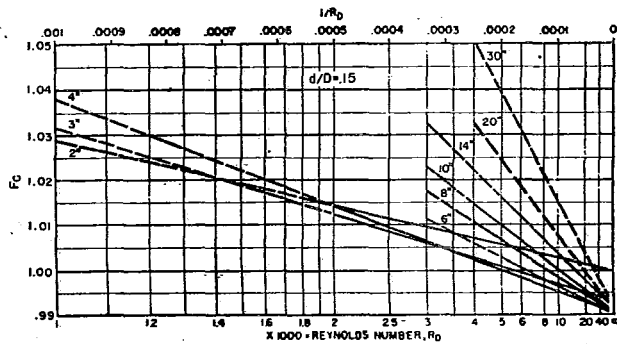
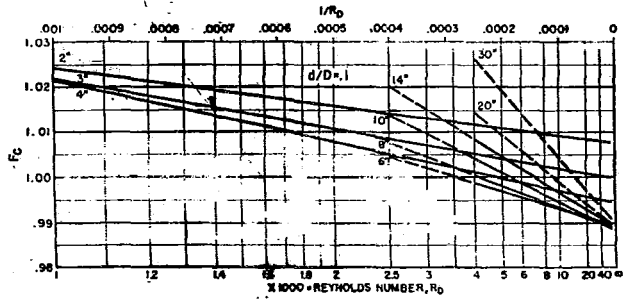


GRAFICA 2.11 (cont.) *****

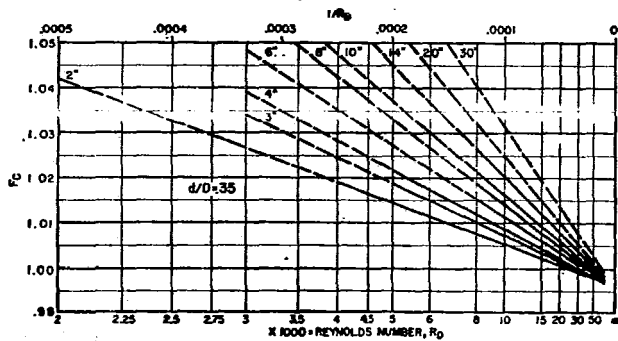
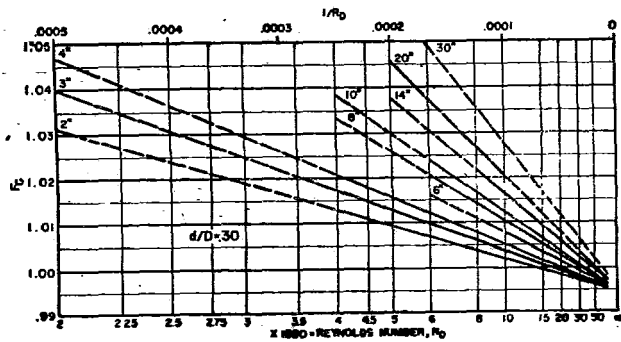
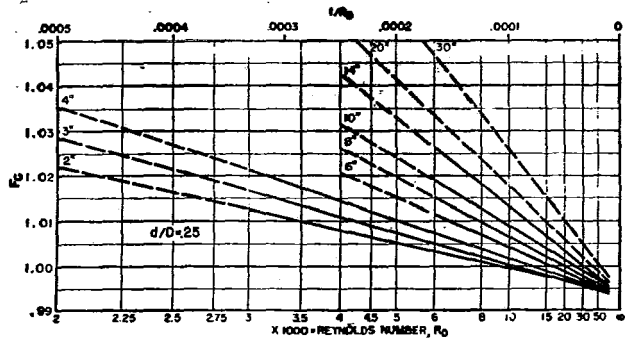


GRAFICA 2.11 (conclusión)

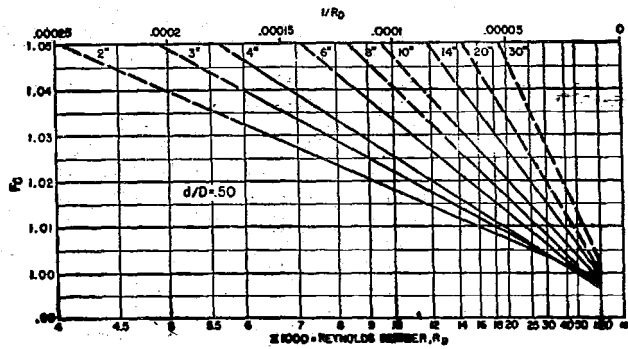
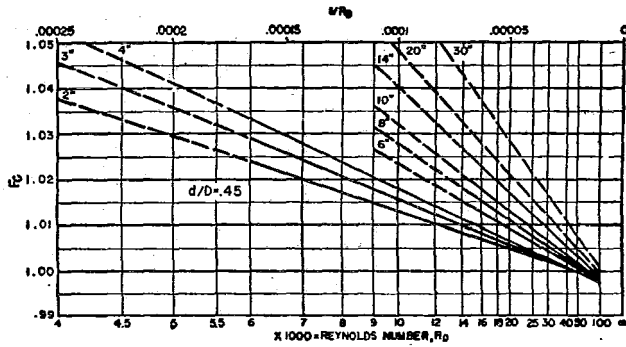
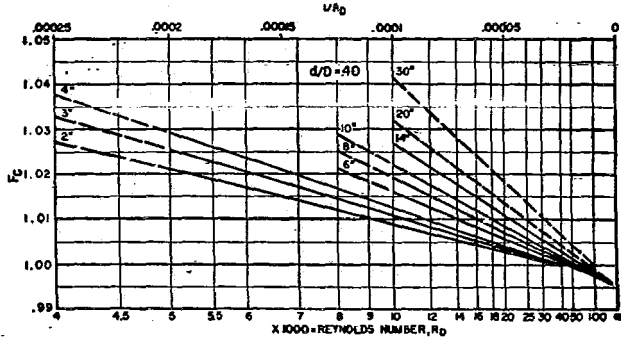
CURVAS DE NUMEROS DE REYNOLDS
ORIFICIOS CONCENTRICOS, TOMAS DE BRIDA



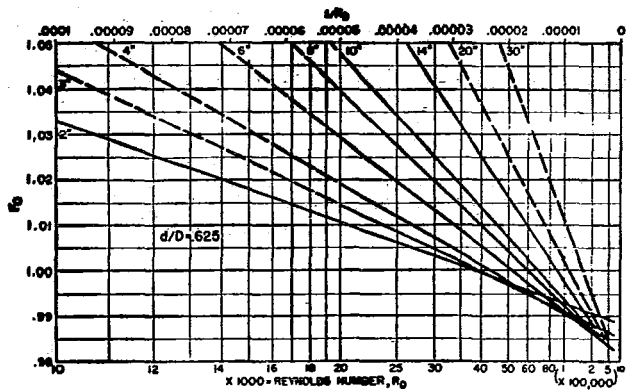
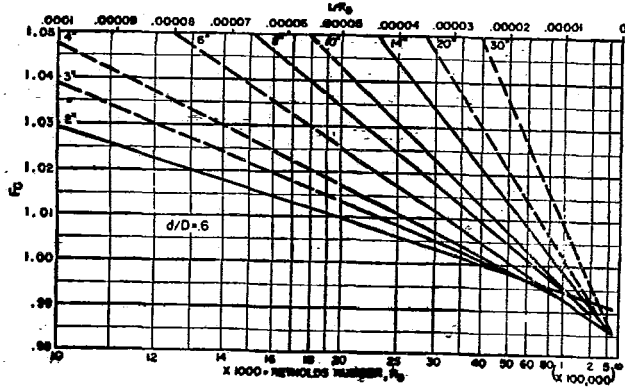
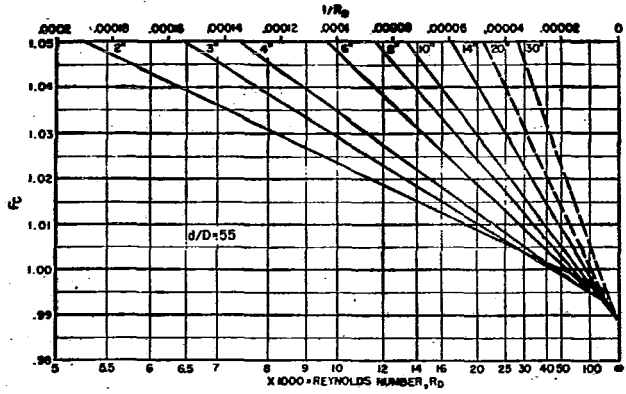
GRAFICA 2.12

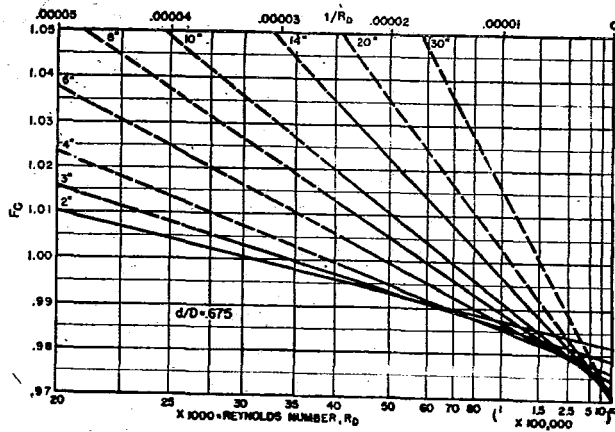
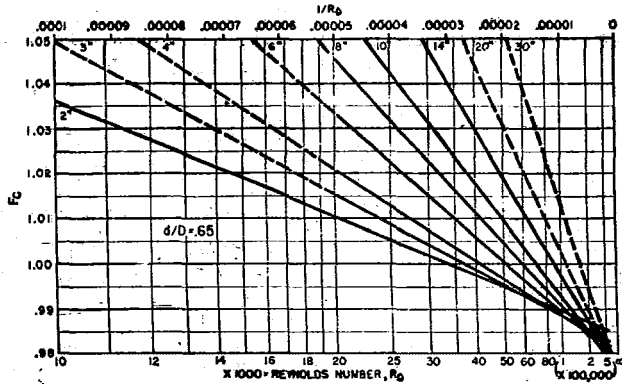


GRAFICA 2.12 (cont.) *

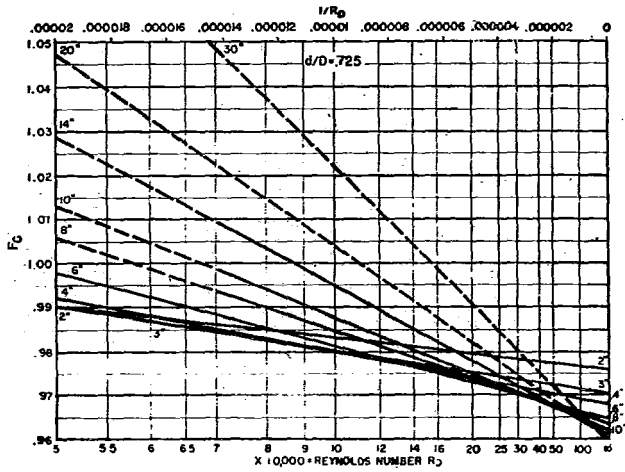
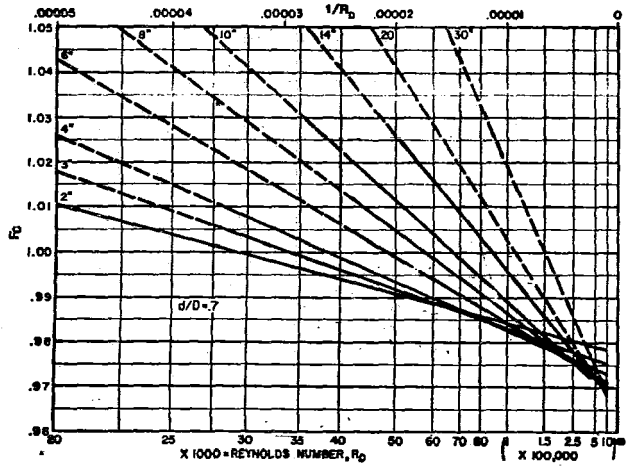


GRAFICAS 2.12 (cont.) **

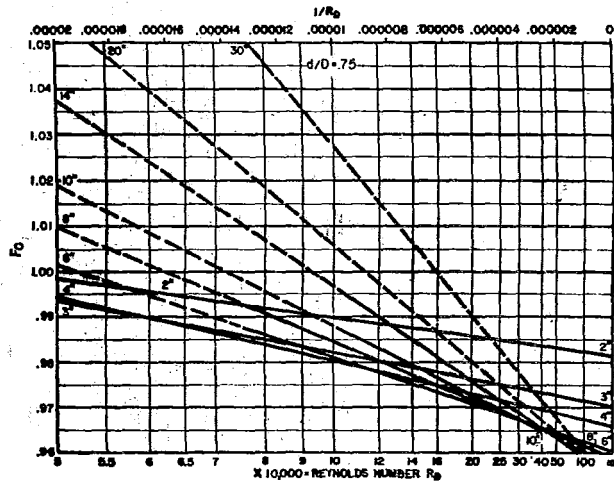




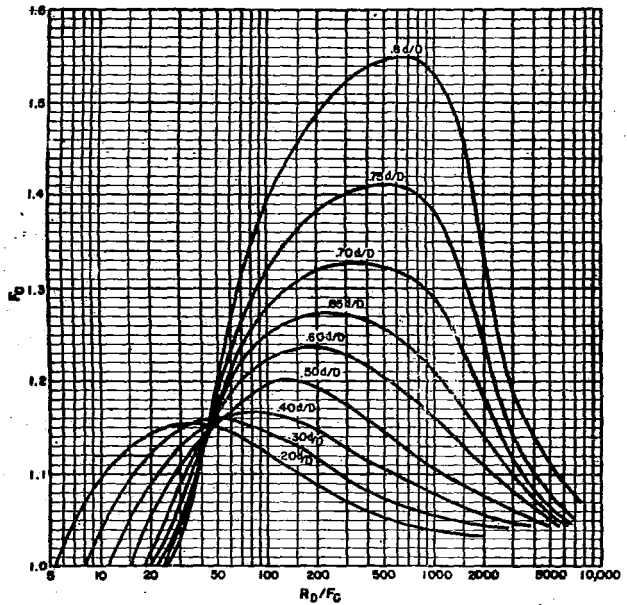
GRAFICA 2.1B (cont.) ****



GRAFICA 2.12 (cont.)*****



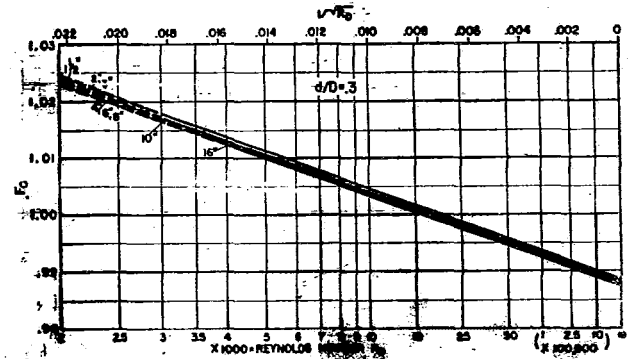
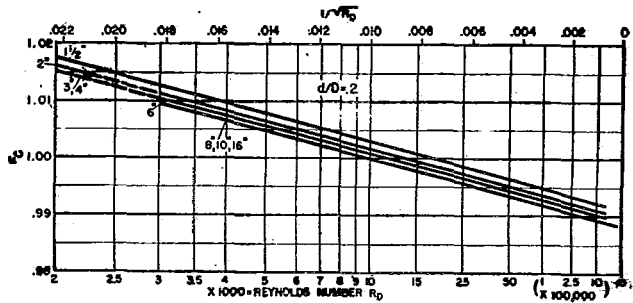
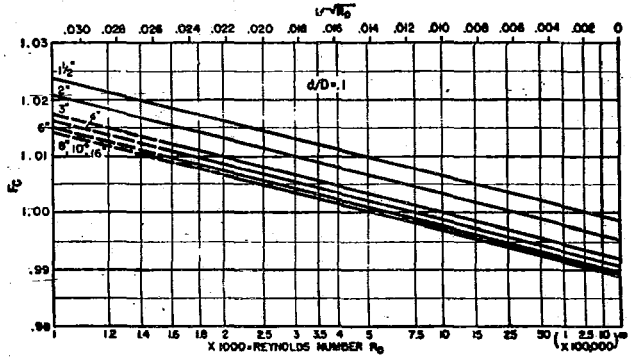
GRAFICA 2.12 (conclusión)



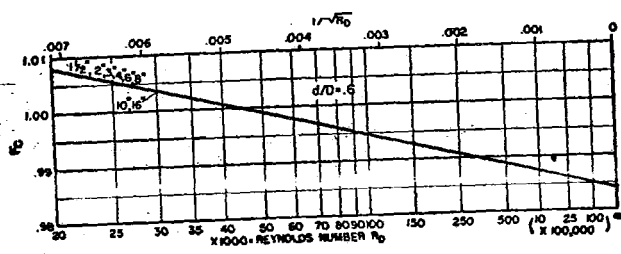
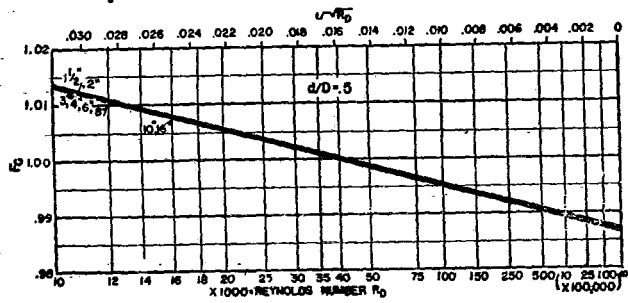
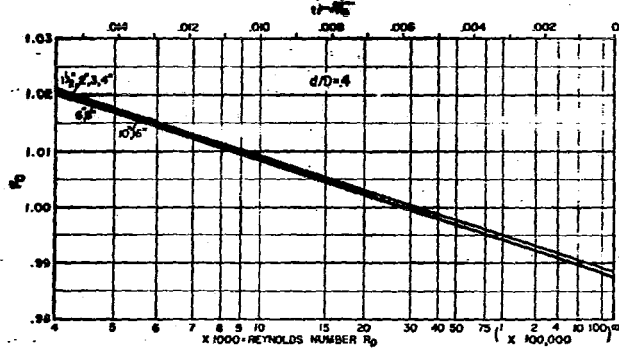
Correcciones de viscosidad para orificios concéntricos (tomas de vena contracta o de tubería).

GRAFICA 8.13

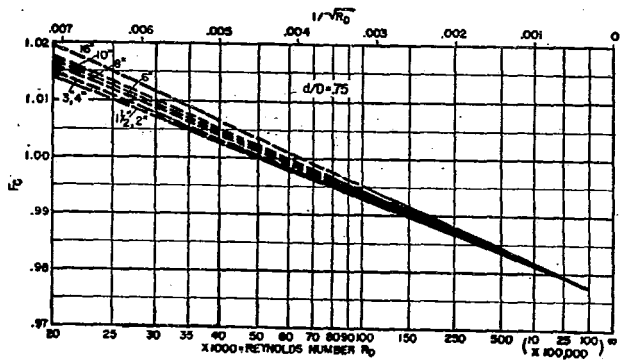
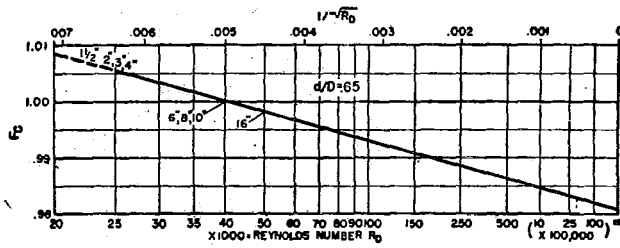
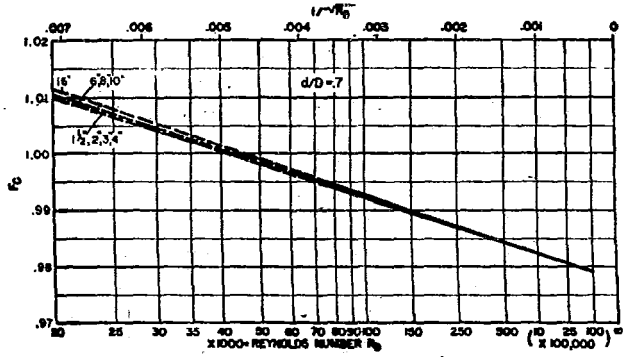
ORIFICIOS CONCENTRICOS, TOMAS DE VENA CONTRACTA



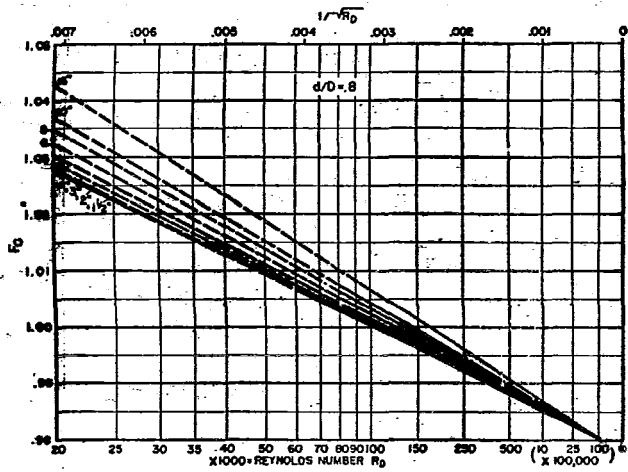
GRAFICA 2,14



GRAFICA 2.14 (cont.) *

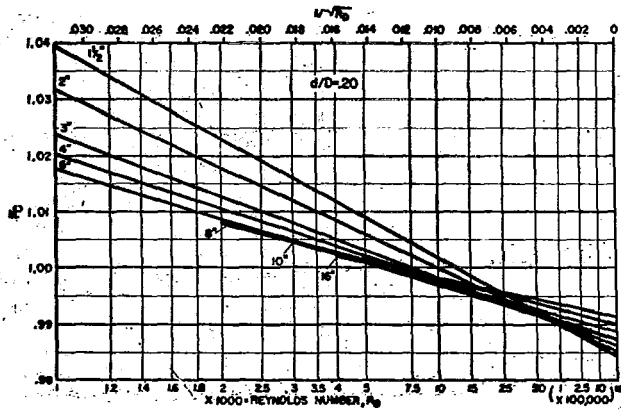
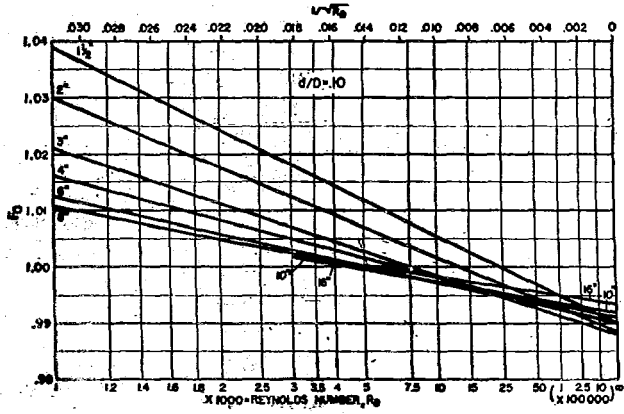


GRAFICA 2.14 (cont.) **

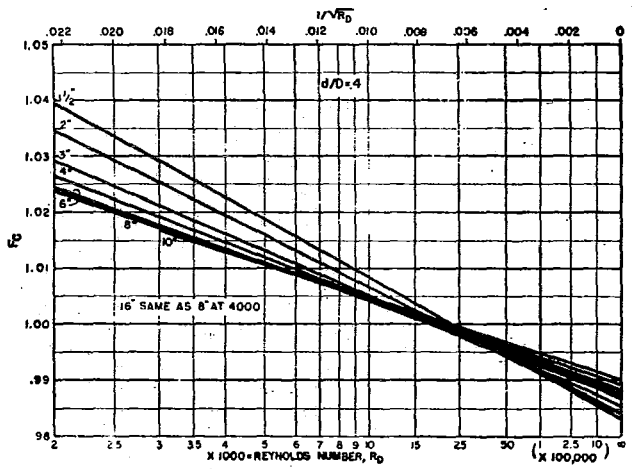
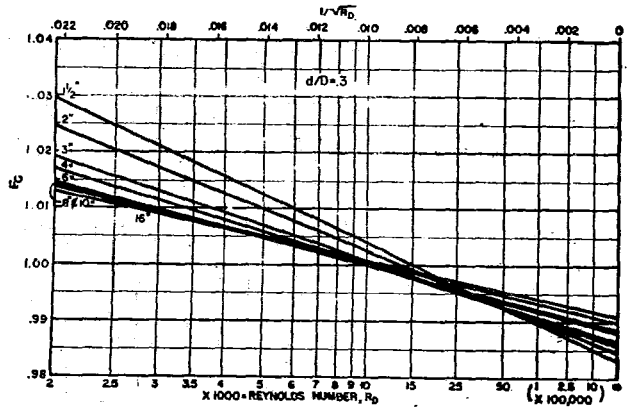


GRAFICA E.14 (conclusión)

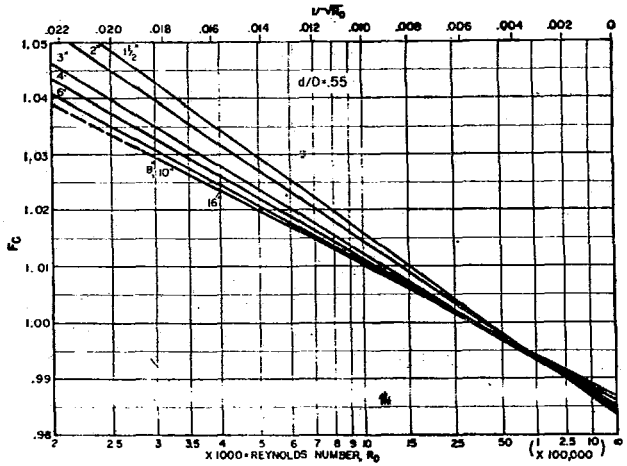
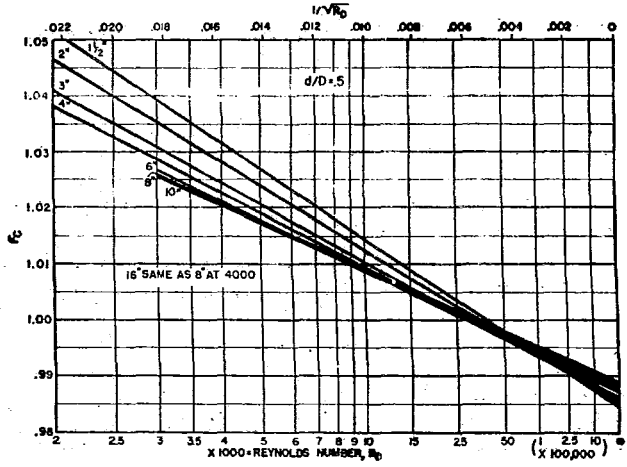
ORIFICIOS CONCENTRICOS, TOMAS 1D Y 1/2D



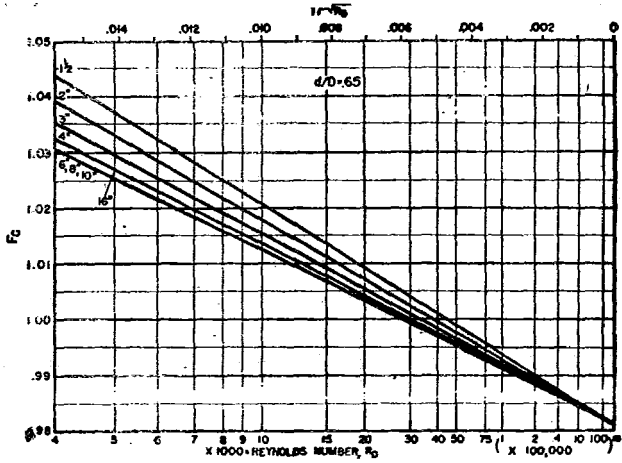
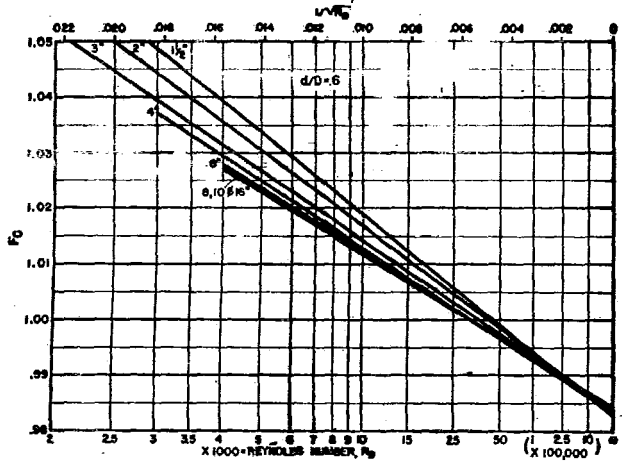
GRAFICA 2.15



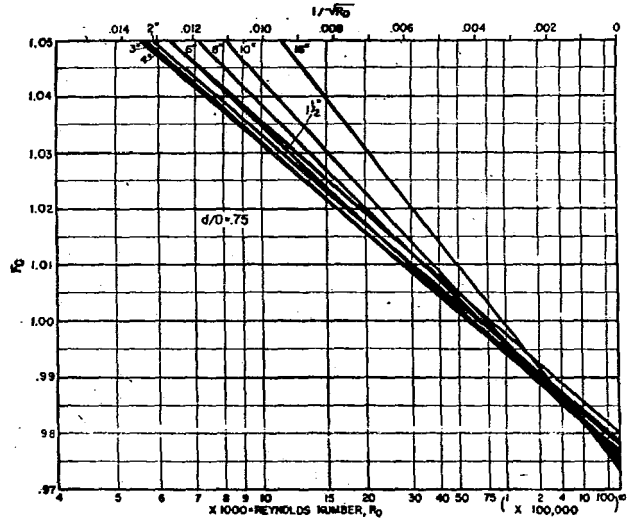
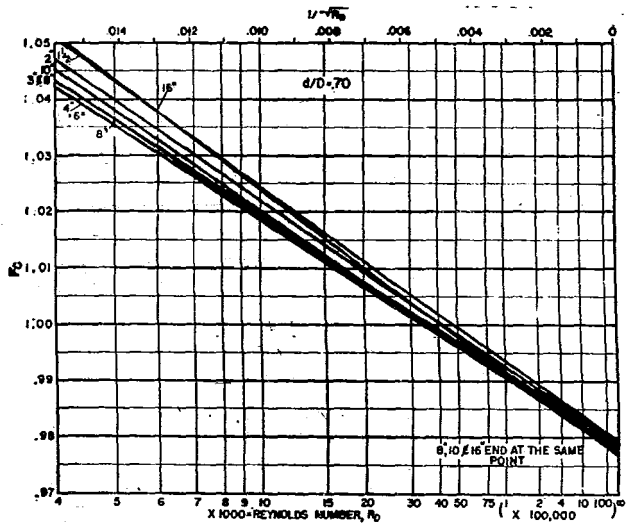
GRAFICA 2.15 (cont.) *



GRAFICA 2.15 (cont.) **

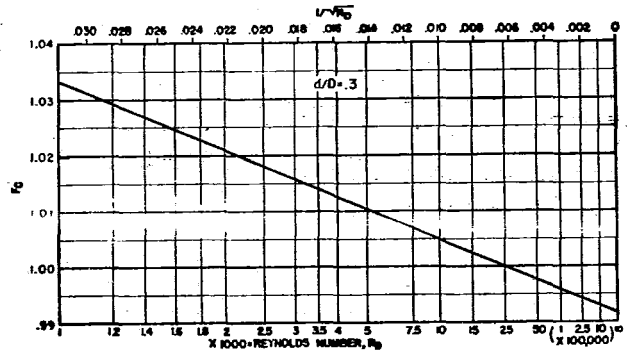
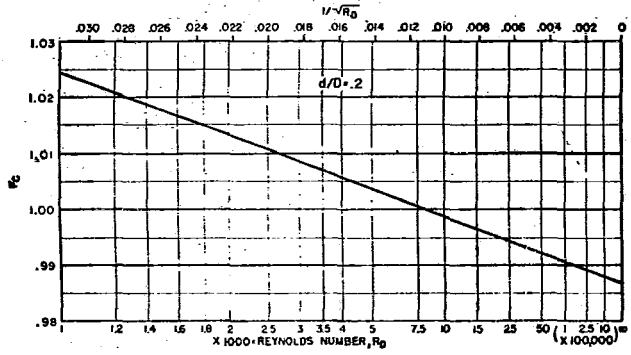
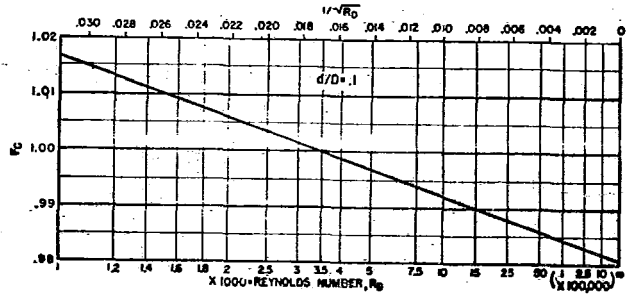


GRAFICA 2.15 (cont.) ***

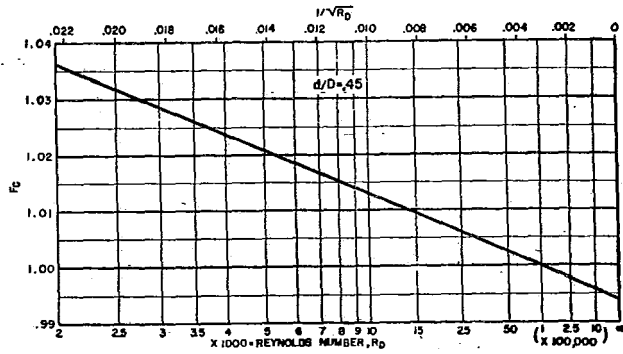
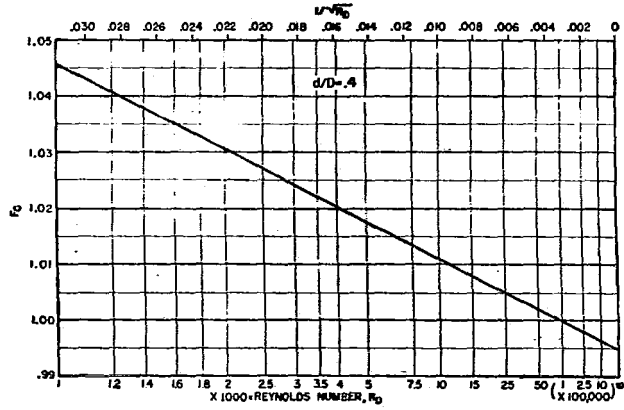


GRAFICA 2.15 (conclusión)

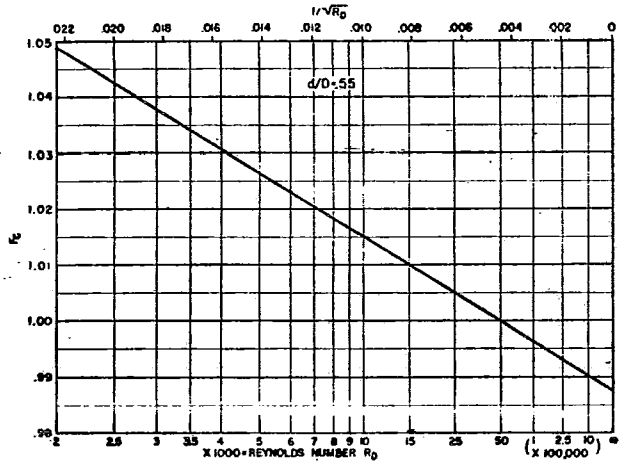
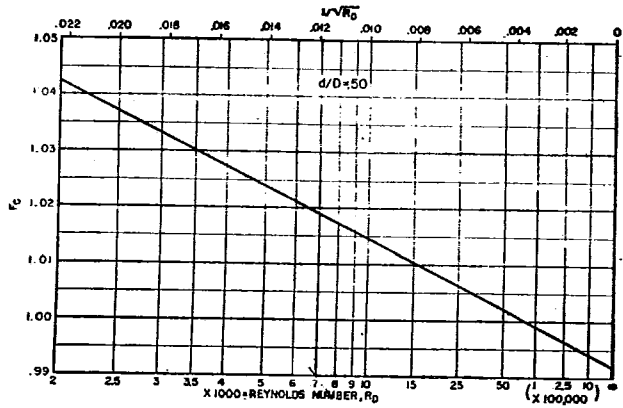
ORIFICIOS CONCENTRICOS, TOMAS DE CODO



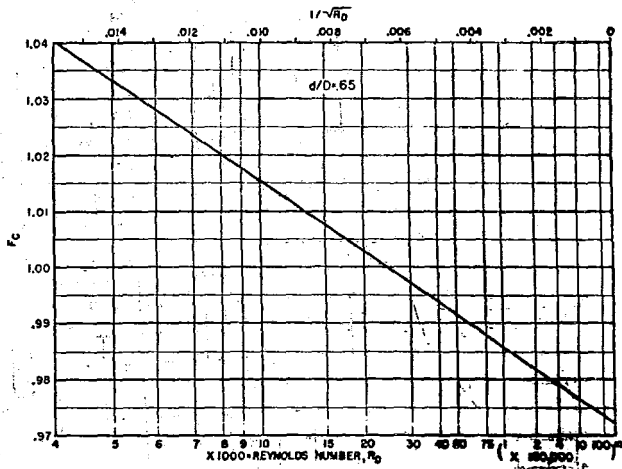
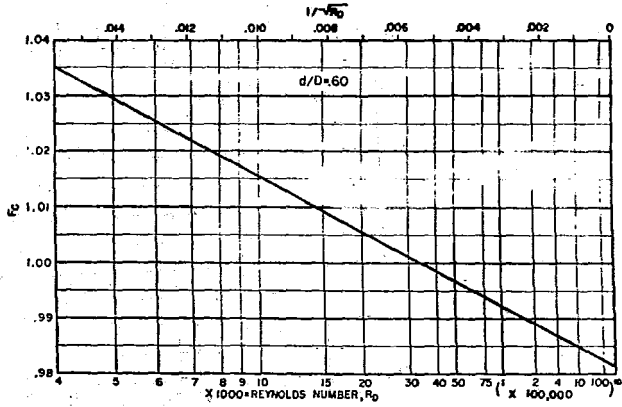
GRAFICA 2.16



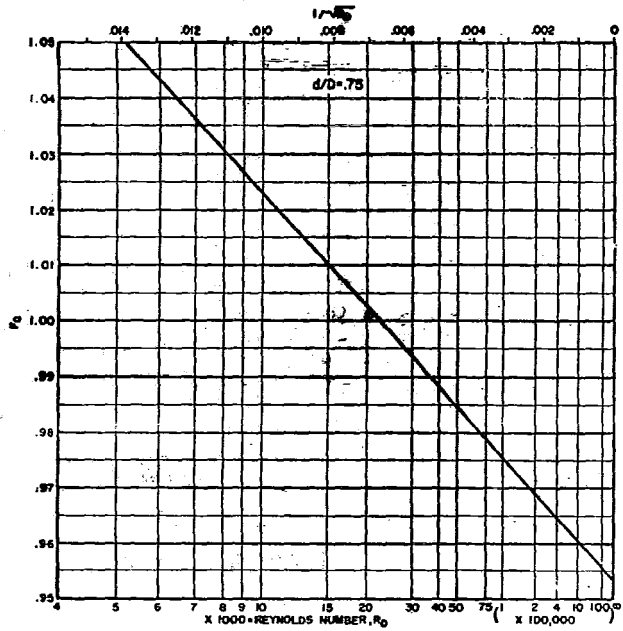
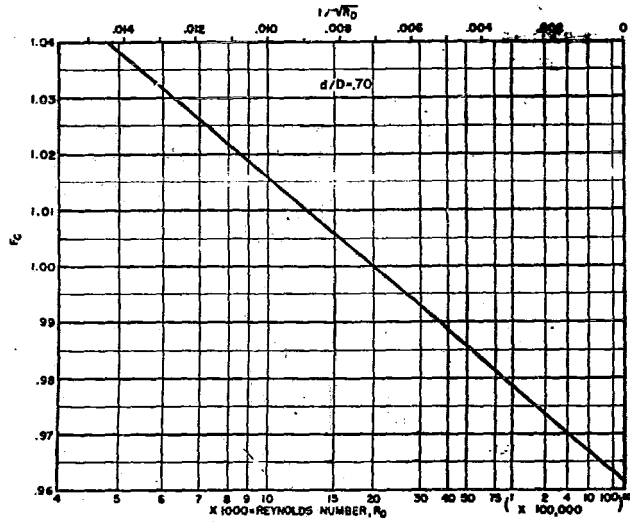
GRAFICA 2.16 (cont.) *



GRAFICA 2.16 (cont.) **

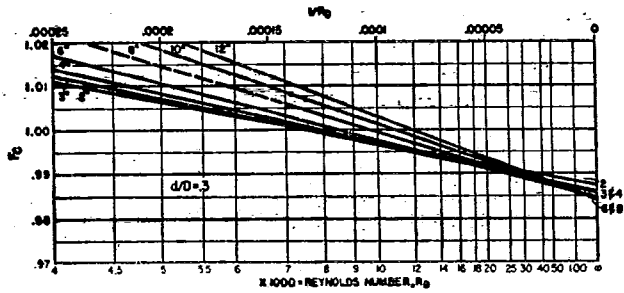
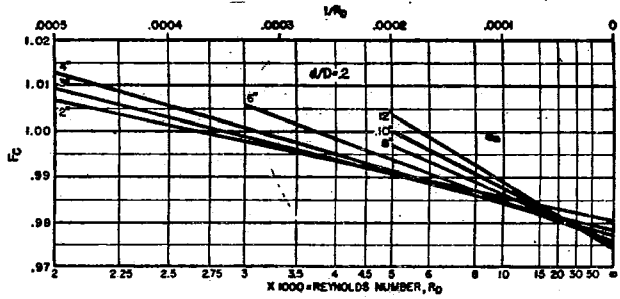
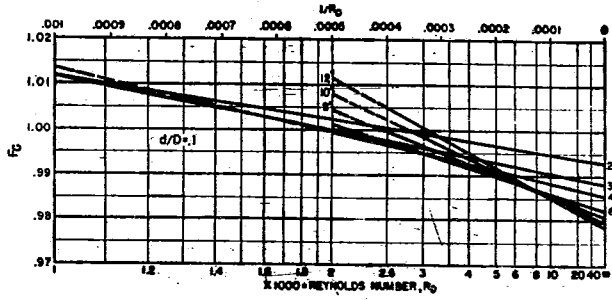


GRAFICA 2.16 (cont.) ***

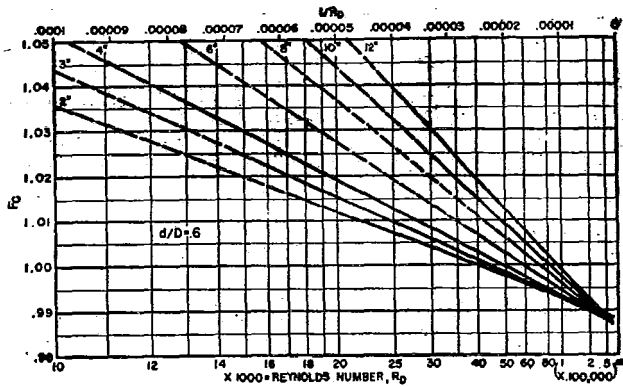
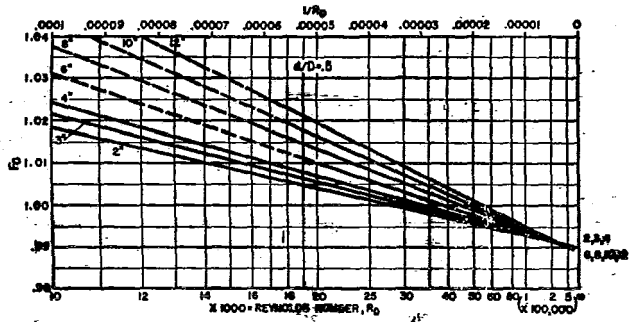
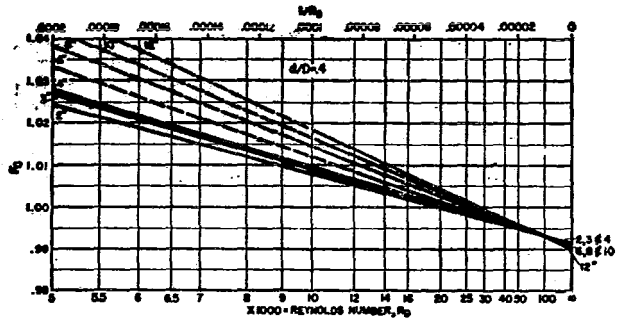


GRAFICA 2.16 (conclusion)

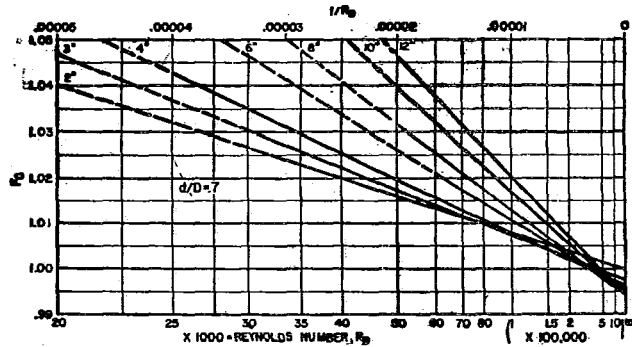
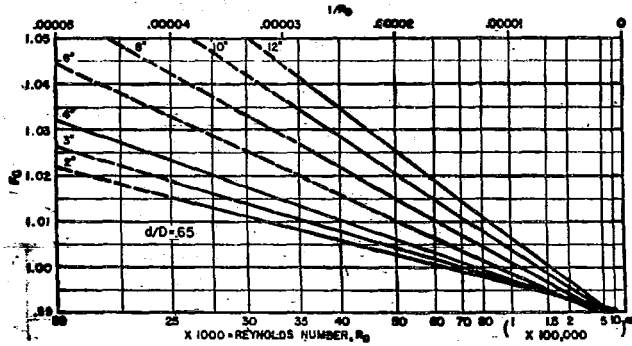
ORIFICIOS CONCENTRICOS, $2l/2D$ y $8D$ (TOMAS)



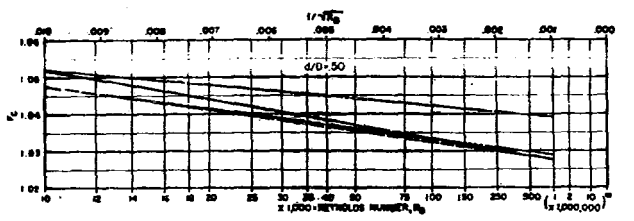
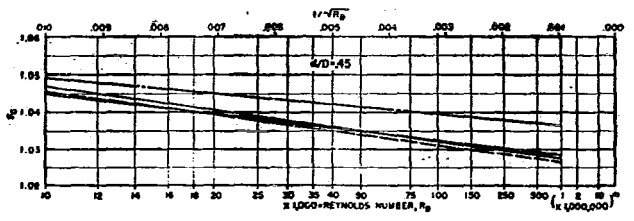
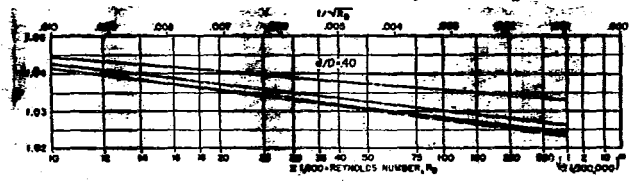
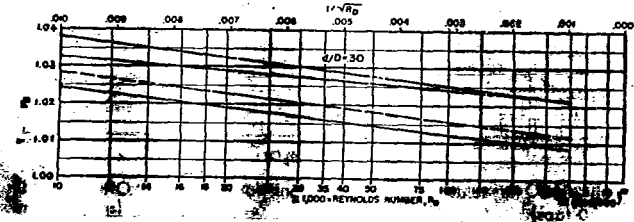
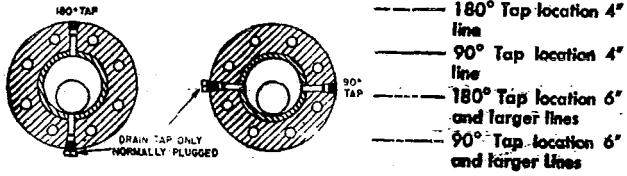
GRAFICA 2.17



GRAFICA 2.17 (cont.)*

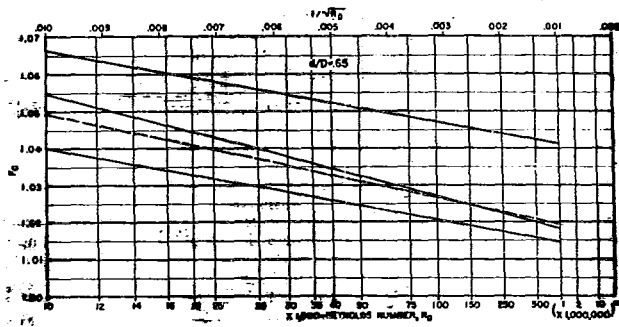
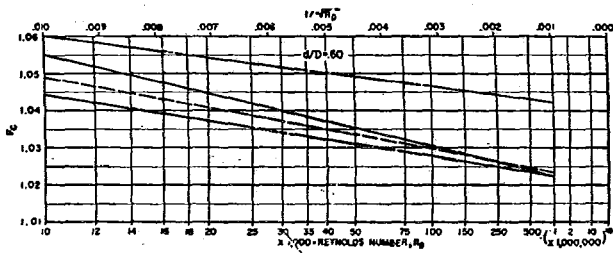
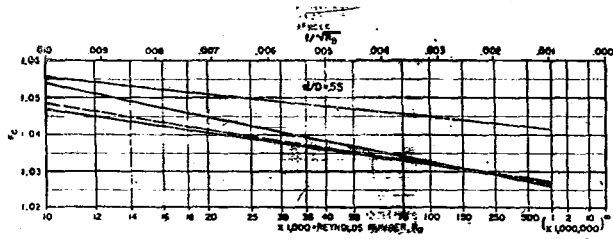


GRAFICA 2.17 (conclusión)

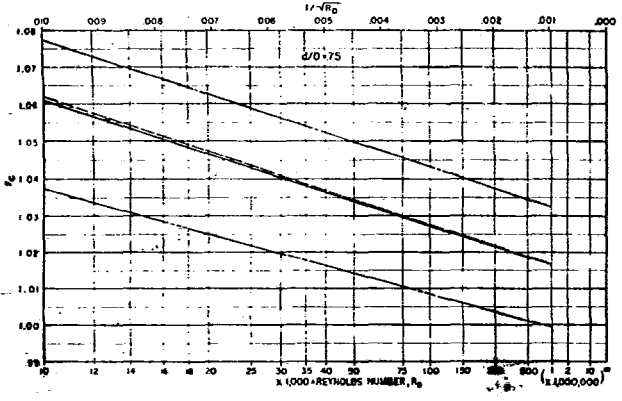
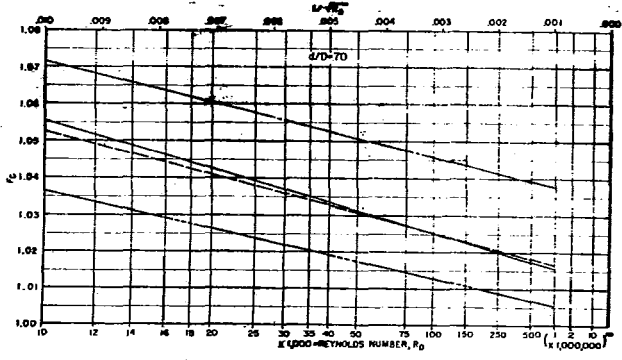


ORIFICIOS EXCENTRICOS, TOMAS DE BRIDA

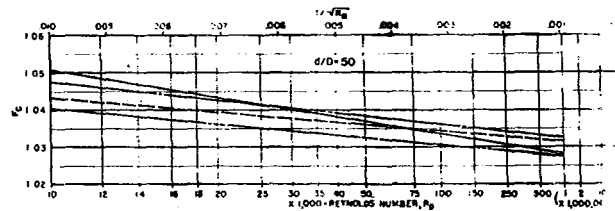
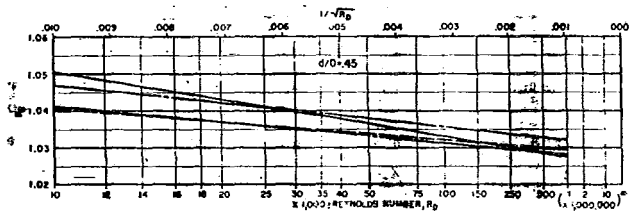
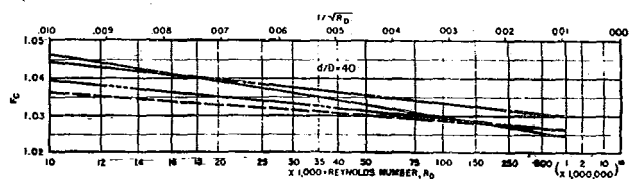
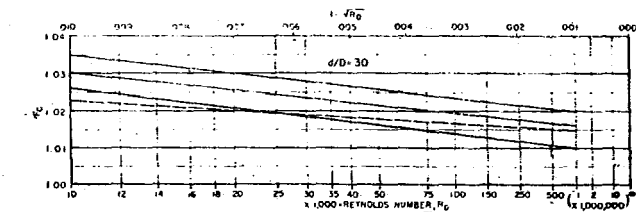
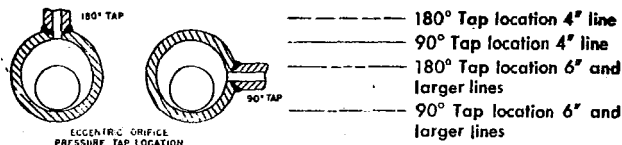
GRAFICA 2.18



GRAFICA 2.18 (cont.) *

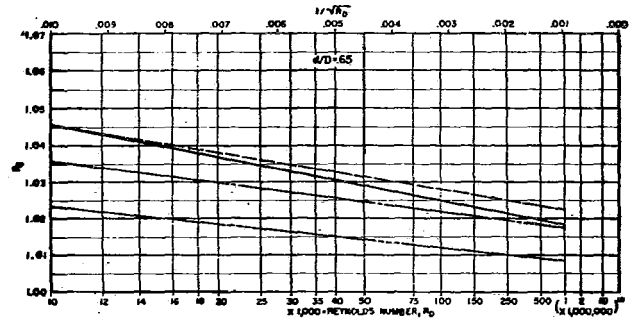
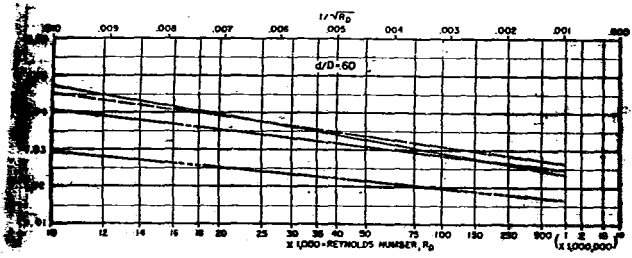
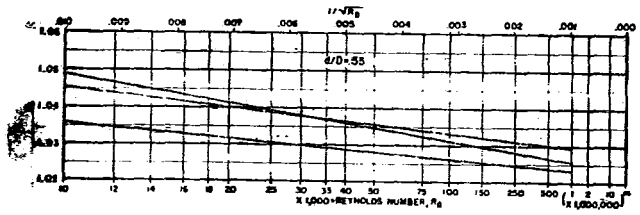


GRAFICA 2.18 (conclusión)

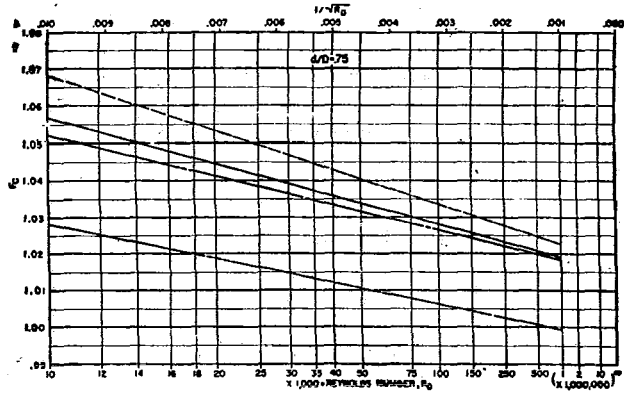
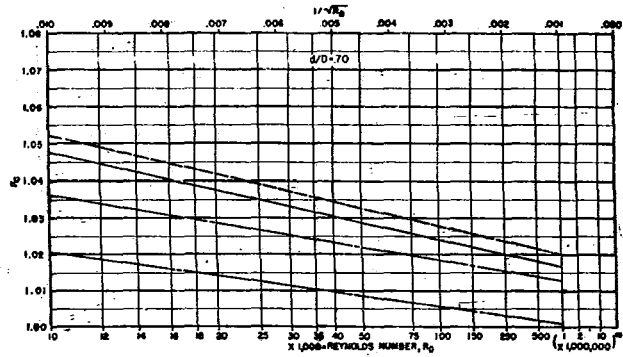


ORIFICIOS EXCENTRICOS, TOMAS DE BRIDA

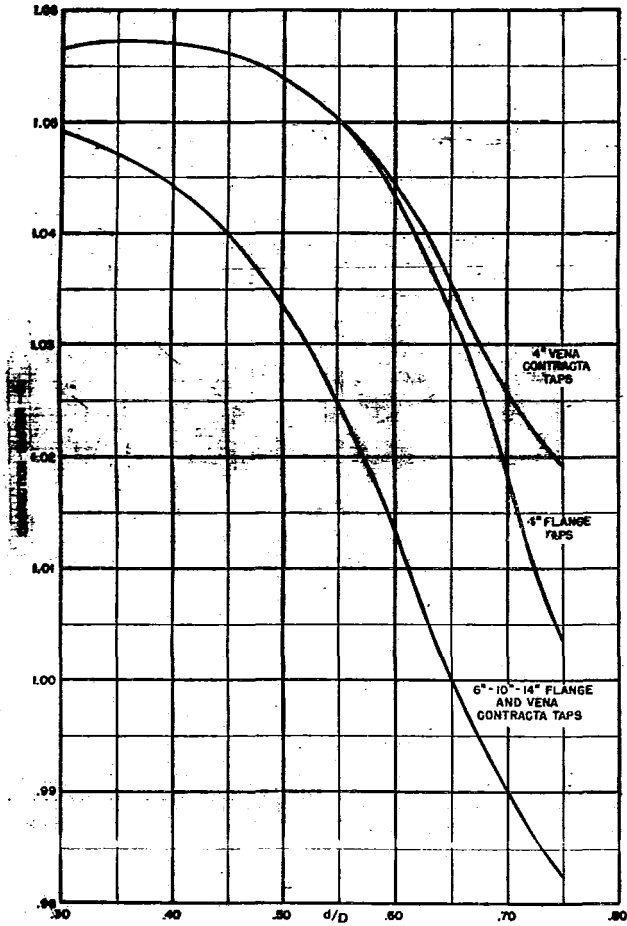
GRAFICA 2.19



GRAFICA 2.19 (cont.)*

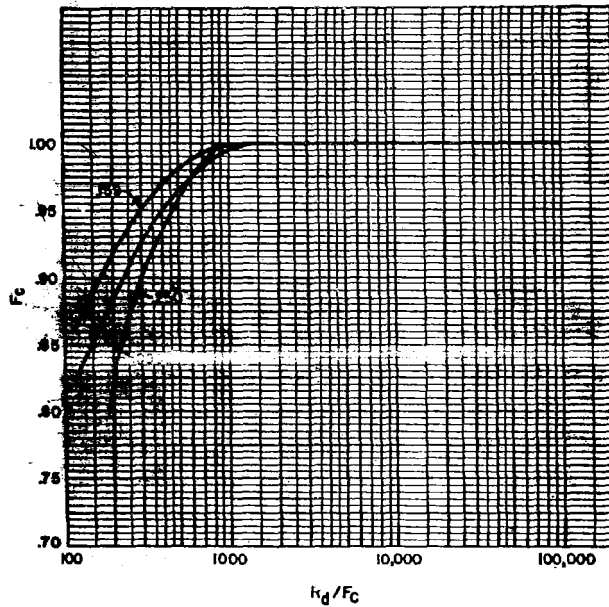
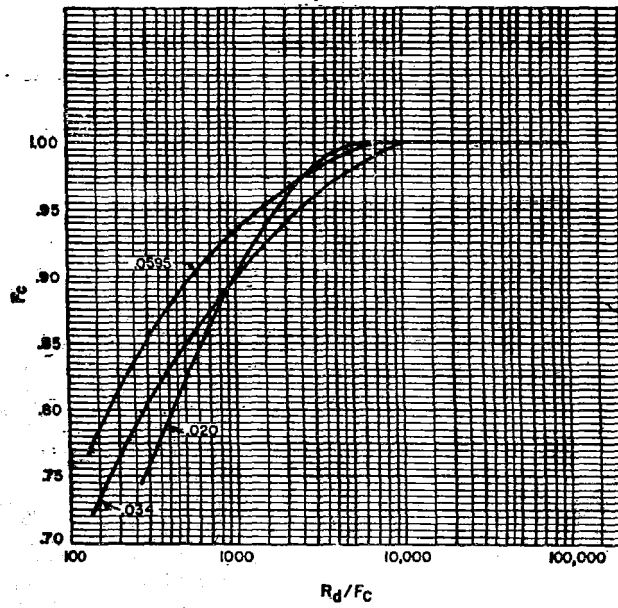


GRAFICA 2.19 (conclusión)

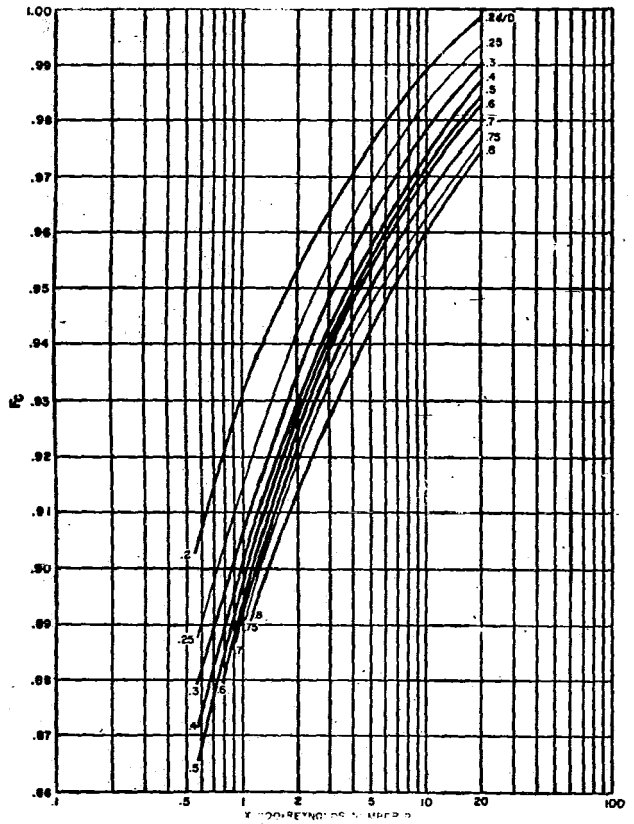


Correcciones F_c para orificios
segmentales.

GRAFICA 2.20

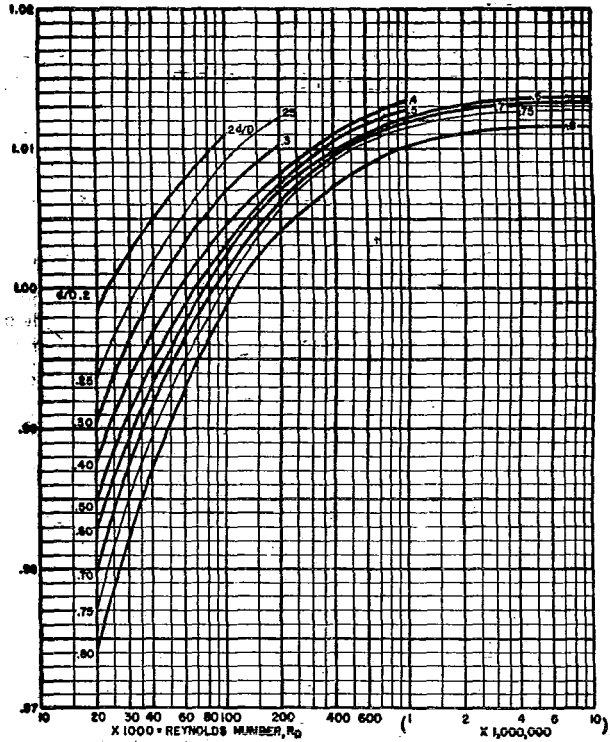


Correcciones por el número de Reynolds
para orificio integral.



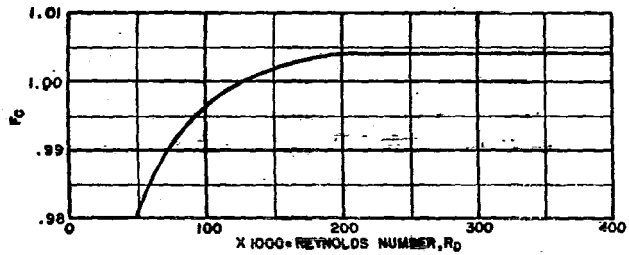
Correcciones de viscosidad para toberas de flujo. (tomas a $1D$ y $1/2D$).

GRAFICA 2.22



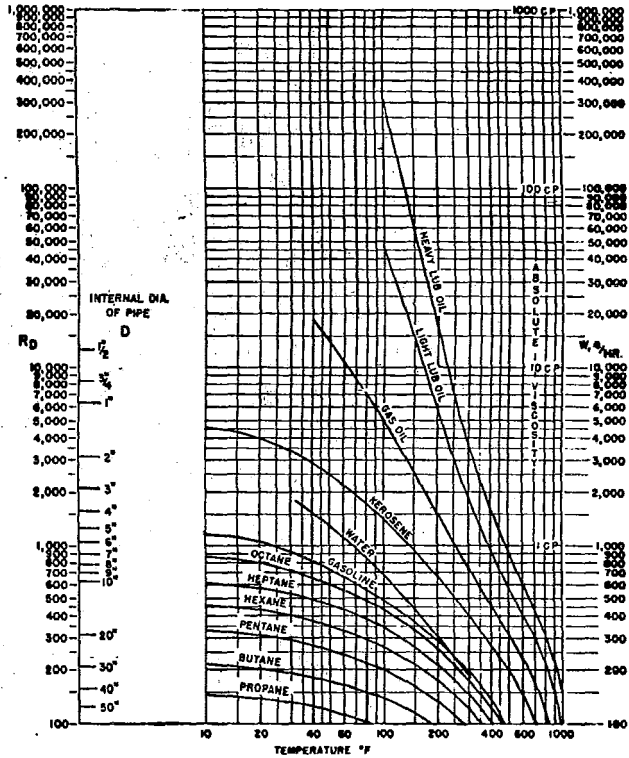
Correcciones por el numero de Reynolds
para toberas de flujo (tomadas a 1D y 1/2D).

GRAFICA 2.23



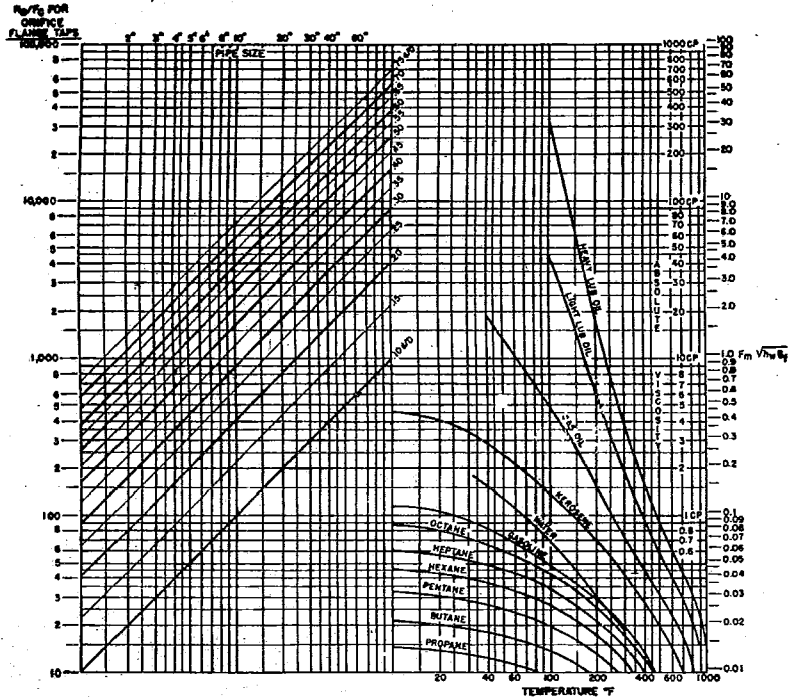
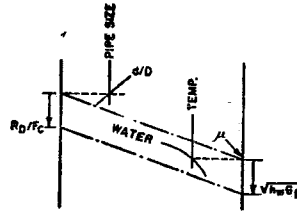
*Correcciones por el número de Reynolds
para tubos Venturi.*

GRAFICA 2.24



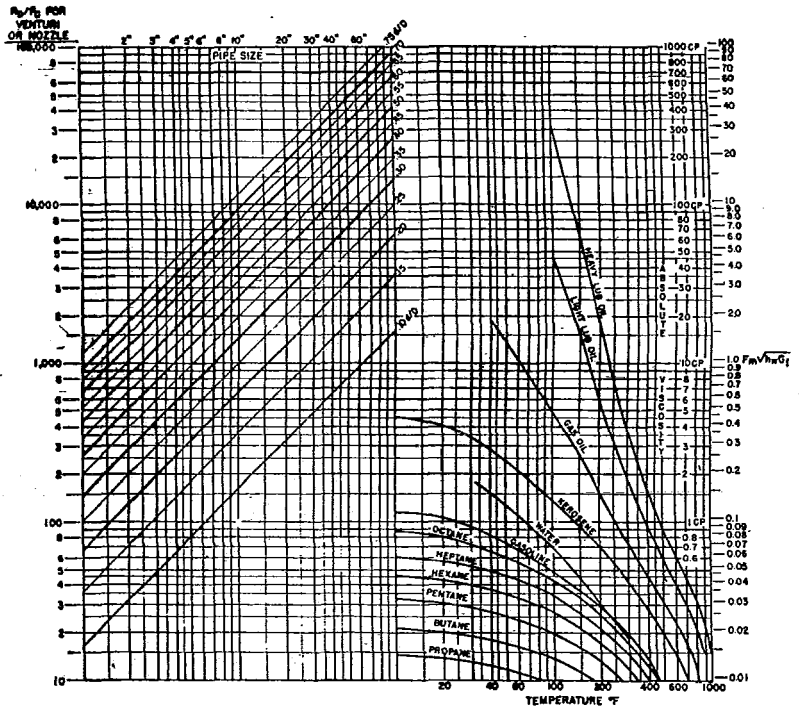
Carta para encontrar el R_D para líquidos (para cualquier elemento primario y cualquier localización de toma).

GRAFICA 2.25



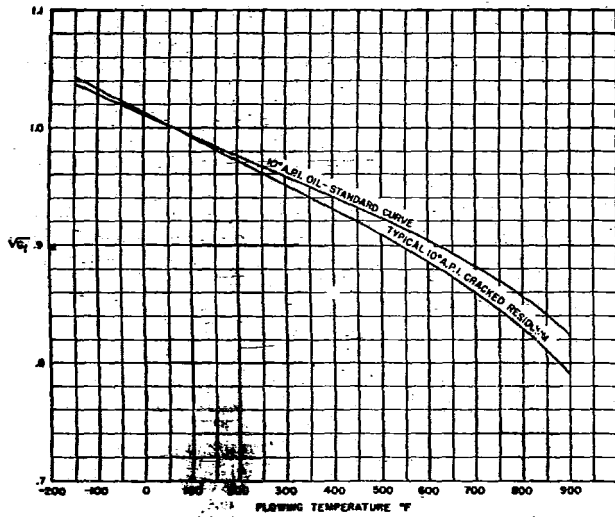
Carta para encontrar R_D/F_C (orificios con tomas de brida o cerradas).

GRAFICA 2.26



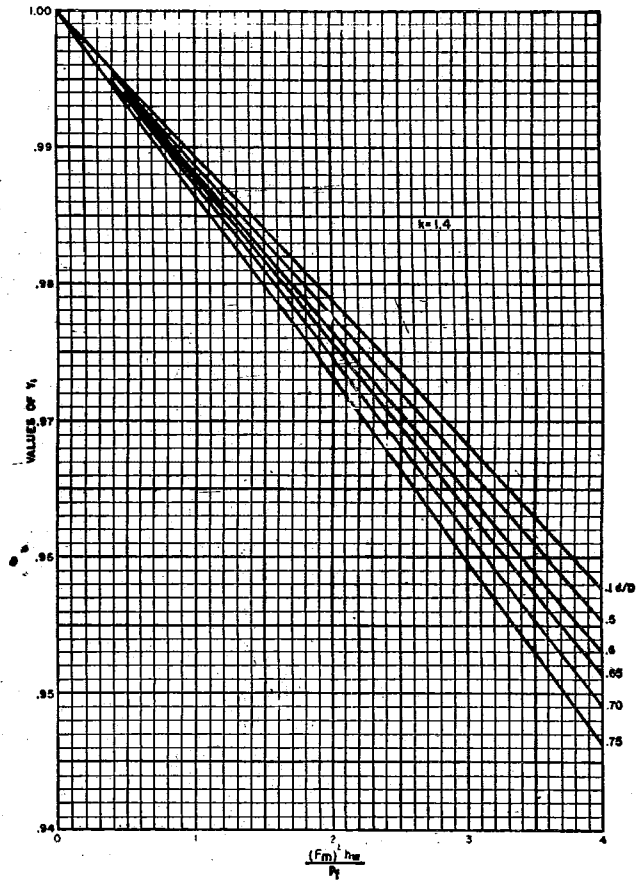
Carta para encontrar R_D/F_0 (toberas o tubos - Venturi).

GRAFICA 2.27



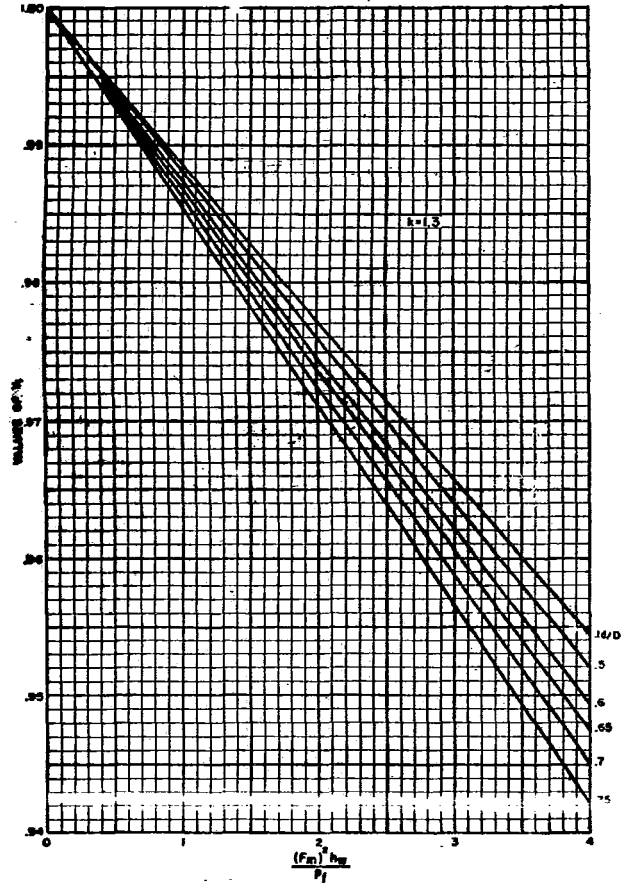
Comparación de dos aceites de 10° API

GRAFICA 2.28



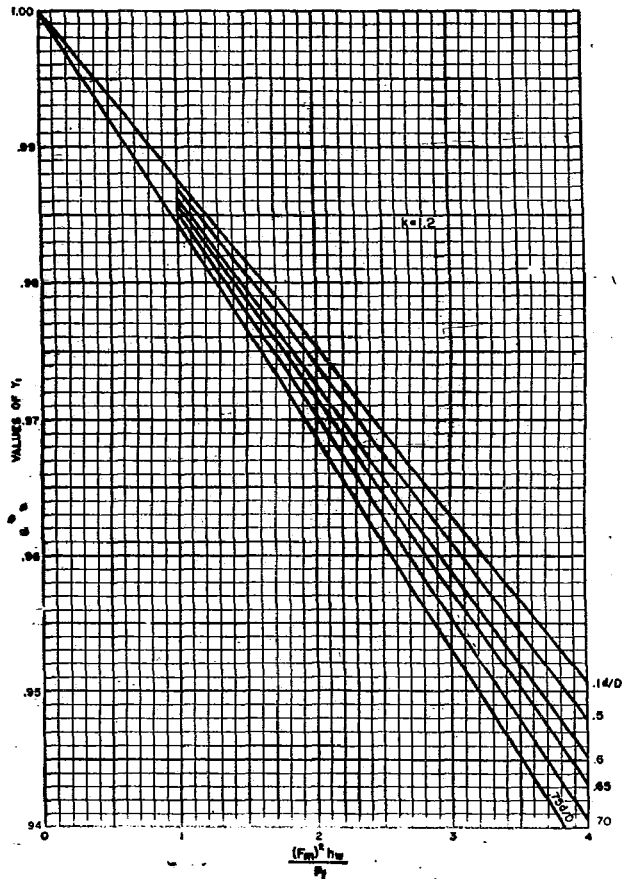
Y_1 para tomas de brida ó tomas cerradas cercanas, $k = 1.4$

FIG. 2.29



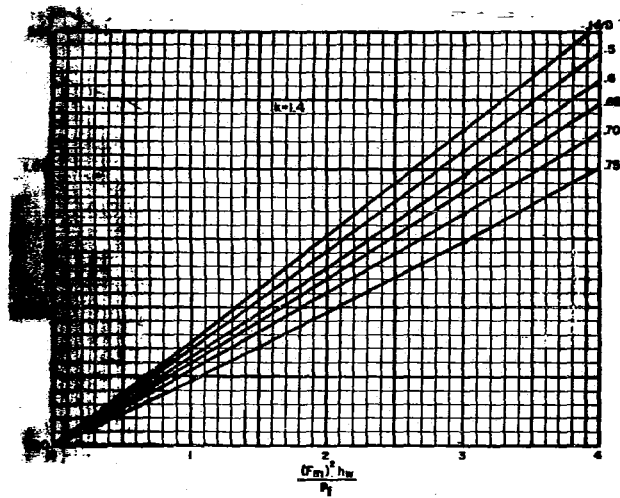
Y_1 para tomas de brida ó tomas close-up, $k = 1.3$

FIG. 2.30



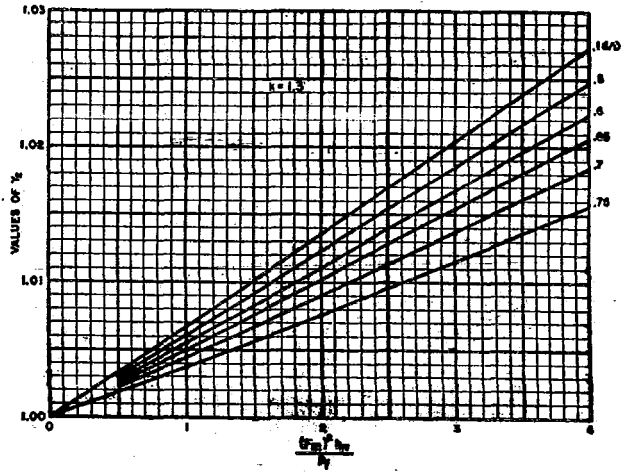
Y_1 para tomas de brida ó tomas close-up, $k = 1.2$

FIG. 2.31

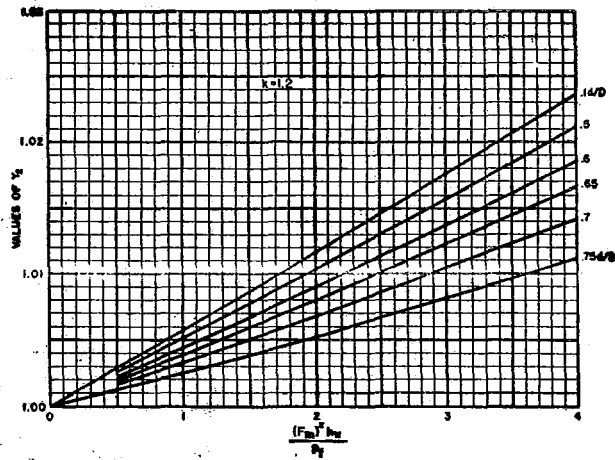


Y_2 para tomas de brida ó tomas close-up, $k = 1.4$

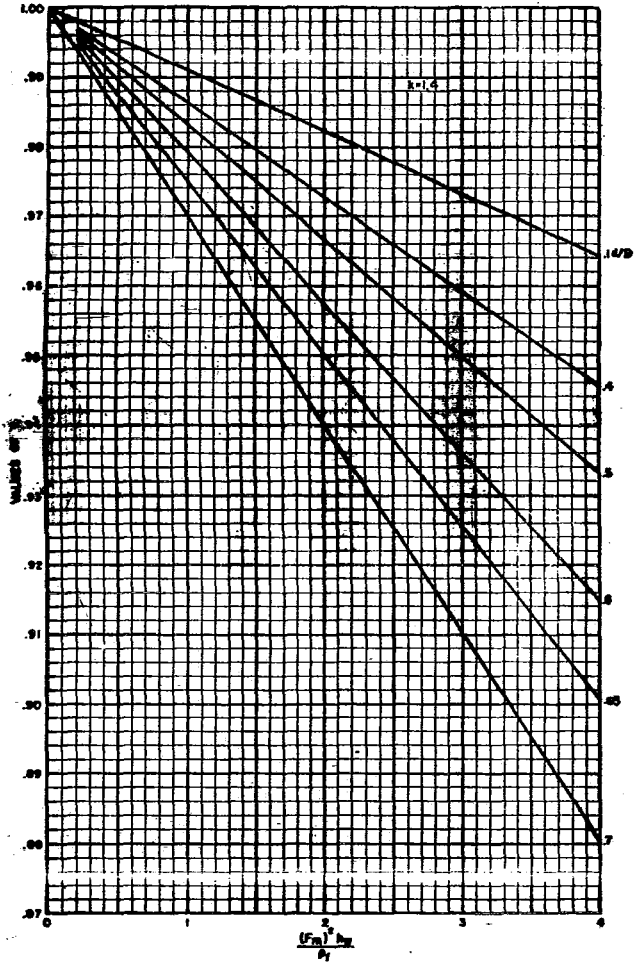
FIG. 2.32



Y_2 para tomas de brida ó close-up, $k = 1.3$
 FIG. 2.33

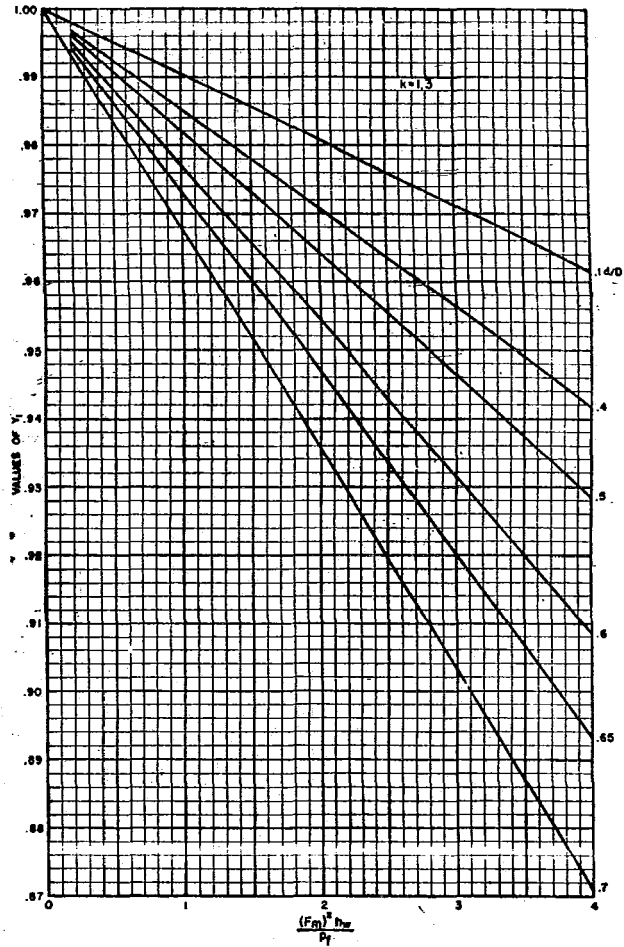


Y_2 para tomas de brida ó tomas close-up, $k = 1.2$
 FIG. 2.34



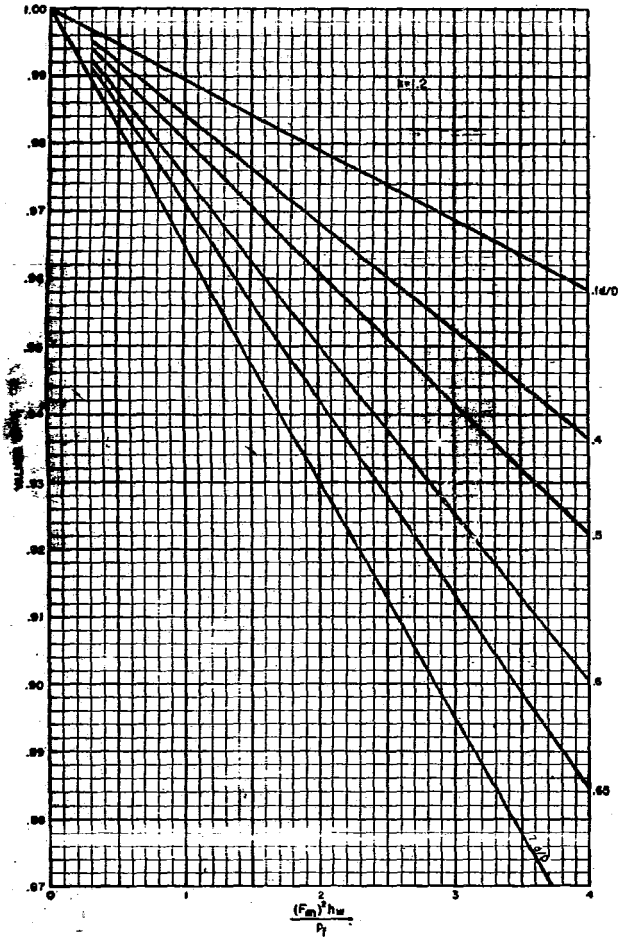
Y_1 para tomas a $2\ 1/2\ D$ y $8D$, $k = 1.4$

FIG. 2.35



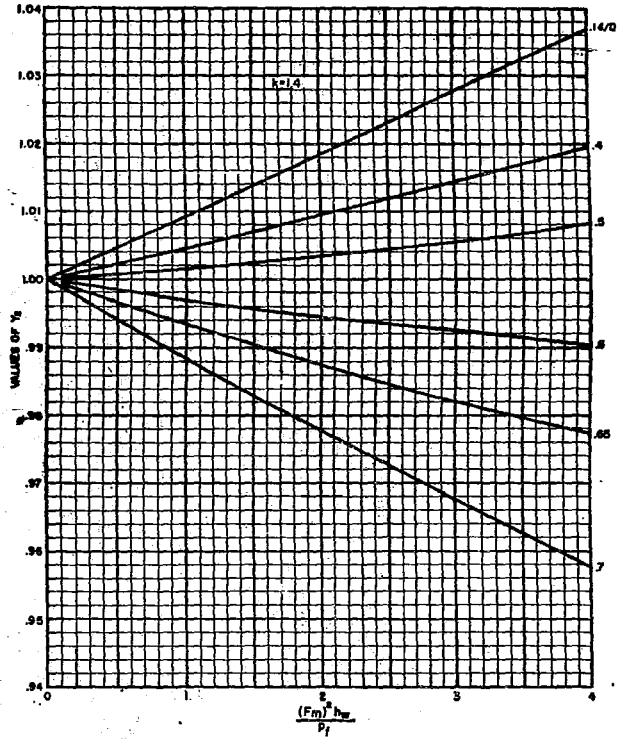
Y_1 para tomas a $2 \frac{1}{2} D$ y $8 D$, $k = 1.3$

FIG. 2.36



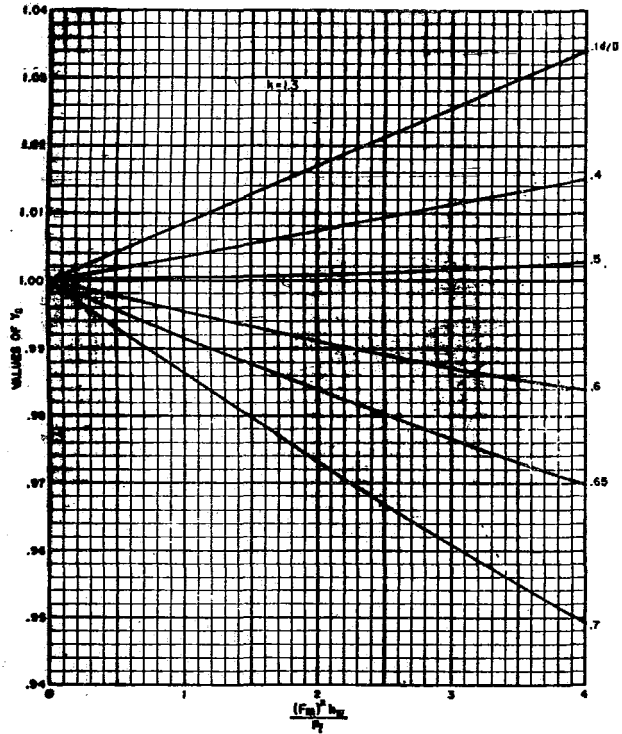
Y_1 para tomas a $2\ 1/2\ D$ y $8\ D$, $k = 1.2$

FIG. 2.37



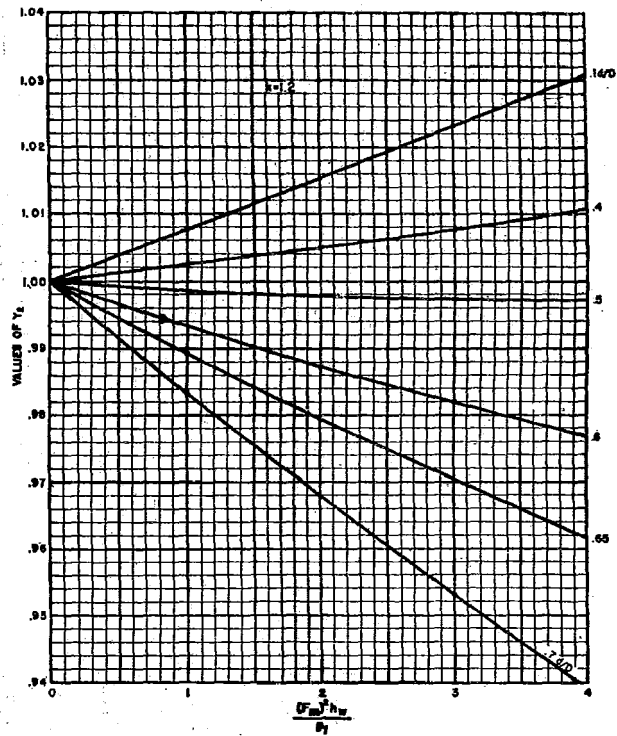
Y_2 para tomas a 2 1/2 y 8 D, $k = 1.4$

FIG. 2.38



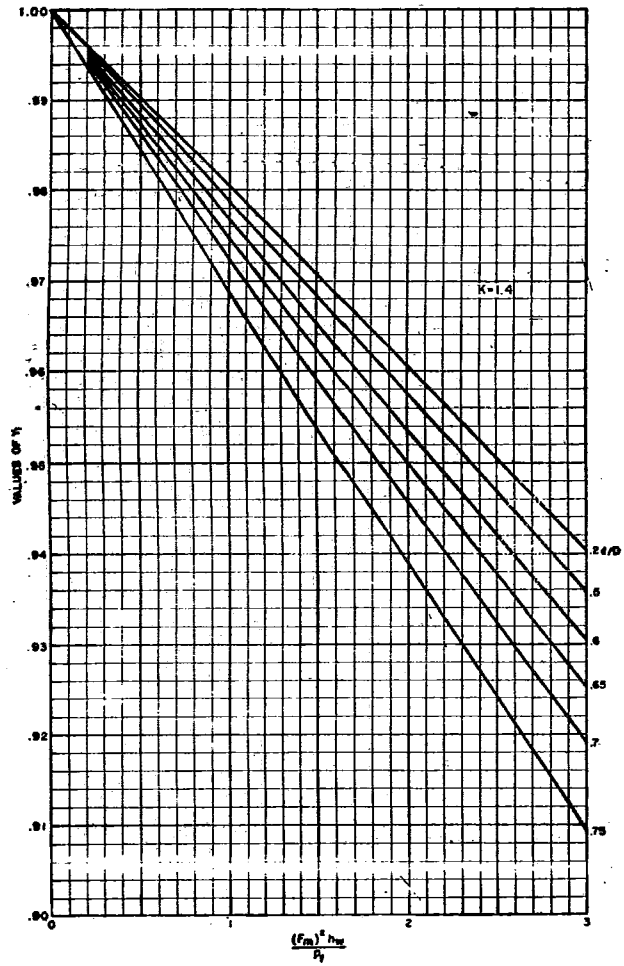
Y_2 para tomas a $2\ 1/2\ D$ y $8\ D$, $k = 1.3$

FIG. 2.39



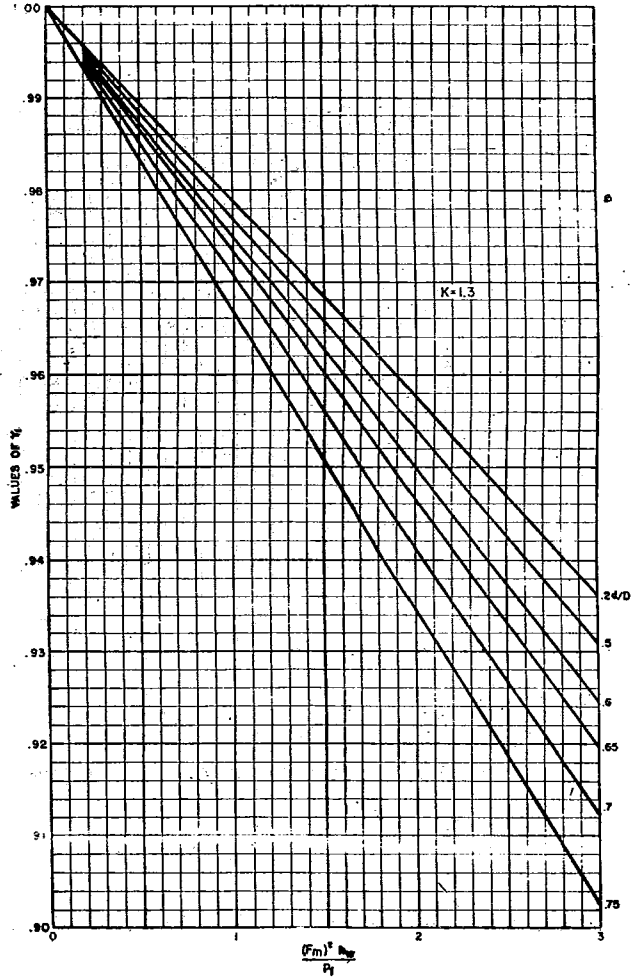
Y_2 para tomas a $2\ 1/2\ D$ y $8\ D$, $\kappa = 1.2$

FIG. 2.40



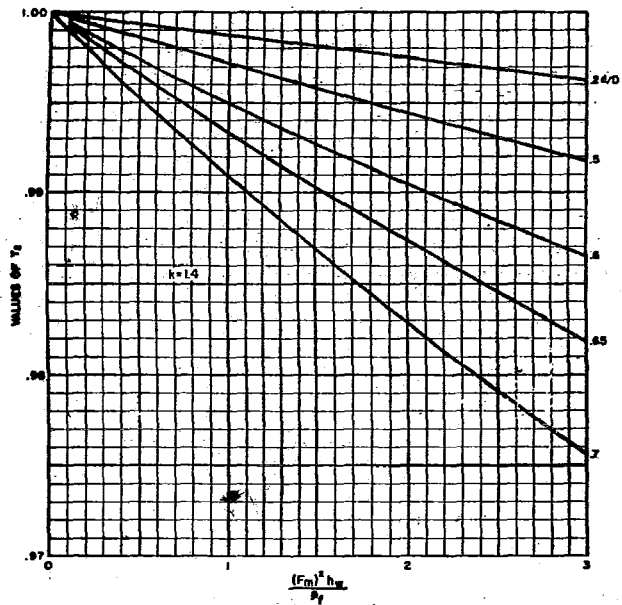
Y_1 para toberas de flujo ó tubos Venturi,
 $k = 1.4$

FIG. 2.41



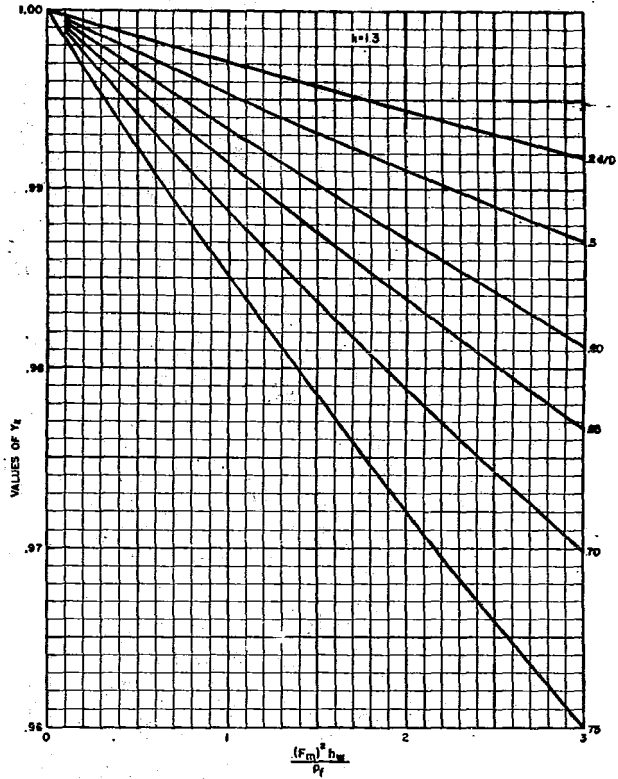
Y_1 para toberas de flujo ó tubos Venturi, $k = 1.3$

FIG. 2.42



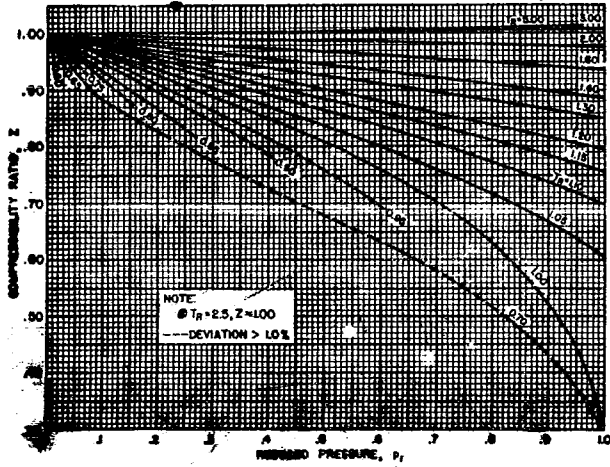
Y_2 para toberas de flujo ó tubos Venturi $k = 1.4$

FIG. 2.43

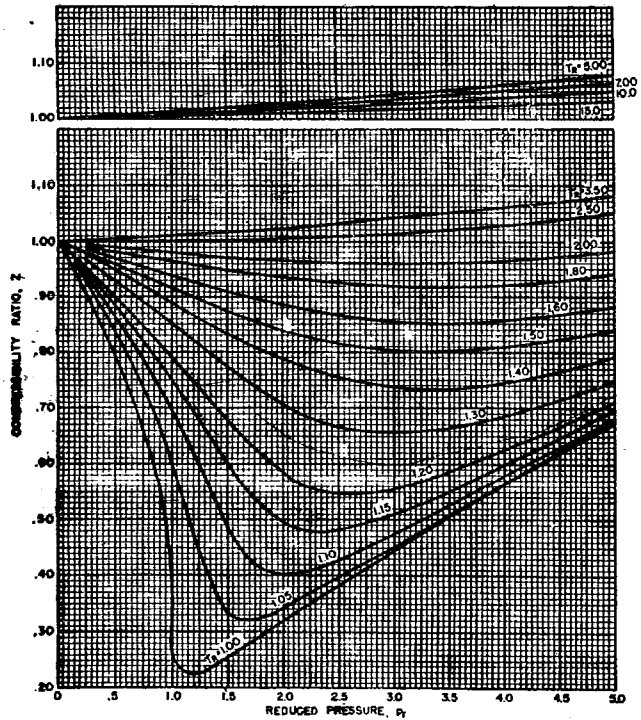


Y_2 para toberas de flujo y tubos Venturi, $k = 1.3$

FIG. 2.44

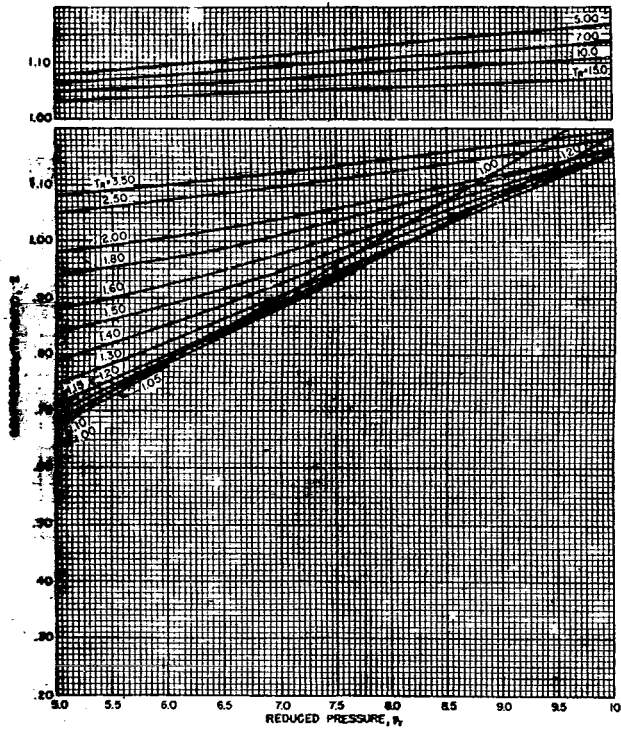


Carta de Compresibilidad de Nelson-Obert (Para $P_r = 0$ a 1.0)
 FIG. 2.45 (Ver NOTA 1)



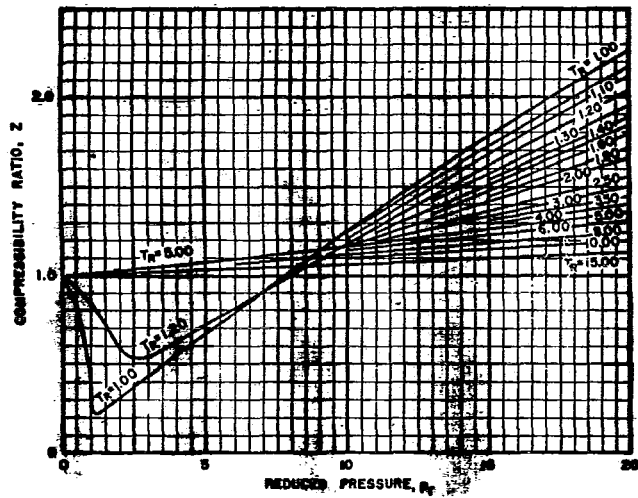
Carta de Compresibilidad de Nelson-Obert (Para
 $P_r = 0$ a 5.0) (Ver NOTA 2)

FIG. 2.46



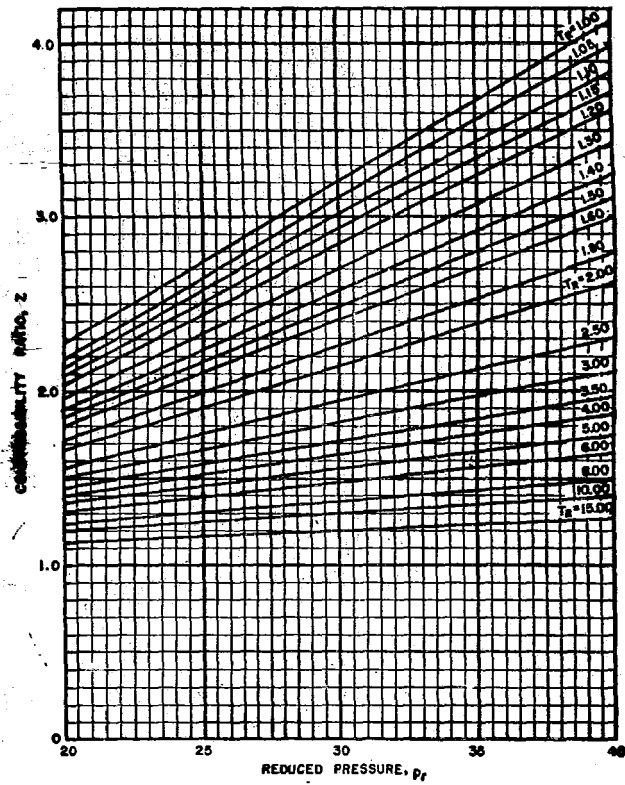
Carta de Compresibilidad de Nelson-Oberster
 (para $P_n = 5$ a 10), (Ver NOTA 2)

FIG. 2.47



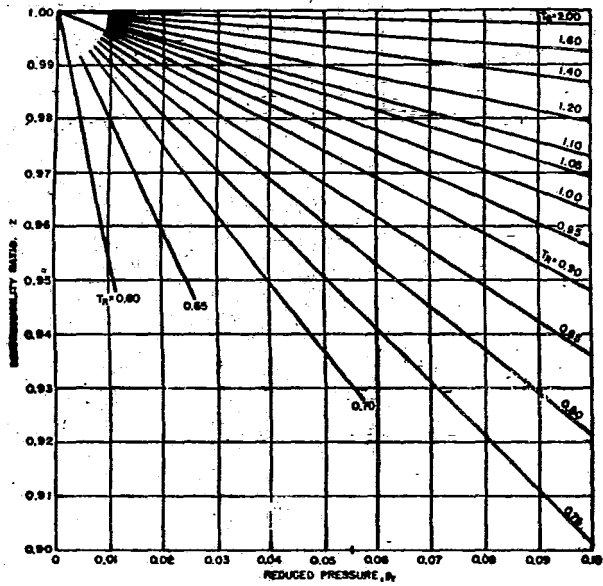
Carta de Compresibilidad de Nelson-Obert
(para $Pr = 0$ a 20). (Ver NOTA 3)

FIG. 2.48



Carta de Compresibilidad de Nelson-Obert
(para $P_r = 20$ a 40) (Ver NOTA 3)

FIG. 2.49



Carta de Compresibilidad de Nelson-Obert
 (para $Pr = 0$ a 0.10) (Ver NOTA 1)

FIG. 2.50

NOTAS PARA LAS GRAFICAS 2.45 a 2.50

- 1.- No usar para amoniaco. Desviación máxima para agua, hidrógeno ó helio a 2%. La máxima desviación para los otros 26 gases listados abajo es menor al 1%.
- 2.- No usar para amoniaco. No usar para fluoruro de metilo abajo de $Tr = 1.3$ o para hidrógeno ó helio abajo de $Tr = 2.5$. Para hidrógeno o helio arriba de $Tr = 2.5$, usar las constantes de ajuste: $Tca + 14.4$ °F y $pca + 117.6$ psi. Desviación máxima, menor de 2 1/2 % excepto cerca de $Tr = 1.0$ y $Pr = 1.0$.
- 3.- La máxima desviación para oxígeno, argón, aire, nitrógeno, monóxido de carbono, etano, metano, etileno ó propano es menor de 5%. También para hidrógeno ó helio si se usan las constantes de ajuste crítico. $Tca + 14.4$ °F y $pca + 117.6$ psi.

* A Temps. arriba de -436.6 °F ajustar las constantes $Tca = 23.74$ °R, $pc = 150.8$ psia.

A Temps. arriba de -310 °F ajustar $Tca = 74.23$ °R, $pc = 305.65$ psia.

TEMPERATURA CRITICA Y PRESION CRITICA DE GASES

	Tca °R	pc psia
Metano	343.89	673
Etano	549.77	708.4
Propano	666.02	619
n-Butano	765.31	557.7
Isobutano	734.65	529.1
n-Pentano	847.8	485
Isopentano	829.8	483.8
n-Hexano	914.2	440
n-Heptano	972.31	396.8
Etileno	509.51	742.2
Propeno	656.86	670.3
1-Buteno	755.3	583
Benceno	1012.3	716
Aire	238.55	546.3
Amoniaco	729.7	1636.
Argón	271.3	705.4
Bióxido de Carbón	547.56	1070.7
Monóxido de C.	239.24	577.5
n-Deuterio	69.03	241.5
Eter Etilico	842.0	523
Helio*	9.34	33.2
Hidrógeno#	59.83	188.08
Ac. Sulfídrico	672.7	1305
Fluoruro de Metilo	571.88	852
Neón	79.9	394.8
Nitrógeno	227.27	492.9
Oxido Nítrico	324.5	949
Oxígeno	278.6	736.9
Agua	1165.05	3206.4

CAPITULO III**VALVULAS DE CONTROL. ASPECTOS TEORICOS:
TIPOS, CARACTERISTICAS Y CRITERIOS DE SELECCION.****III.1.-GENERALIDADES.**

Las válvulas de control son elementos finales de control y su propósito principal es producir una caída de presión en la tubería tal que sea conveniente para el control del fluido de proceso.

Comúnmente, las válvulas de control son operadas por Ingenieros, otras por Servo-Motores, ó directamente - como es el caso simple del tapón de agua. En sistemas automáticos las válvulas de control estan operadas por actuadores, de los cuales existen muchas variaciones, y se discutirán en un capítulo posterior.

El método para la regulación de flujo en conductos es tal que al reducir el área de flujo del conducto mecánicamente, se tiene una reducción de la cantidad de flujo y un incremento en la presión diferencial, o sea, se tiene un doble efecto. Un efecto secundario es la aceleración del fluido a través de la restricción, produciendo una reducción en la presión estática en la zona de restricción. Esta operación puede aclararse usando la ecuación de flujo derivada del Teorema de Bernoulli:

$$Q = \frac{C A_v}{\left(1 - \frac{A_v}{A_u}\right)^{1/2}} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

donde:

Q = Razón de flujo volumétrico

C = Coeficiente de descarga (una constante)

A_u = Área de flujo de la tubería corriente arriba

A_v = Área de flujo de la válvula, variable

P = Diferencial de presión a través de la válvula

ρ = Densidad del fluido.

En los cálculos de una placa de orificio, la cantidad adimensional:

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{A_v}{A_u}\right)^{1/2}} \quad (= E)$$

Es llamada "factor velocidad de acercamiento", y mientras es constante para medidores de restricción, no es constante para válvulas de control (A_v es variada continuamente).

A continuación se examinará la expresión E : Si A_u es mucho mayor que A_v (Ejemplo: La condición de descarga de un tanque), el factor tiende a la unidad. Si A_u es mucho menor que A_v (esto es, una válvula muy grande o sobrada) el factor se convierte en un número imaginario.

Considerando la condición en la cual A_v es un máximo (y constante), la capacidad máxima de flujo de la válvula será:

$$Q = EC \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

El coeficiente de descarga usualmente es escrito como C_v (coeficiente de la válvula) y es una medida universal definida para la válvula completamente abierta. Los valores de C_v están claramente definidos por los fabricantes como sigue:

ΔP es la unidad de caída de presión en lb/in^2 , esto es, una libra por pulgada cuadrada.

ρ es la densidad unitaria, o sea, la densidad del agua.

Por lo tanto $Q = C_v$ para agua a 1 lb/in^2 de caída de presión, y Q y C_v están definidas en G.P.M. (la diferencia entre galones imperiales y galones U.S. es que I.G. es 20% mayor que el U.S.G.). Los valores de C_v , como fueron definidos arriba, se encuentran listados por los fabricantes para aberturas desde 10% hasta 100%.

Esto permite encontrar un tamaño de válvula por lo cual pasarán el flujo mínimo, normal y máximo de operación de nuestro sistema, teniendo la seguridad de poder controlar nuestra variable (nivel, presión, temperatura y/o flujo) correctamente.

Generalmente se puede encontrar el tamaño de la válvula adecuada si se conoce el ΔP permisible ó requerido en nuestro sistema, por medio de la ecuación:

$$Q = E C_v \left(\frac{\Delta P}{\rho} \right)^{1/2}$$

En donde E puede ser asumido como constante. La densidad en líquidos puede considerarse constante, pero

no así para gases.

Ahora bien, la mayoría de los datos de las válvulas son empíricos, y la mejor guía para cualquier diseñador es la información proveniente de los fabricantes.

Es importante recalcar que los métodos de cálculo - que aquí se mencionarán son solamente para la selección aproximada de un tipo de válvula, y también es correcto decir que la decisión más importante y fundamental para cualquier sistema de control, es la selección de la mejor válvula de control.

Los parámetros típicos para caracterizar una válvula de control son:

- Coeficiente de flujo;
- Factor de Recuperación de Presión;
- Rangeabilidad;
- Estabilidad y balance;
- Filtración;
- Ruido.

de estos parámetros se hablará más adelante.

III.2.- DESCRIPCIÓN Y TIPOS DE VALVULAS DE CONTROL.

Consta de dos partes principales: El cuerpo de la válvula y el actuador, unidas por medio de sus vástagos.

Cuerpo de la Válvula.

Como se observa en la FIG. 3.1, el cuerpo consta de

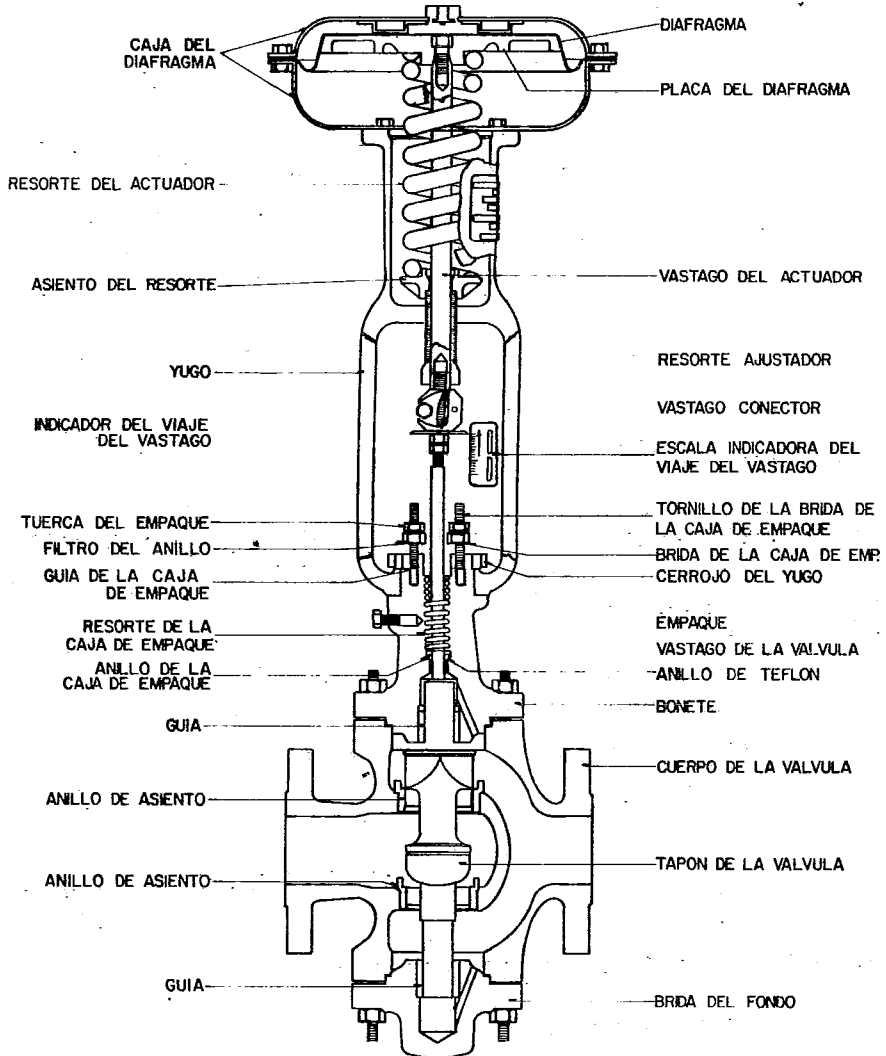


FIG. 3.1 PARTES PRINCIPALES DE UNA VALVULA DE CONTROL

una pieza en cuyo interior se encuentran el asiento de la válvula que consiste en un anillo para formar el puerto y servir de descanso al tapón; el tapón - cuya forma varía de acuerdo a las características de la válvula, es accionado por medio de un vástago; el vástago lleva sus guías de movimiento y para evitar que el fluido que circula por la válvula de control escape, pasa a través de una caja de empaques ó esto pero que se encuentra en el bonete.

El bonete es una estructura metálica a través de la cual se desliza el vástago y contiene la caja de empaques; además está provista de los medios necesarios para el montaje del actuador.

III.2.- TIPOS DE VALVULAS. CARACTERISTICAS GENERALES.

La selección correcta de una válvula para una aplicación dada puede facilitarse haciendo una revisión de los cuatro estilos básicos de caja de estrangulamiento de la válvula: válvulas de globo estilo jaula, - válvulas de bola, válvulas de disco excéntrico y válvulas de mariposa.

III.3.1.- Válvulas de Globo.-

Son el "standard" de las válvulas de control. Sin embargo, la moderna válvula estilo Jaula (Ver FIG. 3.1) ha desplazado a la válvula de globo de doble guía, en sus dos tipos: de un puerto y de doble puerto. Es notable que el cambio de la válvula de globo estilo jaula es un interior que consiste de la jaula, el tapón y el anillo del asiento separado.

La jaula es un componente de múltiples propósitos. - Esta provee una guía y retiene al anillo del asiento en el cuerpo, mientras que la forma de los agujeros - en la pared de la jaula determina las características de flujo de la válvula. En contraste con la válvula de globo convencional, la válvula estilo jaula ofrece más estabilidad de operación. La jaula ofrece - un tapón guiado para estabilidad en donde ocurre la caída de presión máxima

La válvula de jaula puede satisfacer más requerimientos de aplicación, puesto que hay un rango bastante - amplio de estilos de interiores entre los cuales escoger. Los Interiores Balanceados, desbalanceados, asentamiento de elastómero, restringido o completamente abierto son unas cuantas de las muchas opciones que hay. Cualquiera configuración del interior es intercambiable dentro de un simple cuerpo de válvula, - sin desmontarlo de la línea dando al usuario un ahorro de precio y elasticidad en sus inventarios de partes.

La válvula de globo, típicamente encontradas en tamaños hasta de 16 pulgadas, viene en fundición de aleaciones con conexiones de rosca, brida ó extremos soldados. Satisface dimensiones de cara a cara y se encuentra dentro de las especificaciones y clasificación de presión ANSI hasta clase 2500.

Cuando se le compara con otros estilos de válvulas, - no obstante, algunas limitaciones de las válvulas de globo son aparentes:

- (1) Limitación del tamaño, normalmente 16 pulgadas,*
- (2) Baja capacidad a primera vista cuando se le compara con otra del mismo tamaño tal como válvulas*

de bola y ó de mariposa, y,

(3) Costosa, especialmente para tamaños grandes.

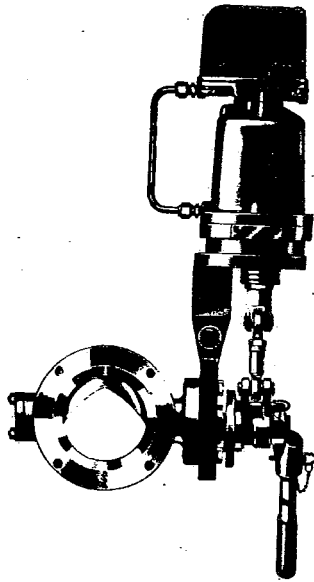
Aunque para muchas aplicaciones probablemente predominan las válvulas de globo, las válvulas de bola y válvulas de mariposa pueden dar mejor servicio debido a su alta capacidad, diseño simple y compacto, bajo peso y costos más atractivos.

III.3.2.- Válvulas de Bola.-

Existen varios tipos de válvulas de estrangulamiento de bola. Sumadas a las de bola convencionales (taladro completo ó taladro reducido), hay diseños que usan una bola parcial característica. Diseñada originalmente para suspensiones de pulpa, ahora sirven en todas las industrias. En otro diseño, un híbrido entre una válvula de globo y una de mariposa, un disco que pivotea desde la posición cerrada hasta la posición abierta a la corriente de flujo. Ver FIG.3.2.

Muchas válvulas de bola usan asientos elastoméricos ó de plástico fluorado y muestran buena capacidad de corte. Los asientos de metal flexible son "standards" para altas temperaturas, y los asientos de metal rígido son muy usuales. El mayor progreso en años recientes se ha logrado haciendo asientos de tetrafluoro etileno (TFE), los cuales sobreviven a la acción de flujos corrosivos y las altas temperaturas.

Las válvulas de bola están clasificadas como válvulas de alta recuperación, significando que la presión de salida se recupera a buen nivel con respecto a la alta



**VALVULA DE BOLA CORTE PARABOLICO
CON POSICIONADOR.**

FIGURA 3.2

presión de entrada através de la válvula de bola. En otras palabras, requiere una menor caída de presión a una razón de flujo dada. Pero las válvulas de bola están más limitadas en la caída de presión y la temperatura que las de globo.

Se disponen generalmente en clase ANSI 600#, con bridas que ajustan con las de la línea. Esto significa que los esfuerzos de tensión debido a la tubería se absorben en las bridas, no en el cuerpo de la válvula.

En aquellas aplicaciones donde podrían servir una válvula de globo ó una válvula de bola, la válvula de bola tiene un costo hasta del 50% del de la válvula de globo.

III.3.3.- Válvulas de Mariposa.-

El estilo de válvula de flecha rotatoria esta ganando popularidad entre las válvulas de mariposa, usando un disco con sus ejes paralelos al centro de la línea.

El resultado es un movimiento excéntrico del disco. Un aspecto importante de diseño es que el contacto del disco y su asiento se logra con pocos grados de rotación a la posición de cerrado. Esto tiende a reducir el uso del asiento y prevenir su deformación permanente. Y también porque el asiento no roza el disco cuando la válvula está estrangulando se requiere menor factor de fricción y menor torca de operación. Como la válvula de bola, este diseño excéntrico de válvula de mariposa viene con asientos construídos de elastómero

ó metal.

Este estilo de válvula se halla normalmente en tamaños hasta de 24 pulgadas, con clasificación ANSI, clases - 150, 300 y 600 #. Se ajusta entre las bridas de la línea, y requiere muy poco espacio. El costo comparativo de las válvulas de disco excéntrico y la de bola - varía con el tamaño, pero en promedio el costo de una válvula de disco excéntrico es menor. El costo diferencial ya es significativo en tamaños superiores a - las 6 pulgadas.

El cuarto tipo básico de válvulas de estrangulamiento, es la válvula "standard" de mariposa, es la más económica de todos los diseños sobre una base de costo por capacidad de flujo.

Para aplicaciones generales en las que no se requieren baja relación de fuga, se recomiendan las válvulas de mariposa con disco de balance. Estas válvulas pueden manejar flujos con altas presiones de entrada y caídas de presión en un extenso rango de temperaturas. El -- diseño balanceado, con claros entre los barrenos del cuerpo y el disco, permite la expansión térmica del - disco y el cuerpo sin existir contacto entre ambos.

Donde se requieren bajas relaciones de fuga, los diseños de anillo-pistón pueden dar relaciones de aproximadamente un tercio de aquellas válvulas con discos de balance. Pueden controlar altas presiones de entrada sobre un extenso rango de temperaturas. El anillo del pistón, retenido en la perifería del disco, también - permite la expansión térmica diferencial del disco y

cuerpo.

Las válvulas con asiento de anillo T de elastómero ó barreno y cuerpo alineados pueden proveer un estrecho "shutoff". También, en válvulas de mariposa alineadas por completo, el delineador provee un total aislamiento del cuerpo respecto al fluido. Esto permite el uso de materiales de bajo costo del cuerpo para servicios de fluidos corrosivos.

Los tamaños y estilos de las válvulas de mariposa cubren un extenso rango de razones de flujo (caudales), prestaciones de entrada, caídas de presión y requerimientos de "shutoff" (corte). Existen tamaños en un rango hasta de 100 pulgadas, con clasificación ANSI de clase 125 hasta 2500 #.

La Tabla 3.1 muestra las principales características de diseños populares para válvulas de globo y flecha rotatoria.

III.4.- CONSIDERACIONES SOBRE LA PRESION.

Los 4 tipos generales de válvulas descritos anteriormente se cuentan para la mayoría de las aplicaciones de las válvulas de control. Para encontrar una construcción específica de las opciones que se tienen, -- primero se requiere revisar hasta que prestaciones puede resistir la válvula.

Las válvulas más comerciales se encuentran en los "standards" del INSTITUTO NACIONAL AMERICANO DE STANDARDS, (ANSI). Esos códigos establecen las clasificaciones

TABLA 3.1
VALVULA DE GLOBO

CARACTERISTICA	JAULA GUIADA	CUERPO PARTIDO	S/BRIDAS	GUIA SUP.E INFERIOR
Rango de clase, lb/pulg.	125 a 2500	150 a 600	150 a 300	125 a 2500
Rango de Dimensión, pulg.	1/2 a 16	1/2 a 8	1/2 a 24	2 a 24
Rango de Temperatura.	Criog-1500	-100 a 450	-100 a 450	50 a 800
Caida de presión, psi	hasta 14000	300	740	3000
Capacidad relativa a 3 pulg	100*	75	50	90
Costo relativo a 3 pulg.	100*	70	70	110
Costo relativo de manten.	BAJO	MODERADO	MODERADO	ALTO
Característica de flujo	CUALQUIERA	CUALQUIERA	CUALQUIERA	CUALQUIERA
Rangeability	30 a 50: 1	30 a 50: 1	30 a 50: 1	30 a 50: 1
Aplicación típica	Depresionar vapor; alto AP. Control de - flujo; aplicaciones generales.	Servicio	Servicio	Control de flujo; aplicaciones generales.
Tendencia de uso	A NIVEL	BAJA	BAJA	MARCADAMENTE BAJA

VALVULA DE FLECHA ROTATORIA

(CONCLUSIONES HOJA 2)

CARACTERISTICA	MARIPOSA ALINEADA	MARIPOSA DE ALTA FUNCION +	VALVULAS DE BOLA CARACTERIZADA	VALVULAS DE BOLA FLOTANTE **
Rango de clase, lb/pulg ²	125 a 300	150 a 600	125 a 600	125 a 300
Rango de dimensión, pulg.	2 a 24	2 a 42	1 a 24	1/2 a 12
Rango de temperatura	-20 a 300	Criogénica a 1500	Criogénica a 1000	-50 a 400
Caída de presión, psi	200	1400	Arriba de 1440	Arriba de 720
Capacidad relativa a 3 pulg	250	200	240	350
Costo relativo a 3 pulg.	50	65	80	80
Costo relativo de manten.	MUY ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Característica de flujo	IGUAL %	LINEAL	IGUAL % MODIFIC.	IGUAL % MODIFIC.
Rangeability	100: 1	75: 1	200 a 300: 1	100: 1
Aplicación Típica	Bajo ΔP en Serv. general; corrosivos	Servicio general; vapor; agua; hidro carburos; de-hidrata ción de gas natural.	Servicio General pulpas y lodos corrosivos; ser- vicio de cloro - seco; vapor sobre calentado.	Servicio General hidrocarburos; - agua; vapor satu- rado .
Tendencia de uso	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA

LEYENDA:

- * Los valores estan comparados con una válvula de globo de jaula guiada teniendo una -- base de 100.
- # Rangeability es la relación del C_v máximo al C_v mínimo controlable.
- + La válvula de mariposa de alta función es un disco compensado, el cual es un muñón -- soportado y adecuado para alta caída de presión.
- # La válvula de bola caracterizada tiene una bola parcial soportada por muñones (también se le llama bola parabólica).
- ** La válvula de bola flotante tiene una bola sólida ó llena, soportada por sellos.

de presión y temperatura para el cuerpo de la válvula, basado en sus materiales de construcción. El primer paso en el proceso de selección es determinar que estilo ó estilos se encuentran clasificados a la presión de operación. Algunas válvulas no tienen clasificaciones de presión arriba de la clase ANSI 600, mientras que otras no se encuentran en clasificaciones relativamente bajas, tal como la clase ANSI 125.

La selección de la mejor configuración de válvula para un uso en particular depende también de la máxima caída de presión esperada. Aunque un estudio rápido de la literatura de los fabricantes revele unas capacidades precisas de caídas de presión, es seguro esperar que las válvulas de globo puedan controlar altas caídas de presión. Las válvulas de globo de jaula guiada sirve para caídas de presión hasta de 50,000 psi. Los diseños de jaula guiada son usualmente usados donde otro tipo de válvula de tapón guiado no es satisfactorio. Otras válvulas de globo también dan rangos satisfactorios de caída de presión, aunque algunos diseños están desarrollados para aplicaciones donde la caída de presión no exceda a 100 psi.

La capacidad en la caída de presión de las válvulas de: bola, mariposa y de flecha rotatoria depende mucho de:

- (1) el soporte del miembro de estrangulamiento,
- (2) el tamaño y localización de la flecha.
- (3) el diseño de miembro de sello.

Consecuentemente, las capacidades de caída de presión varían considerablemente a lo largo de las válvulas.

de flecha rotatoria. Por ejemplo, las válvulas de bola montadas en muñón pueden manejarse para muy altas caídas de presión, mientras que varios diseños de válvulas de bola flotante están limitados usualmente a caídas de 300 a 400 psi ó menos. Los diseños especiales de válvulas de mariposa pueden acomodarse bien para caídas de presión de 1000 psi, pero las válvulas comunes de mariposa alineadas con caucho ordinariamente operan arriba de 100 a 200 psi.

III.5.- CONSIDERACIONES SOBRE EL FLUIDO.

El fluido influye en la selección de la configuración de la válvula. Por ejemplo, los lodos fibrosos ó erosivos son difíciles de manejar; existen válvulas específicamente diseñadas para estos servicios dando un óptimo control y vida de servicio.

Otro ejemplo es el servicio corrosivo donde se requieren aleaciones exóticas para resistir líquidos corrosivos; frecuentemente no se encuentran en forma de fundiciones. Afortunadamente muchas aplicaciones envuelven relativamente pocos casos de fluidos corrosivos a presiones y temperaturas razonables. Por lo mismo, - el hierro fundido y el acero inoxidable son materiales más comúnmente usados en los cuerpos de válvulas.

III.6.- LIMITACIONES DE TEMPERATURA.

La temperatura es otro factor de operación importante. Las válvulas que cuentan con materiales elastoméricos ó con superficies de sello no pueden manejar tempera-

turas más altas de 300 ó 400 °F.

Los rangos de temperatura de la Tabla 3.2 sugieren límites dentro de los cuales los elastómeros funcionan adecuadamente.

TABLA 3.2

LIMITES DE TEMPERATURA SUGERIDAS PARA COMPONENTES ELASTOMERICOS DE LAS VALVULAS.

MATERIAL	LIMITES, °F
Hule Natural	-60 a + 160
Neopreno	-40 a + 175
Nitrilo	-20 a + 200
Poliuretano	-40 a + 200
Butilo	-20 a + 300
Etileno-Propileno	-40 a + 300
Tetrafluoroetileno (TFE)	0 a + 450
Silicón.	-65 a + 400

Las fuerzas dinámicas impuestas sobre los materiales - también entran en consideración, donde, en muchos casos, la fuerza de desgarre y otras propiedades físicas decrecen rápidamente con el incremento de la temperatura.

Los servicios criogénicos requieren válvulas con baja - masa de enfriamiento, dimensiones brida a brida pequeñas para su fácil instalación, y una forma de sacar el empaque de la válvula fuera del área de la caja fría. Servicios de temperatura extremadamente alta generalmente necesitan válvulas de cuerpo y configuración especial y

y materiales también especiales de construcción.

III.7.- CAPACIDAD DE CORTE.

Además de la temperatura, otros criterios secundarios ayudan a determinar el interior de la válvula. para la selección del empaque económico de la válvula de control es el grado al cual la válvula puede cortar. Este grado de corte ("shutoff") puede encontrarse en un rango relativamente grande desde alta filtración en la posición cerrada (tal como el que se espera en una válvula de mariposa balanceada) hasta fugas de menos de una burbuja por minuto (las válvulas de globo "standard" -- ANSI B16-104 define los niveles de standard reconocidos por la industria para las filtraciones para las filtraciones para válvulas de control.

Los requerimientos de corte estricto usualmente aumentan el costo de una válvula. Si por ejemplo, una válvula de globo de 4-inch operando a temperaturas cercanas a los 600 °F, con caída de presión en la máxima posición de corte de 1000 psi, tiene un flujo de (fig. 201 7.5 - 2.1) máximo tolerable del flujo máximo de la válvula, el precio neto puede estar alrededor de 35,000.00 pesos, considerando ya un actuador neumático. Si, por otro lado, la filtración (ó fuga) requerida anda del nivel de 1 a 2 burbujas por minuto, el precio puede fácilmente exceder los 70,000.00 pesos. Conociendo qué razón de goteo puede ser tolerado, podemos entonces especificar el nivel.

III.8.- CARACTERÍSTICAS DE FLUJO.

Aunque ya se ha discutido algunos aspectos técnicos, - las características de flujo de la válvula es uno de los factores menos entendidos en la selección del interior de la válvula de control.

Las características de flujo son de dos tipos: La característica inherente y La característica instalada.

La característica inherente es la relación entre el flujo y la señal del controlador, manteniendo: caída de presión a través de la válvula, peso específico y temperatura constantes. El flujo debe ser plenamente turbulento y estar en condiciones subcríticas. En estas condiciones el flujo es una función del coeficiente de flujo de la válvula (C_v) solamente.

La característica instalada es la relación entre el flujo y la señal del controlador con variaciones de la caída de presión, peso específico y temperatura del fluido. Por tanto el flujo es una función del C_v y de esas variables.

La característica inherente de flujo depende del posicionador, del actuador y de la posición del obturador. La característica instalada de flujo es la relación entre el caudal y la señal del controlador, así como la caída de presión en la válvula varía con la demanda de flujo.

MATEMATICAMENTE TENDREMOS PARA CARACTERISTICA INHERENTE:

Característica de flujo lineal:

$$B = \frac{Cv}{Cv \text{ válvula}} = \frac{\Delta S}{Ss}$$

Isoporcentual:

$$B = \frac{Cv}{Cv \text{ válvula}} = R \frac{\Delta S}{Ss} - 1$$

En donde:

B = Expresión que describe la característica inherente de flujo = $Cv/Cv \text{ válvula} = (Q/Q_{max})$ a ΔP constante.

Cv = Coeficiente de flujo a cualquier señal de instrumento.

Cv válvula = Coeficiente de flujo a válvula completamente abierta.

Q = Flujo a cualquier señal de instrumento.

Qmax = Flujo máximo a válvula completamente abierta.

R = Capacidad (rangeability)

S = Señal del instrumento.

Ss = "Span" de la señal = $S_c - S_o$

S_c = Señal del instrumento para válvula completamente cerrada.

S_o = Señal del instrumento para válvula completamente abierta.

ΔS = Cambio de señal = $S_c - S$

Característica instalada:

$$C = \frac{Q}{Q_{\text{máx}}} = \frac{B}{[\Delta P_R + (1 - \Delta P_R) B^2]^{\frac{1}{2}}}$$

Cualquier tipo de característica es adecuada. Sin embargo para un control óptimo de anillo, ambas características deben ser mejores.

Donde:

C = Expresión que describe la característica instalada de flujo = $Q/Q_{\text{máx}}$.

ΔP_R = Relación de caída de presión = $\frac{\Delta P_v Q_{\text{máx}}}{\Delta P_s \text{ máx.}}$

ΔP_v = Caída de presión a través de la válvula.

$\Delta P_s \text{ máx.}$ = Máxima presión diferencial del sistema.

$\Delta P_v Q_{\text{máx}}$ = Caída de presión a válvula completamente abierta.

CARACTERISTICAS MAS IMPORTANTES.- LINEAL, IGUAL PORCENTAJE, ABERTURA RAPIDA Y PARABOLICO MODIFICADO.-

Son inherentes: es decir, miden la capacidad inherente de la válvula con la caída de presión constante por medio de la cual se mueve el tapón de la válvula. (Ver - GRAFICA, 3.1)

1) Característica de Flujo Lineal.-

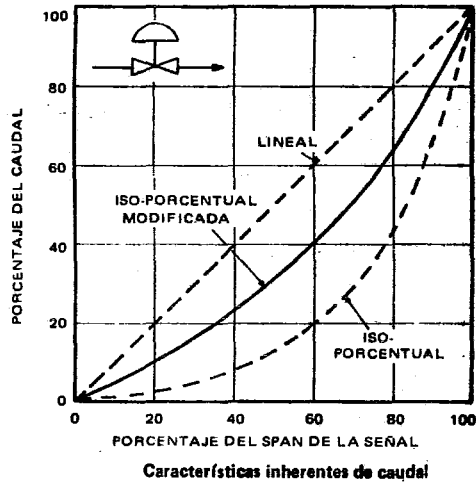
La característica lineal es explícita por sí misma; la capacidad de la válvula varía linealmente con la carrera del tapón de la válvula, de tal forma, que al 50% de la carrera corresponde el 50% del flujo máximo; al 80% de la carrera, el flujo sea el 80% del máximo y así sucesivamente.

Los tapones utilizados son:

- a) Tapón lineal, doble puerto.
- b) Tapón lineal, puerto sencillo.

2) Característica de Flujo Igual-Porcentaje.-

La característica de igual-porcentaje incrementa la capacidad de flujo por el mismo porcentaje para cada incremento igual en la carrera del tapón de la válvula. - Por ejemplo, tenemos un incremento de capacidad del 10% en la primera 0.1 pulgada de la carrera; otro incremento en la carrera del tapón de 0.1" causará un aumento del 10% de la capacidad de flujo, y así hasta el 100% de abertura de la válvula. Esta característica da una línea recta en una gráfica semi-log; Es exponencial, no



GRAFICA 3.1

lineal. Cuando el tapón de la válvula está cerca de su asiento y el flujo es pequeño, el cambio en el flujo será pequeño; cuando el flujo es grande, el cambio será grande en el flujo. (Ver GRAFICAS: 3.2 y 3.3)

Los tapones usados para la válvula de igual porcentaje son:

- a) "V-pup", doble puerto.
- b) "V-pup", puerto sencillo.
- c) "Microform"
- d) "Micro-flute"

Generalmente éstos tapones se usan en aplicaciones donde un gran porcentaje de la caída de presión es normalmente absorbido por el propio sistema, y sólo un pequeño porcentaje de caída de presión es disponible para la válvula de control. También se pueden utilizar donde se esperan grandes variaciones en la caída de presión.

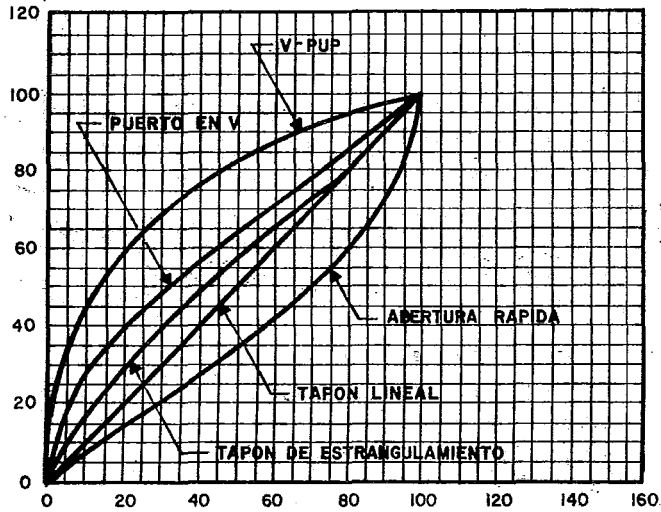
3) Característica de Flujo Abertura Rápida.-

La característica de apertura rápida es lineal para la primera porción de la carrera y gana muy poca capacidad posteriormente.

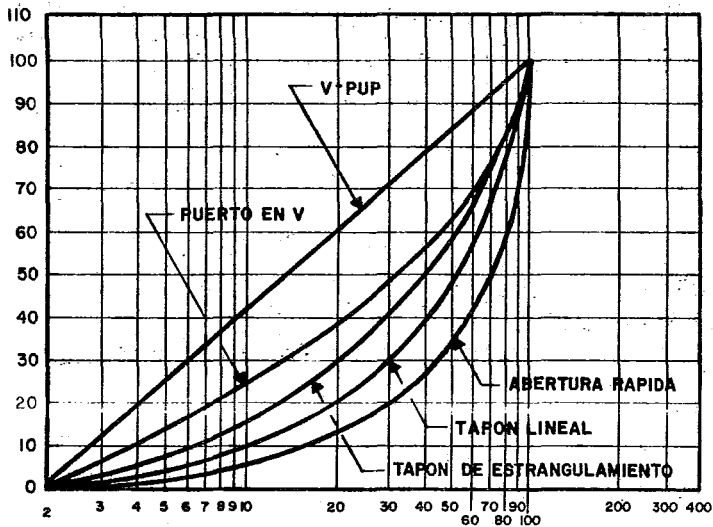
La característica de flujo de apertura rápida se utiliza normalmente en válvulas de control para servicios de dos posiciones, ya sea totalmente abierta ó totalmente cerrada ("ON-OFF"), no requiriendo control de flujo.

Los tapones que proporcionan esta característica de flujo (para válvulas del tipo globo) son:

- a) Tapón Abertura-Rápida, doble puerto



3.2.- CURVAS DE CARACTERISTICA DE FLUJO EN PLANO LINEAL.



3.3.- CURVAS DE CARACTERISTICA DE FLUJO EN PLANO SEMILOGARITMICO.

b) Tapón Abertura-Rápida, puerto sencillo,

ambos con o sin guía de puerto.

Para válvulas del estilo "Jaula", se utilizan solamente tapones con características de igual porcentaje, abertura rápida y lineal.

4) Característica de Flujo Parabólico Modificado.

En esta característica el tapón suministra una fina acción reguladora a través de la primera porción de la carrera de la válvula donde pequeños cambios de flujo resultan de mayores cambios en la carrera de la válvula.

Los tapones utilizados son:

- a) Tapón de estrangulamiento, doble puerto.
- b) Tapón de estrangulamiento, puerto sencillo.
- c) Puerto en V, doble puerto.
- d) Puerto en V, puerto sencillo.
- e) Puerto en V, doble puerto con anillos de asiento "O".
- f) Puerto en V, puerto sencillo con anillos de asiento "O".

Los tapones con esta característica de flujo son comúnmente utilizados en controles de presión y de flujo en donde la mayor parte de la caída de presión del sistema es aprovechada en la válvula de control.

La caracterización de flujo de las válvulas puede mostrar cómo la capacidad de la válvula varía para compen

sar los cambios de capacidad del proceso en los cambios de la carga. La capacidad en la válvula indica la sensibilidad de su flujo de salida a cambios en la entrada (carrera de la válvula). A altas capacidades la válvula exhibe un gran cambio en el flujo para un pequeño cambio en la posición de la válvula.

Esto es, (1) una válvula de abertura rápida tiene una alta capacidad en la carrera inicial del tapón de la válvula y por tanto, una baja capacidad en la parte posterior de la carrera, (2) la válvula de característica lineal mantiene una capacidad constante a través de toda la carrera del tapón, y (3) las válvulas de características de flujo de igual porcentaje y de relación parabólica-modificada muestran bajas capacidades de válvula en las regiones bajas de la carrera, pero, a medida que se incrementa la carrera, la válvula incrementa su capacidad rápidamente.

III.9.-CONTROL DE VARIABLES.

Para establecer el requerimiento necesario de característica de flujo de un sistema es indispensable un análisis dinámico del sistema de control.

Si no se tiene tiempo para realizar un buen análisis dinámico, puede usarse la Tabla 3.3, que se muestra a continuación como una guía:

TABLA 3.3

FACTOR DE CONTROL	CONDICIONES ENCONTRADAS	CARACTERISTICA A USAR
Nivel de líquido	Decremento de caída de presión al aumentar el flujo.	igual porcentaje
	Presión de 2 a 1, o más, con el incremento de flujo.	abertura - rápida
	Cualquiera otro	lineal
Presión	Líquido .	igual porcentaje
	Fluido Compresible: Sistema rápido-bajo volumen corriente abajo (generalmente, menor de 10 ft. de tubería); incremento de la presión rápidamente.	igual porcentaje
	Sistema lento -generalmente, más de 100 ft de tubería corriente abajo.	lineal
	Si la caída de presión varía de 5 a 1, o más, para sistemas rápidos o lentos.	igual porcentaje
Flujo	Elemento de medición en serie con la válvula.	lineal
	Elemento de Medición en by-pass* :	

	Dispositivo de medición lineal.	lineal
	Dispositivo de medición con extractor de raíz - cuadrada.	igual porcentaje
	Rango de flujo pequeño; grandes cambios de la caída de presión en la válvula.	igual porcentaje

* Cuando la válvula de control cierra, el flujo incrementa en el elemento de medición.

OTROS PROCESOS.

Cuando un análisis dinámico no puede ser justificado, no se disponga de ninguna guía, se recomienda seleccionar válvulas de control de característica de flujo de igual porcentaje.

Afortunadamente, una característica de igual porcentaje es inherente en más de las válvulas comunes de bola y mariposa.

Una teoría recientemente revivida de los años 50's dice que la característica "UNIVERSAL" existe entre la lineal y la de igual porcentaje. La propiedad de una característica de flujo UNIVERSAL para un sistema depende de (1) el porcentaje de caída de presión designado para la válvula, (2) el rango en la carga experimentada, (3) la rangeabilidad del "loop" de control con variaciones de la carga, y (4) el cambio de las pérdidas en el sistema en total como una función de la carga. Es posible que esta característica ajus

te para algunas aplicaciones, pero en la mayoría de los casos tener un control de esta forma no es tan bueno como el que provee una buena selección de válvulas de características lineal ó de igual-porcentaje.

III.10.- "Rangeability" de las Válvulas de Control.

La palabra "Rangeability", usada sola, no es definitiva. Cualquier discusión debe ser no por ella misma, sino acompañada de las palabras inherente ó instalada.

La rangeabilidad inherente se define en su mejor acepción como: "La razón de los coeficientes máximo y mínimo de los cuales la ganancia de la válvula no excede la ganancia especificada por alguna relación de condiciones". Esta definición puede, de hecho, ser posteriormente calificada por la limitación de que la rangeabilidad no puede exceder a 100 dividido por el % de escape.

Como un ejemplo, si una válvula de tipo balanceada o de doble puerto con un escape (ó derrame) de aproximadamente 0.5%, puede estrangular abajo del punto de contacto del asiento, la rangeabilidad inherente podrá ser de 200.

Si la válvula tuvo cierre de corte (cero escape), y ahora puede estrangular abajo del punto de contacto del asiento, la rangeabilidad podría ser infinita. Afortunadamente, no es posible lograr un control exac

to abajo del punto de contacto del asiento, debido a las tolerancias necesarias entre las partes.

El punto de flujo mínimo controlable comúnmente es el punto de flujo de claro, un flujo que puede lograrse a través del claro dimensional entre el tapón y la jaula. Ya que el flujo de claro puede ser tan grande como al 2 % del flujo total, esto puede indicar una capacidad inherente de 50.

La capacidad instalada, puede ser definida como : "La relación de flujo máximo y mínimo sobre el cual la válvula, cuando esté instalada, proveerá un control satisfactorio".

Los siguientes puntos ayudan a tener un estimado razonable de la capacidad instalada:

- a) La ganancia requerida por la válvula sobre el rango de flujo intentado.
- b) La característica inherente de flujo de la válvula.
- c) La relación de la máxima ganancia permisible a la ganancia actual requerida.
- d) Características de las fuerzas de contracorriente en la región de bajo flujo.
- e) La inflexibilidad del actuator.

Existen algunas reglas generales para resolver el problema para estimar la rangeabilidad, capacidad instalada, y son:

- 1.- Siempre que sea posible, seleccionar la caracte-

rística de flujo que mejor se parezca a los requerimientos del sistema.

- 2.- Esperar que la capacidad instalada no exceda a la calculada del flujo de derrame.
- 3.- Operar una válvula de globo estilo balanceada - 0.050 pulgadas debajo de la elevación requerida por el resorte (lb/pulg.) del actuador tal que sea sustancialmente mayor que la caída de presión (psi), o se pueden encontrar problemas de gradiente negativo.

III.11.- Materiales de empaque.

Las válvulas de control vienen equipadas con empaques que el fabricante considera "standard" para la aplicación.

Los materiales básicos de empaque usados en la actualidad, incluyen asbestos, grafito y TFE. Los asbestos tienen bajo costo y son estables cerca de los 800 °F, pero tienden a dar alta fricción de sello.

Los empaques de grafito pueden dar alta fricción. El grafito es estable hasta 3000 °F en servicio de monoxidación, pero su límite práctico para servicio de oxidación es de 740 °F y 1200 °F para servicio de monoxidación. Tiene una conductividad térmica alta y larga vida de servicio. Es impermeable para un amplio rango de líquidos, incluyendo ácido sulfúrico (arriba de 95% de ácido a 160 °F), hidróxido de sodio a todas sus concentraciones y

casi todos los compuestos inorgánicos con oxidantes fuertes, sin embargo, no es compatible. Clorito de Sodio, hipoclorito de sodio, bromatos, clorato. Ioduros pueden atacar los empaques de grafito arriba de la temperatura ambiente.

Los materiales de TFE, mas inertes químicamente, son buenos para usarse con oxidantes fuertes. También tienen la propiedad de dar baja fricción. El rango de temperatura es de aproximadamente -40 a 450 °F.

Para producir propiedades óptimas, varios materiales pueden mezclarse entre sí. Dos buenos ejemplos de materiales que no son aconsejables cuando se usan solos, pero los que resultan un excelente empaque que cuando se usan como impregnantes, son los metales suaves y fibra de vidrio. Algunos metales suaves proveen buena retención y pueden dar protección catódica en sistemas en donde la corrosión o la contracorriente son un problema para la caja de empaques.

Algunos empaques de baja fricción son:

a) Asbestos trenzados impregnados con TFE, moldeados en varias secciones.

b) Fibra de asbestos, lana emplomada, hojuela de grafito.

c) Hilado, trenzado de Fibras de Teflón impregnados de TFE.

d) Anillos moldeados de TFE y Fibra de vidrio.

e) Raíces trenzadas de asbesto azul africano impregnadas con TFE.

Todos los empaques requieren de mantenimiento periódico. Algunos empaques con TFE requieren menor mantenimiento que otros.

Tamaño de la Válvula.

Con la configuración de la válvula y la característica de flujo seleccionada, la válvula de control puede ser dimensionada. Dimensionar significa exactamente lo que el nombre implica; es la técnica para determinar el tamaño de la válvula requerido para el control del proceso. Obviamente, en una válvula demasiado pequeña no pasará la cantidad de flujo requerida. Una válvula demasiado grande será necesariamente cara y puede crear desgaste del interior y problemas de control a muy bajos incrementos de la carrera.

III.12.- RUIDO.

III.12.1.- Diseño para Bajo Nivel de Ruido.

El ruido en las válvulas de control es solamente un problema de significancia cuando es generado aerodinámicamente. El nivel aerodinámico de ruido es dependiente del flujo másico y la velocidad. Las soluciones al ruido están basadas en hacer seguir al fluido por caminos tortuosos, múltiples ó una combinación de ambos.

Por definición, el ruido es un sonido indeseable, y el sonido es energía en forma de ondas de presión que se difunden en cualquier medio. El oído es sensitivo a pequeñas fluctuaciones de presión y ésto , hace que se detecte un sonido ó un ruido. Las fluctuaciones pueden ser generadas por diferentes caminos, incluyendo tales como fuerzas electromagnéticas, combustión, contacto mecánico y flujo de fluidos.

Existen tres métodos básicos por los cuales se produce el ruido en una válvula de control de proceso.

- 1.- ruido por vibración mecánica.
- 2.- Ruido causado por flujo de líquidos.
- 3.- Ruido generado por flujo de gas ó vapor.

Vibración Mecánica.

La vibración mecánica es causada por la acción de fuerzas de presión, las cuales pueden casuales ó -

cíclicas, son generadas por la turbulencia en el flujo del fluido. La vibración forzada del interior - (TRIM) puede ocurrir en un rango de frecuencias pero puede dirigir una severa resonancia en rangos de 2 a 7 KHz. En general, debido a los valores de velocidad y densidad, los flujos de líquido producen - fuerzas de más baja frecuencia y mayor potencia que los flujos de gas.

A menos que exista una situación de resonancia severa asociada con ruido de niveles de presión bajos, se podrían originar daños físicos a los componentes de la válvula.

III.12.2.- Ruido por flujo de líquidos.

La turbulencia en el flujo de líquidos no genera niveles de ruido de significancia en plantas de proceso; la fuente del ruido es el flujo en cavitación. Como los flujos de líquidos pasan a través de el - orificio de la válvula, sus velocidades se incrementan por reducción del área de flujo. Por lo tanto, la cabeza de presión estática cae de acuerdo con la expresión de Bernoulli:

$$P = P + 1/2 (\rho v^2)$$

en donde P = cabeza total (de presión)

ρ = densidad

v = velocidad

(Ver FIG. 3.3)

Corriente abajo de la garganta la presión estática aumenta con el decremento de la velocidad. Si la presión es menor que la presión de vapor del líquido, se forman burbujas de vapor (Flashing) y si, subsecuentemente, la presión de la corriente aumenta arriba de la presión de vapor esas burbujas se colapsan (cavitación). Esto genera ruido. Los niveles de las ondas de sonido generadas por este proceso son solamente altas en casos excepcionales pero los daños en la superficie resultantes es un problema real en cualquier situación de cavitación. Se ha calculado que las tensiones en la superficie son superiores a 500 000 lb/in^2 debido a ese problema, no es de extrañar que los componentes fallen. La cavitación puede, y debería ser evitada por una correcta selección de la válvula y condiciones de servicio, preferentemente asegurándose de que las caídas de presión no causarán cavitación.

III.12.3.- RUIDO GENERADO POR FLUJO DE GAS.

La generación aerodinámica de ruido es la más usual y la que más frecuentemente causa problemas. Generan niveles de sonido similares al de una turbolélice.

RUIDO AERODINAMICO.

De acuerdo al control de flujo la válvula de control crea una caída de presión y la válvula de control se

transforma en un convertidor de energía. Se instala en la línea para cambiar el nivel de energía del fluido. Este proceso completo de estrangulamiento puede ser explicado en los términos termodinámicos de entalpía y entropía, pero más fácilmente se visualiza en la forma de intercambio energético. La energía potencial se fija por la selección de las presiones de entrada y salida, la energía molecular del fluido por la selección de la temperatura, la energía cinética por la velocidad en la tubería. Ya que las velocidades en la tubería son similares a la entrada y salida, a través del diámetro seleccionado, los niveles de energía cinética a la entrada y la salida son iguales. Pero la presión de salida es menor que la presión de entrada y consecuentemente la energía potencial a la salida de la válvula es menor que a la entrada. Por lo tanto, en el balance, substancialmente entra más energía en la forma potencial a la válvula de la que se requiere a la salida. Esta es la función de la válvula, convertir este exceso de energía del fluido a alguna otra forma para completar el balance de Energía.

Como un gas entra a la válvula, las energías Potencial y Molecular (presión y temperatura) bajan como una consecuencia del rápido incremento en la Energía Cinética (velocidad), (Ver FIG. 3.3). La Energía Potencial es también consumida al producir las fuerzas necesarias para mover el flujo y llevarlo a un punto de velocidad máxima (no necesariamente la garganta del flujo), tomando lugar un intercambio de energías. Después de éste punto la Energía cinética es reconvertida vía turbulencia en Energía

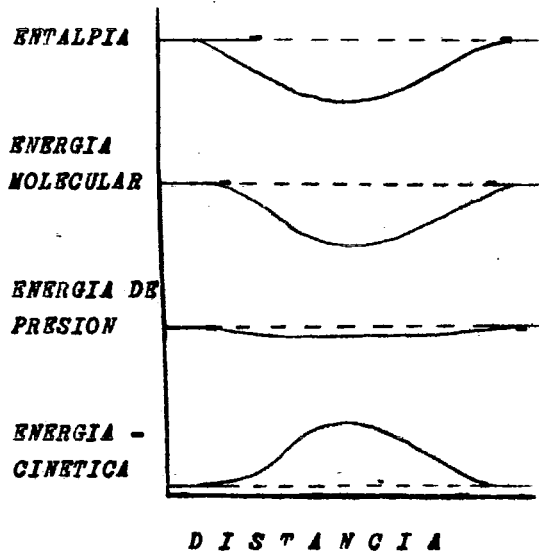


FIGURA 3.3

de Presión, Temperatura y una cantidad relativamente pequeña de Energía Acústica.

La Potencia acústica desarrollada depende de la máxima potencia mecánica del flujo (relación de Energía cinética de flujo) y la proporción de conversión, - ambos dependientes de la velocidad. La máxima potencia mecánica (es decir, máxima Energía Cinética) está dada por $1/2 (\rho A V^3)$, donde los valores de ρ , A y V son los prevaecientes en el punto de máxima velocidad.

Este máximo será con el flujo en la garganta arriba de la relación de presión de choque, y corriente abajo de la garganta para altas relaciones de Presión.

La proporción de esta potencia convertida en potencia acústica por la turbulencia esta dada por:

$$\frac{\text{Potencia del Sonido}}{\text{Potencia Mecánica}} = K M^n$$

En donde M es el número de Mach de la corriente de flujo y por lo tanto está relacionado con la velocidad. El exponente n varía desde 2.0 a relaciones de presión de 1.4 hasta 5 cuando el flujo viene como tapón (choque). Como una consecuencia la potencia sónica generada arriba y a las condiciones de choque es proporcional a V^3 correspondiendo a un incremento de 24 dB por aumentar al doble la velocidad. A altas relaciones de presión, en la región de 10 y mayor, el exponente decaese de otras formas que la presente generación.

Una reducción en el ruido generado puede obviamente lograrse con una reducción en las velocidades dentro de la válvula, como resultado de lo cual el pico de Energía Cinética se reduce junto con la razón de conversión. Esto a su vez significa que la energía Potencial debe ser consumida sin que se hayan desarrollado altos niveles de Energía Cinética, tal que un proceso imprevisto aparece, como se muestra en las líneas punteadas en las curvas, en la FIG. 3.3.

Obviamente el nivel potencial de sonido puede ser reducido teóricamente reduciendo el flujo másico. Desafortunadamente el flujo másico es usualmente el principal factor de proceso, el cual no puede ser reducido posteriormente. Las técnicas de reducción de ruido se concentran en la reducción de velocidad.

III.12.4.- CALCULOS DEL RUIDO.

Válvula Estandar.

Aunque el nivel de sonido de una válvula de control puede ser teóricamente calculado de la consideración de los niveles de Energía Cinética junto con la proporción de conversión a Energía Acústica, en la práctica se usan más los métodos empíricos. Muchos fabricantes publican métodos de cálculo para usar cuando se realiza la selección de sus productos. En este capítulo no se verán esos detalles.

Se debe hacer notar, sin embargo, que los factores realmente importantes son: Relación de Presión, dimensiones de la válvula y la Presión corriente abu-

jo, y con menor efecto la temperatura y la densidad relativa.

El efecto de la Relación de Presión es dependiente de la válvula, aunque puede hacerse una estimación para un mayor tipo de válvulas, aún si las curvas específicas no están disponibles. Teniendo hechos los cálculos de la generación de ruido la deducción se hace para la atenuación debida a la pared de la tubería. Un cálculo rápido del nivel de ruido de la válvula standard puede esperarse que sea lo suficientemente exacto, superior a $\frac{1}{2}$ 5 dBA. y normalmente dará niveles anticipados 1 metro corriente abajo y 1 metro desde la tubería de trabajo. Los niveles entre 85 dBA, o en algunos casos de 90 dBA, son aceptados como normales.

Velocidad de Salida.

La velocidad en la salida de válvula debe mantenerse cerca de 0.4 Mach ó menor, para prevenir un ruido excesivo debido solamente a la velocidad de salida. Durante el dimensionamiento de la válvula un "chequeo" de la salida deberá hacerse normalmente, para asegurar que no exista velocidad de choque en los límites del área de la capacidad de la válvula. Para gases deberá hacerse con la siguiente fórmula:

$$d = 1.15 \sqrt{\frac{Q \sqrt{G'}}{P_2}}$$

en donde: d = diámetro, mm.
 Q = gasto, Nm³/hr.

G = densidad relativa

P_2 = presión absoluta corriente abajo, bar.

El valor obtenido para d en este cálculo es el diámetro al cual se acusaría la velocidad sónica a las condiciones de salida. Una rápida verificación del ruido a la salida debe hacerse para asegurar que el diámetro de salida sea al menos dos veces el calculado para d .

Válvulas de Bajo Ruido.

Cuando los cálculos del ruido para una válvula estándar muestran que un excesivo ruido será generado deberá tomarse una solución alternativa para reducir el nivel del ruido.

III.12.5.- METODOS DE REDUCCION DE RUIDO.

La reducción de los niveles potenciales de ruido puede lograrse ya sea expandiendo el gas a través de un cierto número de orificios, de tal manera que se logren picos de velocidad más pequeños, ó por medio de un camino ó senda tortuoso, o por una combinación de ambos, con múltiples sendas tortuosas. En el último de los casos en términos de reducción de velocidad, y por tanto de generación mínima de ruido, es probable el uso de un tapón metálico microporoso. Desafortunadamente, las dimensiones prácticas y exactas son bloqueadas casi instantáneamente si existe basura presente, por lo que su

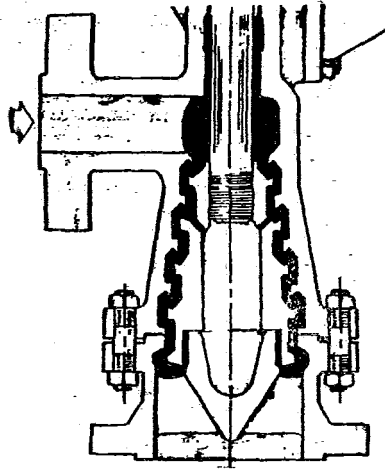
uso no es comercial.

Sendas Tortuosas.

Aquí en cada etapa el flujo debe tomar un número de vueltas por etapa y el número de etapas es ilimitado. Es aparente que una válvula especial deba contener un interior (TRIM) y no es práctico insertarlo en el cuerpo de una válvula estándar. Cuando hay sólidos en suspensión el diseño es vulnerable al enfangarse y causa erosión en las esquinas afiladas y así formar construcciones de choque. Este tipo de construcción es típico de ciertos servicios de hidrocarburos cuando las partículas de carbón se adhieren a las superficies del metal de las sendas.

Si el medio es de este tipo es esencial que el interior de la válvula pueda ser fácilmente limpiado, preferiblemente en el mismo lugar.

Ahora un número de etapas simples están cortadas en el tapón de la válvula. A bajos ascensos, lo cual es usualmente la condición donde existe una alta caída de presión, el flujo seguirá la secuencia de la angosta senda, vuelta, expansión, vuelta, la cual es repetida tantas veces como etapas exista en el interior (TRIM). Como el ascenso se incrementa, la caída de presión puede esperarse que disminuya y la secuencia sería una restricción seguida por una expansión otra vez tantas veces como pasos existan. Este tipo de interior presenta las siguientes ventajas, (Ver Fig. 3.4).



SENDAS TORTUOSAS
FIGURA 3.4

- 1.- Puede aplicarse rápidamente a las válvulas estandar cuando se presentan problemas de ruido.
- 2.- Un mínimo de áreas muertas reducen el fango al mínimo.
- 3.- No está sujeto a una erosión substancial.
- 4.- Es fácil de limpiar para evitar las construcciones de choque.

El precio pagado por la reducción de ruido es la reducción de capacidad. Disminuye a la mitad la capacidad por cada 10 dB de reducción del nivel de ruido.

Orificios Múltiples.

Son aplicables en forma primaria a los interiores es tilo jaula. Es posible, de hecho, diseñar válvulas completas para estos interiores, pero, excepto para la mayor parte de los servicios áridos es más eco nómico equipar el interior de las válvulas con un re ductor de ruido. Las más pequeñas partículas que pueden pasar a través de los orificios del reductor de ruido de orificios múltiples son de 3/16" de diámetro. La purja está provista de una conexión de "flushing" (para lavado) para minimizar la incrusta ción progresiva y evitar las construcciones de cho que.

El interior puede removerse fácilmente del interior de la válvula, sin desmontar la válvula de la línea.

Sendas Tortuosas Múltiples.

Las mayores reducciones de ruido se logran usando dos o más jaulas concéntricas. Los agujeros de cada jaula estan arreglados de tal forma que no se opongan a los agujeros de la siguiente jaula. Esto se presenta como un laberinto para las pequeñas corrientes que se forman al salir de la primera jaula y para entrar a la segunda tendrán que encontrar primero el agujero más próximo. Se puede usar una tercera o cuarta jaula si se requiere. Existe una banda ó anillo que separa a cada anillo de agujeros para que las corrientes no suban y bajen entre las jaulas. Si estas bandas no existieran entonces la rangeabilidad y característica de flujo serían muy pobres.

La adición de una segunda y tercera jaula transforma el interior de la válvula en un reductor de ruido combinado, basado en los agujeros múltiples y las sendas tortuosas.

La decisión del número de jaulas requeridas, tamaño de los hoyos, etc., son dependientes normalmente de los requerimientos individuales del proceso en particular. La mayor parte de la reducción de ruido lo hará la primera jaula. Típicamente, una jaula puede dar 12 dBA de reducción de ruido, dos jaulas 19 dBA y 3 jaulas 23 dBA de reducción. El ruido potencial es, como se vió anteriormente, una función del flujo másico y de la velocidad. La velocidad está también en función de la caída de presión. Todos los reductores de ruido interiores son más útiles donde existen altas caídas de presión, que en

donde el mayor contribuyente al ruido es un alto flujo másico.

La reducción de ruido se lleva a cabo a expensas de la reducción en la capacidad potencial. Por ejemplo, la capacidad de una válvula de 12 pulgadas con dos etapas de interior de jaula es de 1000 Cv. Una válvula de 10 pulgadas con una jaula simple, nos da la misma capacidad con 95 dBA de ruido, que puede considerarse aceptable como máximo.

Soluciones Alternativas.

Otros métodos de control de ruido pueden ser más económicos que un interior especial, ó una válvula - especial; estos métodos no eliminan el ruido que está siendo generado, solamente lo contiene, y tienen también la sola ventaja de ser más económicos.

Revestimiento Acústico.

La función del revestimiento acústico es la de proveer una superficie adyacente a la atmósfera, la cual esta vibrando a una amplitud menor que la pared de la tubería, y por eso se propaga menos el sonido. El método normal es envolver a la tubería de lana mineral, envolviendo a ésta con una chaqueta fina metálica. - La lana actúa como un resorte amortiguador de vibraciones. Pueden obtenerse atenuaciones arriba de 15 dBA y ésto puede doblarse adicionando otra envoltura concéntrica de lana mineral después del forro metálico. El principal problema del uso de revestimientos es la longitud de tubería que debe ser cubierta. Esto no

es una regla exacta para cálculos, pero arriba de 50 metros no es práctico usar revestimientos.

Silenciadores.

Los silenciadores presentan una sección de entrada que consiste de un difusor perforado el cual también actúa como una impedancia acústica. El número y tamaño de los hoyos depende de los requerimientos de flujo y se escogen para evitar la generación de un ruido de frecuencia audible. El camino de flujo a través del silenciador consiste de uno ó, normalmente, algunos tubos empacados en un material absorbente de sonido. El diámetro del tubo, número y longitud dependen de la frecuencia del sonido, parámetros de flujo y del área requerida para la absorción del ruido.

Para un mejor control, los tubos son continuos desde la entrada hasta la salida de la cámara.

Existe un tipo híbrido que tiene una expansión en el centro de la cámara y que provee una reducción en la frecuencia del ruido.

Los silenciadores proporcionan una reducción del nivel del ruido del orden de los 50 dB y superior.

III.13.-ASPECTOS ECONOMICOS.

ventajas y desventajas

Válvulas de Globo Vs. Rotatorias.

Ha habido una virtual revolución en el diseño y aplicación de las válvulas de control. Las válvulas de simple y doble asiento, alguna vez populares, han sido desplazadas por las válvulas rotatorias sin bridas y de jaula. De hecho, la válvula de doble asiento - ha disminuído en su venta de 10 años a la fecha en - un 95%.

Las modernas válvulas de jaula tienen ciertas ventajas (ya dadas a conocer anteriormente), como fácil mantenimiento, adaptabilidad de "TRIMS" de bajo ruido y mejor guía. Pero las válvulas de jaula tienen la desventaja de ser muy costosas a tamaños grandes de válvula. La GRAFICA 3.4 ilustra las ventajas de costo que tienen las válvulas de mariposa y las rotatorias con respecto a las válvulas de globo, especialmente en tamaños superiores a las 4". También, las válvulas rotatorias tales como las de bola caracterizada y tapón rotatorio excéntrico, por ejemplo, tienen una rangeabilidad entre 10 y 20 veces que las de globo. Tienen una mayor capacidad de corte con menor requerimiento de potencia del actuador necesaria para una válvula de asiento simple.

Otra ventaja de las válvulas rotatorias sobre las - válvulas de globo es su menor tamaño y peso, especialmente arriba de 3".

Las válvulas de mariposa, por otro lado, han ganado

en popularidad, ya que los nuevos diseños ofrecen aspas (lóbulos) excéntricas y asientos de teflón, lo cual dan las ya mencionadas ventajas de operación.

MATERIALES.

Para la mayoría de los servicios se usan válvulas de acero al carbón y acero inoxidable, y el costo varía de acuerdo a la GRAFICA 3.5.

La selección del material depende del tipo de servicio, tipo de fluido, condiciones ambientales y costo comparativo.

III.13.1.- EL ALTO COSTO DE LAS VALVULAS DE BAJO RUIDO.

Las válvulas de control convierten la Energía y algunas veces una gran cantidad de ella. El subproducto es ruido y vibración. De hecho, la eficiencia acústica promedio de un interior estándar (Para vapor de agua y gases) es de 0.05% de la caída de presión crítica. Si, por ejemplo, el producto del flujo másico y la caída de presión es igual a 1000 KW, entonces la potencia generada es igual a 500 WATTS, es decir, 147 dB .

Las regulaciones OSHA, dicen que la máxima exposición al ruido debe ser de 90 dBA por ocho horas. Esto incluye plantas de proceso y de potencia. Como resultado, esto obliga a diseñar para un nivel de ruido de 85 dBA después de adicionar un "factor de seguridad". Y existe una vasta diferencia de costos entre 85 y 90 dBA, como se muestra en la GRAFICA 3.6. Por

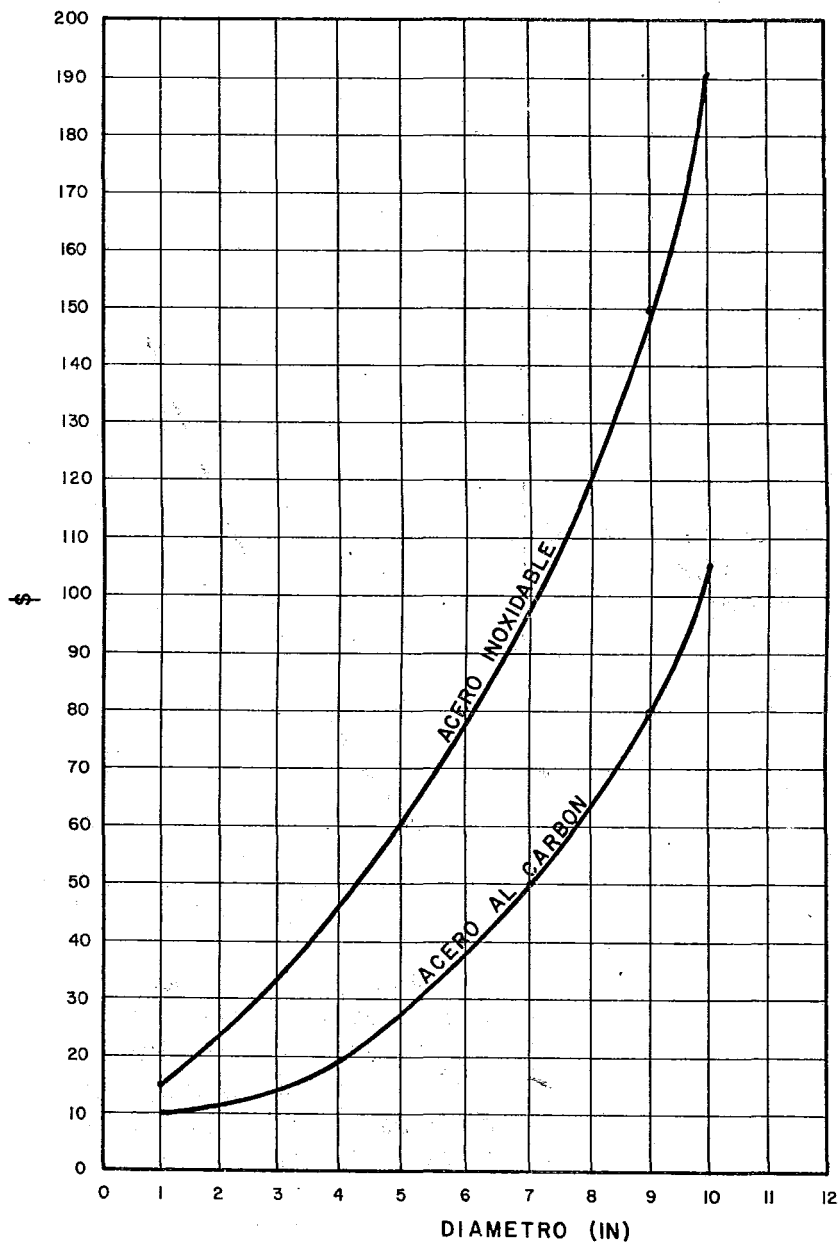
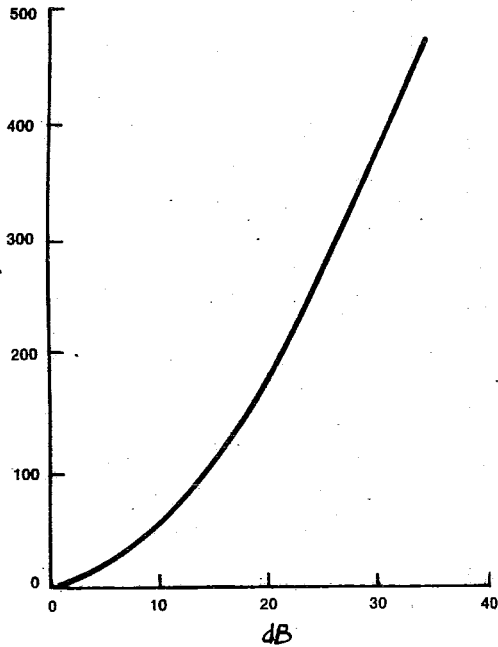


FIG. 3.5 COSTOS DE VALVULAS DE CONTROL V.s. DIAMETRO

% DE INCREMENTO DEL COSTO.



REDUCCION DE RUIDO--dB
EL ALTO COSTO DE REDUCCION DE
COMO SE MUESTRA. A UN CAMBIO -
DE 10 DB (0 a 10 DB) POR EJEM-
PLO, RESULTA UN INCREMENTO EN
EL COSTO DEL 50%.

FIGURA 3.6

III.14.-DIFERENTES TIPOS DE CUERPOS DE LAS VALVULAS DE CONTROL. USOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

Anteriormente se describieron y analizaron algunos tipos de válvulas; en este apartado se analizarán en conjunto con otros tipos de cuerpos, con el objeto de visualizar más claramente el criterio de selección.

1.- Válvulas con Cuerpo Tipo Globo. Es el tipo más común de las válvulas de control. Las cuales se dividen en :

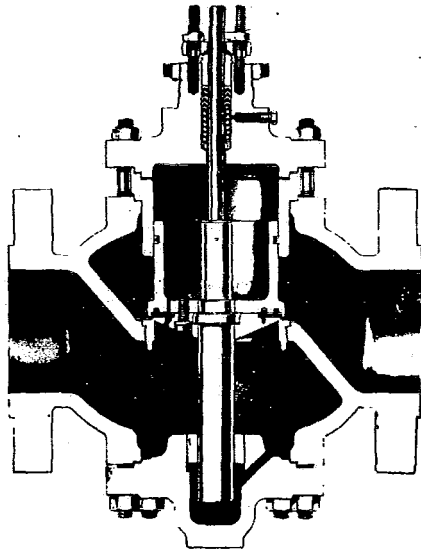
- a) Válvulas de un Asiento, que pueden ser de guía superior ó de guía superior e inferior.
- b) Válvulas de dos asientos.

a) Válvulas de Globo de Un Asiento: Se utilizan generalmente cuando se requiere un cierre hermético.

Con Guía Superior: Este diseño disminuye el peso de la válvula y tiende a incrementar la resistencia de los interiores contra vibraciones.

Con Guía Superior e Inferior: Tiene una brida en la parte inferior del cuerpo con el fin de poder colocar el buje guía inferior. La brida puede removerse para limpiar el cuerpo de la válvula de posibles sedimentos. Este diseño permite cambiar el sentido de operación de la válvula, invirtiendo el cuerpo y colocando el bonete en el lugar de la brida inferior.

Como en las válvulas la presión a la entrada es mayor que la presión a la salida, cuando el fluido tiende a



**VALVULA DE GLOBO DE APER-
TURA RAPIDA, CON GUIA --
SUPERIOR E INFERIOR.**

cerrar el tapón y éste se encuentra cerca del asiento la válvula tiende a cerrar de golpe, por esto, se recomienda que las válvulas de un asiento se instalen de tal forma que el fluido tienda a abrirlas. Esto ayuda a obtener una mayor capacidad de flujo y una operación silenciosa.

La principal desventaja de estas válvulas, es que requieren de actuadores de gran tamaño, para obtener un cierre hermético.

Se pueden conseguir hasta en diámetros de 16", sin embargo, se recomienda su uso hasta diámetro de 4" y menores. Se pueden emplear para presiones hasta de 414 Bars (6,000 lb/pulg²). No se recomiendan para manejo de líquidos con sólidos en suspensión.

b) Válvulas de Globo de Doble Asiento: Tienen la ventaja de reducir las fuerzas que actúan sobre el vástago, ya que los efectos de la presión en un tapón tienden a eliminar los efectos de la presión en el otro. Sin embargo, estas fuerzas no pueden cancelarse por completo debido a que el diámetro del tapón inferior es menor que el del tapón superior, creando un desequilibrio de fuerzas. Es por esto que la válvula no puede proporcionar un cierre hermético.

Sus principales ventajas son: No requiere de actuadores de gran tamaño y puede invertir el sentido de operación. Sus principales desventajas son: no proporciona un cierre hermético, no recomendándose su uso si el valor del flujo que se fuga alcanza el 1% de la capacidad de la válvula.

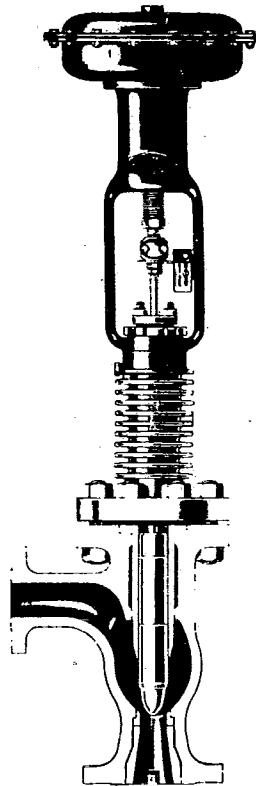
2.- *Válvula de Tres Vías.* Se utiliza básicamente para dos tipos de servicio: Para la separación de un fluido en dos partes y para la combinación ó mezcla de dos fluidos diferentes ó dos fluidos a diferentes temperaturas. Esta válvula se puede utilizar como desvío en un cambiador de calor.

3.- *Válvula de Angulo.* Este tipo de válvulas se utiliza especialmente para manejar fluidos corrosivos, fluidos con sólidos en suspensión, fluidos pastosos ó cuando el arreglo de la tubería no permite la utilización de otro tipo de válvula de control.

La salida de esta válvula tiene forma de un tubo venturi, con el fin de reducir la erosión y la acumulación de partículas en la pared. Sin embargo, existe la posibilidad de que la presión del fluido ocasione que el tapón cierre de golpe.

Esta válvula no se recomienda para provocar grandes caídas de presión, ya que la energía disipada en esta operación, suele transformarse en vibración y ruido en la tubería. Otra desventaja de esta válvula es que proporciona una gran recuperación de presión, lo que reduce su capacidad y la hace susceptible de que produzca el fenómeno de cavitación. Una desventaja adicional es que se pueden drenar por sí solas.

Son, por otro lado, fáciles de remover de la línea, tienen gran capacidad de flujo y pueden manejar fluidos erosivos, así como fluidos con sólidos en suspensión a grandes velocidades con un mínimo de turbulencias y erosión.



**VALVULA DE ANGULO CON
SU ACTUADOR.**

4.- *Válvula Tipo "Y". Este tipo de válvula también tiene la desventaja de poder drenarse sola, si se instala a un cierto ángulo con respecto a la tubería. Se utiliza para el manejo de fluidos pastosos, fluidos con grandes viscosidades y principalmente para el manejo de flujos a bajas temperaturas ó metales fundidos.*

Las Ventajas de esta válvula son: una alta capacidad de flujo, buenas características de control. Trabaja dentro de un rango de temperatura desde -240°C (-400°F) hasta 538°C ($1,000^{\circ}\text{F}$), y para presiones mayores a 69 Bars ($1,000\text{ lb/pulg}^2$). Además, se puede conseguir en una gran variedad de materiales y aleaciones.

Las principales desventajas son: la caída de presión no debe ser mayor de 14 Bars (200 lb/pulg^2), porque requeriría de actuadores más grandes y costosos.

5.- *Válvula de Cuerpo Partido. Se utiliza principalmente en servicios corrosivos en donde se requiere una frecuente inspección ó reemplazamiento de los interiores de la válvula. Su diseño permite un fácil mantenimiento. El tapón y el asiento pueden reemplazarse rápidamente, separando las dos mitades del cuerpo.*

La mitad inferior tiene la ventaja de poder girar 90° con respecto a la línea de centro de la tubería, facilitando así su instalación.

Otra ventaja es su adaptabilidad a las bridas deslizables, lo que hace posible la disminución del peso y del costo.

La forma del cuerpo es ligeramente contornada y libre de bolsas, con el fin de reducir la acumulación de sólidos.

Una desventaja es que los esfuerzos producidos por la tubería se transmiten a los espárragos del cuerpo, ocasionando desalineamientos y fugas por el empaque.

Se puede conseguir con extremos bridados desde 1/2" hasta 8" y con un rango de presión hasta de 103 Bars (1,500 lb/pulg.²)

6.- Diafragma. Se utiliza principalmente para el control de líquidos corrosivos, viscosos, con sólidos en suspensión y para gases a temperaturas y presiones moderadas. Consiste esencialmente de un cuerpo que tiene un puente en el centro de la válvula y de un diafragma flexible que está retenido entre el cuerpo y el bonete y que a la vez sirve de separador entre estas dos partes de la válvula.

Ventajas: Fácil mantenimiento, construcción sin empaque, cierre hermético y alta capacidad de flujo.

Desventajas: Rango de presión limitada, 3.5 Bars a 7 Bars (50 - 100 lb/pulg.²), rango de temperatura 121 - 177 °C, dependiendo del material del diafragma.

Proporciona un deficiente control de flujo y la vida del diafragma es muy corta, además; la fuerza que debe proporcionar el actuador para lograr un cierre hermético debe ser muy grande.

7.- Válvula tipo Caja.

a) Tapón tipo Pistón. Su principal desventaja es que no proporciona un cierre hermético.

Ventajas: Facilidad de mantenimiento adecuado a los interiores, sin necesidad de desmontar el cuerpo de la línea.

Se puede conseguir para diámetros hasta de 6" y con un rango de presión hasta de 172 bars (2500 lb/pulg.²) y para temperaturas de 232°C.

b) Caja Desbalanceada. Se emplea cuando se requiere un cierre hermético.

En este tipo de válvula la característica de control se obtiene por medio de las ventajas que tiene la caja, el tapón tiene forma de disco y su función es proporcionar el área de flujo.

Tiene la ventaja de provocar un flujo turbulento, disminuyendo así las posibilidades de que se produzca el fenómeno de cavitación.

8.- Válvula de Mariposa. La válvula de control tipo rotatorio más utilizada es la de mariposa. Esta válvula se utiliza para el control de grandes presiones estáticas. Se encuentra desde 2" hasta 36" de diámetro ó mayores para presiones hasta de 172 bars (2500 lb/pulg.²).

Ventajas: Gran capacidad de flujo, buen control del mismo, poco peso, forma sencilla del cuerpo y además pocos elementos que requieran mantenimiento.

Desventajas: Presenta fugas entre el cuerpo y el disco cuando la válvula se encuentra cerrada. Sin embargo, - si se quiere obtener un cierre hermético, se pueden colocar anillos ó asientos de neopreno ó teflón. Otra desventaja es la fuerza que debe proporcionar el actuador. Esta desventaja se analizará en el Capítulo 5. Esa fuerza debe ser capaz de vencer la fuerza de fricción sobre la flecha y el par dinámico ejercido por el fluido sobre el disco, el cual actúa en la dirección del cierre de la válvula, y en los diseños convencionales alcanza su valor máximo alrededor de 70° de apertura del disco.

Este diseño se utiliza para el control de fluidos a baja presión y baja velocidad.

9.- Válvula con tapón Excéntrico Cilíndrico. Es utilizada para el manejo de fluidos corrosivos, líquidos viscosos y líquidos con sólidos en suspensión.

Está disponible desde 1/2" a 36" de diámetro. El rango de temperatura es limitado y el de presión es de 17 bars - (2500 lb/pulg²), el cual disminuye conforme va aumentando el tamaño.

Proporciona cierre casi hermético.

10.- Válvula con tapón Excéntrico Rotatorio. Se puede encontrar desde 1" hasta 12" de diámetro, para presiones - hasta de 41 bars (600 lb/pulg²). El rango de temperaturas es de 196°C hasta 750°F (399°C), si se utiliza una extensión de bonete.

El movimiento excéntrico de la carga esférica del tapón, reduce el par de operación y permite un funcionamiento estable. El tapón puede proporcionar un cierre hermético con una fuerza relativamente pequeña.

Se utiliza principalmente para el manejo de fluidos viscosos y líquidos con sólidos en suspensión.

Ventajas: Buena capacidad en condiciones de flujo crítico poco peso y un buen control de flujo.

Desventajas: Es necesario remover la válvula de la línea para darle mantenimiento.

11.- Válvula de Bola. Es utilizada para el manejo de fluidos pastosos y líquidos altamente viscosos, ya que disminuye la tendencia de éstos fluidos a asentarse y crear esfuerzos dentro de la válvula. Esta válvula tiene una capacidad de flujo de 2 a 3 veces mayor que la de una válvula de globo equivalente.

Existen con tapón completo y parabólico.

Las limitaciones de la válvula de bola se deben principalmente a los materiales de los asientos, Los asientos elásticos son recomendados para evitar fugas, pero están limitados por la temperatura en la que el material comienza a ablandarse; y los asientos de metal aumentan el rango de temperatura pero incrementan la cantidad de flujo que se fuga.

Otra desventaja de esta válvula es que necesita removerse de la línea para darle mantenimiento.

III.15.-VALVULAS ESPECIALES.

Válvulas para pequeño flujo. Estas válvulas se utilizan principalmente en laboratorios y en plantas pilotos en donde se llevan a cabo procesos en pequeña escala.

Su maquinado es de alta precisión.

Válvulas para Servicios a baja Temperatura y para Servicios Criogénicos. Las válvulas de control para servicio a baja temperatura (-29°C a -101°C), son generalmente equipadas con una extensión de bonete lisa, con el fin de disminuir la transmisión de calor hacia el interior de la válvula. Sin embargo, también es necesario proteger los empaques ya que pueden enfriarse de tal manera que pueda formarse hielo sobre la parte superior del bonete y del vástago.

Las válvulas de control para servicio criogénico se utilizan para temperaturas abajo de -101°C (-150°F) en donde generalmente se manejan gases licuados.

Algunas válvulas para servicios criogénicos y parte de la tubería se aíslan instalándose dentro de una caja fría; es decir, son envueltos por un aislante. Este diseño requiere de una extensión de bonete muy larga.

Quando se manejan gases licuados, es necesario colocar un sello para prevenir que el líquido llegue al bonete porque podría vaporizarse y generar a su vez un incremento peligroso de presión.

Los interiores se pueden remover sin necesidad de desmon-

tarla de la línea. Este cuerpo muchas veces se suelda a la línea para reducir al mínimo la fuga de líquido.

En la parte inferior del bonete se encuentra un sello - de teflón que actúa como válvula de retención, reduciendo la posibilidad de que pase líquido al bonete y dejando al mismo tiempo pasar cualquier gas que se encuentre dentro de la válvula.

La forma más efectiva de prevenir la transmisión de calor del medio ambiente hacia el fluido, es proporcionar de un forro que está al vacío a la válvula y a la tubería. Los problemas de fugas del líquido son eliminados debido al hecho de que dentro del forro no se encuentra ningún empaque.

Válvulas de Control Reductoras de Ruido. En una válvula el mayor porcentaje del ruido que se genera en servicios de fluidos compresibles, se debe a la conversión en sonido de una parte de la energía disipada por el estrangulamiento del mismo fluido.

Los dos factores principales que se toman en cuenta para el diseño de este tipo de válvulas son la velocidad del fluido y la frecuencia del ruido.

Válvulas para Alta Presión. Hay varios significados - cuando se habla de alta presión, los cuales dependen del tipo de industria. Por ejemplo: En la industria Alimenticia y en la Industria de Fertilizantes una presión de 69 bars (1000 lb/pulg.²), probablemente sería considerada como alta presión. En la Industria de Gas se emplean

prestiones arriba de 690 bars (10000 lb/pulg²) y en la producción de polietileno de alta densidad, las prestiones son de 3448 bars (50000 lb/pulg²).

La demanda de válvulas de control para prestiones aún mayores es limitada solamente en la industria de producción de diamantes sintéticos, las prestiones llegan a un valor de 13793 bars (200000 lb/pulg²).

CAPITULO IV

METODOS DE CALCULO PARA VALVULAS DE CONTROL.

IV.1.- DIMENSIONAMIENTO PARA SERVICIOS DE LIQUIDOS.

Determinación de Flujo Crítico y Subcrítico.-

El flujo através de una válvula está clasificado como crítico y subcrítico. Existe una condición de flujo subcrítico tanto como un incremento en la presión diferencial através de la válvula producirá un incremento en el flujo. Existe una relación lineal entre el flujo y la raíz cuadrada de la presión diferencial arriba del punto de la incipiente cavitación. En esto punto la relación de flujo y la raíz cuadrada de la presión diferencial se desviará de la linealidad (Ver FIG. 4.1). La válvula continuará pasando un incremento en el flujo con un incremento en la presión diferencial, por lo tanto, habrá una pérdida de eficiencia debido al efecto de la cavitación.

Como la presión diferencial através de la válvula se incrementa, se alcanza un punto en donde un incremento en la presión diferencial ya no produce un cambio en la razón de flujo. En este punto existe una condición de flujo crítico (algunas veces referido como flujo de choque). Cuando existe esta

condición de flujo crítico, las ecuaciones estandar de dimensionamiento ya no aplican y deben utilizarse otras ecuaciones que se verán más adelante, para determinar el tamaño requerido de la válvula.

Para determinar cuando existe una condición de flujo crítico ó de flujo subcrítico, se usan las siguientes ecuaciones. Si la presión de vapor es menor que la mitad de la presión corriente arriba ($P_v < 0.5P_1$) entonces:

Existe flujo subcrítico cuando:

$$\Delta P < F_L^2 (P_1 - P_v) \quad (\text{Ec. 4.1})$$

y flujo crítico cuando:

$$\Delta P \geq F_L^2 (P_1 - P_v) \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Si la presión de vapor es igual ó mayor que 1/2 de la presión corriente arriba ($P_v \geq 0.05 P_1$) entonces:

Existe flujo subcrítico cuando:

$$\Delta P < F_L^2 \left[P_1 - (0.96 - 0.28 \sqrt{\frac{P_v}{P_c}}) P_v \right] \quad (\text{Ec. 4.3})$$

y flujo crítico cuando:

$$P \geq F_L^2 \left[P_1 - (0.96 - 0.28 \sqrt{\frac{P_v}{P_c}}) P_v \right] \quad (\text{Ec. 4.4})$$

En donde:

ΔP = Caída de presión através de la válvula en psi
(métrico; bar)

F_L = Factor de recuperación de presión del líquido.
Adimensional (dato del estilo de válvula en especial)

$$F_L = \left[(P_1 - P_2) / (P_1 - P_{vc}) \right]^{1/2} \quad (\text{cuando no hay choque})$$

P_{vc} = Presión estática absoluta en la vena contracta,
psia. .

P_1 = Presión estática corriente arriba, psia (métrico;
bar absoluto)

P_v = Presión de vapor del líquido, a la temperatura
de entrada, psia (métrico; bar absoluto)

P_c = Presión crítica termodinámica, psia (métrico;
bar abs.)

I) ECUACIONES DE DIMENSIONAMIENTO PARA FLUJO SUBCRÍTICO.

a) Volumétrico.-

Cuando se conoce de densidad relativa

$$C_v = q_f \sqrt{\frac{G_f}{\Delta P}}$$

$$q_f = C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{G_f}}$$

donde:

C_v = Coeficiente de flujo de la válvula

q_f = Razón de flujo volumétrico (U.S. GPM)

G_f = densidad relativa (Ref. al agua, Cond. standard)

ΔP = Caída de presión (psi)

b) Másico.-

b.1) Cuando el peso específico se conoce.

$$C_v = \frac{W}{63.3 \sqrt{\Delta P \cdot \rho}}$$

$$W = 63.3 \sqrt{\Delta P \cdot \rho}$$

En donde:

W = Flujo másico, (lb/hr)

ρ = Densidad, (lb/ft³)

C_v = Coeficiente de flujo de la válvula

ΔP = Caída de presión, (psi)

b.2) Cuando se conoce la densidad relativa.

$$C_v = \frac{W}{500 \sqrt{\Delta P G_f}}$$

CAVITACION.-

La cavitación es una condición en la cual una parte del líquido que pasa através de una válvula se transforma en burbujas de vapor. Cuando el líquido pasa através de la restricción de la válvula la velocidad se incrementa rápidamente acompañada por una reducción de la presión. Esta área de incremento de velocidad y reducción de presión ocurre inmediatamente después, corriente abajo, de la restricción interna de la válvula y se le llama vena contracta. Si la presión en el área de la vena contracta cae abajo de la presión de vapor del líquido que está fluyendo, se forman burbujas que causan la cavitación .

Inmediatamente después de la vena contracta, corriente abajo, hay una rápida desaceleración de la velocidad del flujo acompañada por un incremento en la Presión. Este incremento en la presión causa que las burbujas de vapor se colapsen en el seno del líquido. La continua formación y el subsecuente colapso de esas burbujas de vapor causan impulsos de presión localizados los cuales se convierten o se manifiestan como vibraciones y ruido. La evidencia de la cavitación es frecuentemente detectada por el ruido característico de las burbujas que se colapsan, que dan un sonido parecido al de grava fluyendo através de la tubería. La cavitación severa puede también causar daños mecánicos y la falla eventual de la válvula y la tubería corriente abajo.

Cuando las burbujas de vapor comienzan a formarse - desplazan al líquido de este modo existen choques de

flujo y reducen la eficiencia de la válvula. La primera etapa de formación de laburbuja se llama cavitación incipiente (K_c) y está representada por el área del arco inscrito (Ver FIG. 4.1) a la intersección de las dos líneas en la Gráfica de GPM Vs. $\sqrt{\Delta P}$. Como la presión diferencial se incrementa de tal forma que se obtendrá un punto donde un incremento en la presión diferencial (ΔP) en la válvula no producirá un gran incremento en la razón de flujo. En este punto la condición se refiere como el flujo crítico ó de choque (F_L^2) (Ver FIG. 4.1) y el ingeniero de diseño debe recurrir a alguna otra solución para el control del flujo. Las soluciones típicas para este problema serían:

- 1) Seleccionar un tamaño grande de válvula.
- 2) Seleccionar un diseño de válvula con un factor F_L grande.
- 3) Reducir la presión diferencial individual de la válvula para instalar dos válvulas en serie ó serie-paralelo (lo que sea más económico).
- 4) Bajar la elevación de la válvula en el sistema incrementando de este modo la presión del sistema - cercana ó arriba de la presión de vapor del líquido.
- 5) Introducir aire dentro del área de baja presión.

Cada estilo de válvula producirá cavitación a diferentes relaciones de presión diferencial y presión absoluta de la corriente menos la presión de vapor.

$\left(\frac{\Delta P}{P_1 - P_v} \right)$ Esta relación se expresa como un factor - K_c , el cual debe determinarse por pruebas para cualquier estilo de válvulas por el fabricante. Con --

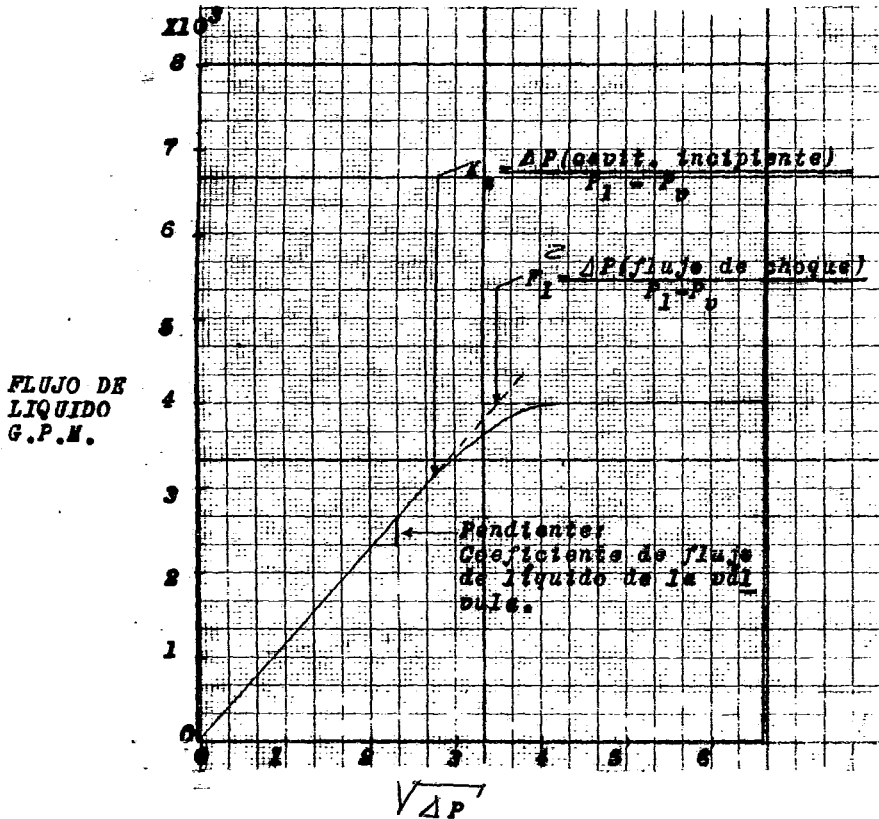


FIGURA 4.1

NOTA: La figura presentada aquí sólo es un ejemplo. Para datos adicionales debe consultarse el manual del fabricante del estilo de válvula que se esté considerando.

este factor K_c el ingeniero de diseño puede determinar la presión diferencial a la cual puede ocurrir la cavitación.

$$\Delta P \text{ (permisible)} = K_c (P_1 - P_v)$$

Si la ΔP (actual) es menor que la ΔP (permisible) - no puede ocurrir la cavitación y viceversa. Si la ΔP actual es mayor, entonces el valor de la ΔP permisible debe sustituirse en lugar de la ΔP en la ecuación de diseño, como sigue:

$$C_v = q_f \sqrt{\frac{G_f}{\Delta P \text{ permisible}}}$$

y así se incrementará el tamaño de la válvula.

Cuando el valor de $\left(\frac{\Delta P}{P_1 - P_v}\right)$ se incrementa más allá de la condición de la incipiente cavitación se desarrolla la condición de flujo de choque. El punto en el cual ocurre el flujo de choque es también función del estilo de válvula y está descrito por la ecuación:

$$\Delta P \text{ (flujo de choque)} = F_L^2 (P_1 - P_v)$$

Esta ecuación de flujo de choque determina la máxima presión diferencial a la cual se producirá un incremento en la razón de flujo. El tamaño de la válvula puede incrementarse para compensar por el flujo de choque sustituyendo la presión diferencial de flujo de choque determinada con la ecuación de arriba, por la presión diferencial de la Ecuación Estandar para líquidos de dimensionamiento de la válvula, no obstan

te, el método preferido para dimensionar las válvulas para flujo crítico de líquidos se verá a continuación:



II) ECUACIONES PARA FLUJO CRITICO (VOLUMETRICO *)

$$C_v = \frac{q_f}{F_L} \sqrt{\frac{G_f}{P_1 - F_F P_v}}$$

En donde:

C_v = Coeficiente de flujo de la válvula.

q_f = Razón de flujo volumétrico (U.S. GPM.)

F_L = Factor de recuperación de presión de la válvula,
Ver FIG.: 4.1

P_1 = Presión estática corriente arriba (psia)

P_v = Presión de vapor del líquido (psia)

G_f = Densidad relativa (relativa al agua a Cond. Standard)

$$F_F = 0.96 - 0.28 \sqrt{\frac{P_v}{P_c}}$$

P_c = Presión crítica termodinámica (psia).

(*) Usar el factor de conversión para flujo másico.

III) ECUACIONES DE DIMENSIONAMIENTO PARA LIQUIDOS VIS- COSOS.

Los líquidos viscosos producen flujo laminar el cual es una resistencia al flujo através de tuberías y accesorios. Las siguientes fórmulas pueden usarse pa-

ra dimensionar válvulas para fluidos newtonianos (no turbulentos). (NOTA: Esta es una fórmula simplificada para ser usada solamente en fluidos viscosos que excedan a los 6500 centipoises *)

$$C_v = 0.07 \left(\frac{q_f \mu}{\Delta P} \right)^{2/3}$$

en donde:

μ = Viscosidad en centipoises.

ΔP = Caída de presión, psi.

q_f = Razón de flujo, (U.S. GPM.)

C_v = Coeficiente de la válvula.

Una fórmula más general que puede aplicarse para un rango amplio de viscosidades, incorpora un factor de corrección conocido como el número de Reynolds (F_R). También incorpora un factor que correlaciona el coeficiente de flujo de la válvula y el número de Reynolds (Factor F_d) para el estilo de válvula que está siendo considerado. Este factor F_d es proporcionado por los fabricantes de válvulas.

El primer paso en la corrección del C_v debido al efecto de la viscosidad es resolver la ecuación para Teta (θ) la cual es el factor de corrección de viscosidad. El factor de corrección de viscosidad es usado para encontrar el número de Reynolds (F_R) en la gráfica del número de Reynolds, Gráfica 4.2. El C_v corregido se encuentra entonces dividiendo el valor de C_v no corregido por el factor C_v . El procedimiento es el siguiente:

$$\theta = \frac{\mu F_d}{\sqrt{\Delta P G_f (Cv)_o}}$$

en donde:

θ = Índice de corrección por viscosidad.

μ = Viscosidad, cps.

F_d = Factor de Cv y número de Reynolds. (Ref. el factor F_d debe considerarse para el estilo de válvula).

ΔP = Caída de Presión, psi.

G_f = Densidad relativa.

$(Cv)_o$ = Cv no corregido. (de la Ecuación Estandar)

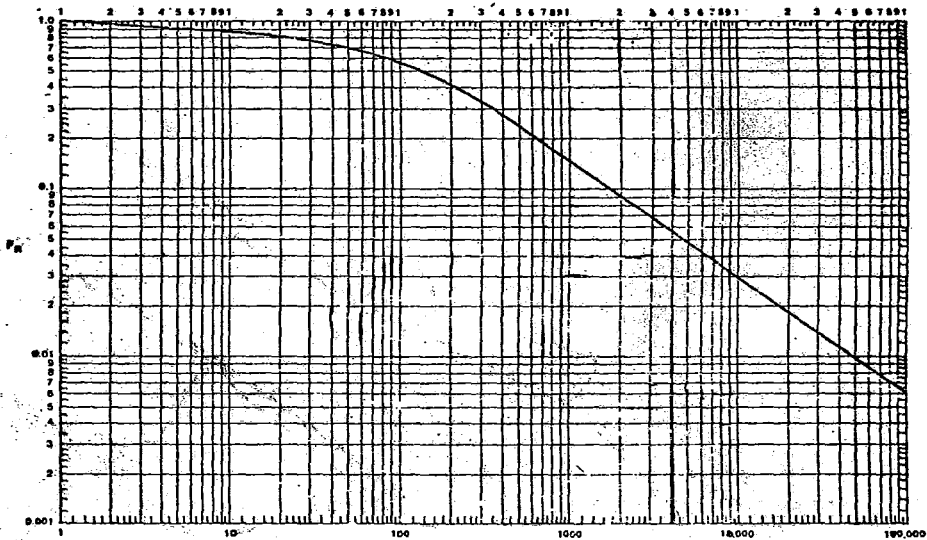
$$Cv = \frac{(Cv)_o}{F_R}$$

IV.2. = CORRECCION DE ECUACIONES DE DIMENSIONAMIENTO POR CONSISTENCIA.

El nivel de consistencia (pulpa para la fabricación de papel) de suspensiones de pulpa contribuyen a la resistencia al flujo através de tubería y accesorios. Un factor de corrección para pulpas (F_c) es usado en las ecuaciones de dimensionamiento para compensar por esas pérdidas por fricción. Existen factores para otros tipos de suspensiones y sedimentos diferentes a los de pulpa y papel.

Factor de Corrección para Suspensiones de Pulpa (F_c)

% Consistencia *	PULPA QUIMICA	PULPA MECANICA
1	1.0	1.0



El C_v de la válvula debe multiplicarse por el factor F_R cuando el número de Reynolds de la corriente es bajo. La alta viscosidad, el bajo ΔP y el pequeño C_v contribuyen disminuyendo el criterio del Reynolds.

GRAFICA 4.2

2	0.97	0.99
3	0.90	0.95
4	0.84	0.92
5	0.80	0.90

* En la fabricación del papel generalmente se llegan a tener consistencias menores al 5%.

Se usan para resolver la fórmula:

$$q_f = F_c \cdot C_v \sqrt{\frac{\Delta P}{G_f}}$$

$$C_v = \frac{q_f \cdot \sqrt{\frac{G_f}{\Delta P}}}{F_c}$$

variables y constantes definidas anteriormente.

IV.3.- DIMENSIONAMIENTO PARA SERVICIO DE GAS Y VAPOR DE AGUA.

El dimensionamiento de válvulas para aplicaciones de fluidos compresibles es más complicado que el dimensionamiento para líquidos debido a que intervienen más variables físicas. Se presentarán a continuación dos series de fórmulas de dimensionamiento. La primera serie de fórmulas están simplificadas para uso general y su exactitud es limitada.

Esas ecuaciones simplificadas para dimensionamiento de válvulas para servicio de fluido compresible pueden usarse si la relación de la presión diferencial y la presión corriente arriba (absoluta) es menor que 0.1.

X menor que 0.10

donde:

$$X = \frac{\Delta P \text{ (presión diferencial)}}{P_1 \text{ (presión absoluta corriente arriba, psia.)}}$$

Bajo esta condición el error no excederá del 10%. Si el valor de "X" es mayor que 0.10 ó se requiere mayor exactitud, es preferible usar las ecuaciones universales de dimensionamiento para fluidos compresibles.

I) ECUACIONES SIMPLIFICADAS DE DIMENSIONAMIENTO PARA FLUIDOS COMPRESIBLES.

a) Volumétrico.-

$$C_v = \frac{q_g}{963} \cdot \sqrt{\frac{G_g \cdot T_1}{\Delta P \cdot (P_1 + P_2)}}$$

$$q_g = 963 \cdot C_v \cdot \sqrt{\frac{\Delta P \cdot (P_1 + P_2)}{G_g \cdot T_1}}$$

en donde:

q_g = Razón de flujo en volúmen, SCFH.

C_v = Coeficiente de flujo de la válvula.

G_g = Densidad relativa, aire = 1.0 a Temp. Std.

T_1 = Temperatura corriente arriba ($^{\circ}F + 460$)

ΔP = Caída de presión, psi.

P_1 = Presión corriente arriba, psia.

P_2 = Presión corriente abajo, psia.

b) Másico.-

$$C_v = \frac{W}{3.22 \sqrt{\Delta P \cdot (P_1 + P_2) \cdot G_g}}$$

$$W = 3.22 \cdot C_v \cdot \sqrt{\Delta P (P_1 + P_2) \cdot G_g}$$

en donde:

W = Flujo másico, lb/hr.

II) ECUACIONES SIMPLIFICADAS DE DIMENSIONAMIENTO PARA VAPOR DE AGUA.

a) Vapor Saturado.-

$$C_v = \frac{W}{2.1 \cdot \sqrt{\Delta P (P_1 + P_2)}}$$

$$W = 2.1 \cdot C_v \sqrt{\Delta P \cdot (P_1 + P_2)}$$

en donde:

W = Flujo másico, lb/hr.

b) Vapor sobrecalentado.-

$$C_v = \frac{W \cdot (1 + 0.0007 \cdot TSH)}{2.1 \sqrt{\Delta P \cdot (P_1 + P_2)}}$$

$$W = \frac{2.1 \cdot C_v \sqrt{\Delta P \cdot (P_1 + P_2)}}{1 + 0.0007 \cdot TSH}$$

en donde:

TSH = Temperatura del vapor sobrecalentado, °F.

III) ECUACIONES UNIVERSALES DE DIMENSIONAMIENTO PARA FLUIDOS COMPRESIBLES.

a) Flujo Volumétrico.- Cuando se conoce la densidad relativa.

$$C_v = \frac{q_g}{1360 \cdot P_1 \cdot Y} \cdot \sqrt{\frac{G_g \cdot T \cdot Z}{X}}$$

$$q_g = 1360 \cdot C_v \cdot P_1 \cdot Y \sqrt{\frac{X}{G_g \cdot T \cdot Z}}$$

en donde:

q_g = Flujo volumétrico, SCFH.

T = Temperatura, $^{\circ}R$ ($^{\circ}F + 460$)

Z = Factor de compresibilidad.

Y = Factor de expansión:

$$Y = 1 - \frac{X}{3 X_T}$$

X_T = Factor de presión diferencial terminal (determinado para cada estilo de válvula).

$$X_T = 0.85 F_L^2$$

Las ecuaciones anteriores para fluidos compresibles son aplicables para válvulas que están basadas en el I.S.A. - S 39.3 (INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA, STANDARD).

Los rangos del factor de expansión del fluido (Y) son de 1.0 a 0.667. Si el valor calculado es menor que 0.668 entonces sustituir 0.667 por el factor (X) no exceda a X_T , si por cálculo (X) excede a (X_T) entonces el valor de (X_T) debe usarse en lugar de (X).

b) Flujo Místico .- Cuando se conoce la densidad.

$$C_v = \frac{0.0158 \cdot W}{Y \cdot \sqrt{X \cdot P_1 \cdot \rho_1}}$$

$$y, \quad W = 63.3 \cdot C_v \cdot Y \sqrt{X \cdot p_1 \cdot \rho_1}$$

en donde:

$$\rho_1 = \text{Densidad, lb/ft}^3$$

$$W = \text{Flujo Másico, lb/hr.}$$

c) *Flujo Volumétrico.*- Cuando se conoce el peso molecular.

$$C_v = \frac{q_g}{7320 p_1 Y} \sqrt{\frac{M \cdot T_1 \cdot Z}{X}}$$

en donde:

M = Peso molecular. ; Z = Factor de Compresibilidad.

q_g = Flujo Volumétrico, SCFH.

T_1 = Temperatura del fluido, °R.

d) *Flujo Másico.*- Cuando se conoce el Peso molecular.

$$C_v = \frac{0.0518 \cdot W}{p_1 \cdot Y} \sqrt{\frac{T_1 \cdot Z}{X \cdot M}}$$

$$W = 19.3 \cdot C_v \cdot p_1 \cdot Y \sqrt{\frac{X \cdot M}{T_1 \cdot Z}}$$

en donde:

T_1 = Temperatura del fluido, °R.

M = Peso molecular del fluido.

W = Flujo másico, lb/hr.

IV.4. ECUACIONES PARA FLUIDOS A VELOCIDAD SÓNICA.

Como en el caso de líquidos, hay una razón de flujo máxima, para fluidos compresibles al cual existirá flujo de choque. Para fluidos compresibles este flujo máximo se presenta a la velocidad sónica. La velocidad sónica se tiene cuando la relación de la presión diferencial a la presión absoluta corriente arriba ($\frac{\Delta P}{P_1}$) excede a la máxima capacidad de flujo de la válvula.

La velocidad sónica producirá ondas de choque, vibración de la línea y ruido considerable. En última instancia, la velocidad sónica causará daños a la válvula y/o tubería.

La velocidad sónica es una función de las características del fluido y la presión corriente abajo. La ecuación que se presentará a continuación puede usarse para determinar el diámetro mínimo de salida de la válvula requerido para evitar la velocidad sónica.

Para evitar la velocidad sónica el diámetro de salida (d) tiene que ser mayor que el valor calculado.

La ecuación es la siguiente:

I) PARA GASES.

a) Para volúmen.-

$$d > 0.0024 \sqrt{\frac{q_g}{p_2} \left(\frac{T_1 \cdot M}{k} \right)^{1/2}}$$

b) En Masa.-

$$d > 0.047 \sqrt{\frac{W}{p_2} \left(\frac{T_1}{M k} \right)^{1/2}}$$

en donde:

d = Diámetro de salida de la válvula, pulgadas.

q_g = Flujo volumétrico, SCFH.

p_2 = Presión corriente abajo, PSIA.

T_1 = Temperatura corriente arriba, °R.

M = Peso Molecular.

k = Relación de calores específicos, cp/cv .
(para Aire = 1.4)

W = Flujo másico, lb/hr.

II) PARA VAPOR DE AGUA.

$$d > 0.12 \sqrt{\frac{W}{p_2}}$$

**IV.5. ECUACIONES DE DIMENSIONAMIENTO PARA DOS FASES.
(LIQUIDO/VAPOR).**

El dimensionamiento de válvulas para fluidos en fase mezclada es similar al dimensionamiento para líquidos en flujo subcrítico (por masa). La variación es que el factor de peso específico (densidad) debe ser modificado para ajustar la ecuación por el porcentaje de cada fluido (líquido y vapor) en el flujo de proceso.

La Ecuación y Método es el siguiente:

$$C_v = \frac{W}{63.3 \cdot \sqrt{\Delta P \cdot \rho_e}}$$

$$W = 63.3 \cdot C_v \cdot \sqrt{\Delta P \cdot \rho_e}$$

donde:

C_v = Coeficiente de flujo de la válvula.

W = Flujo másico, lb/hr.

ΔP = Caída de presión, psi.

ρ_e = Densidad efectiva de la mezcla, lb/ft³.

$$\rho_e = \frac{W}{V_{ge} + V_f}$$

donde:

V_{ge} = Flujo volumétrico efectivo de gas, CFH.

V_f = Flujo volumétrico de líquido, CFH.

$$V_{ge} = \frac{10.7 T_1 W_g}{M P_1 Y^2}$$

donde:

T_1 = Temperatura corriente arriba, °R.

W_g = Flujo másico de la fase gas, lb/hr.

M = Peso molecular.

P_1 = Presión corriente arriba, psia.

Y = Factor de expansión.

$$V_f = \frac{W_f}{\rho_f}$$

donde:

W_f = Flujo másico del líquido, lb/hr.

ρ_f = Densidad del líquido, lb/ft³.

$$Y = 1 - \frac{X}{3 X_T}$$

donde:

X = Relación de la presión diferencial a la presión estática absoluta de entrada.

X_T = Valor terminal ó último de X , usado para establecer el factor de expansión.

$$X = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1}$$

IV.6.- EFECTOS DE LA REDUCCION DE TUBERIA.

La instalación de reducciones ó expansiones en tuberías crea una resistencia adicional al flujo en una tubería. Cuando se instala una válvula de control entre reductores es práctica general considerar el efecto total de las partes combinadas en el cálculo del coeficiente requerido de la válvula, (Cv).

En las ecuaciones de dimensionamiento de las válvulas, el efecto de reductores adyacentes en flujo de líquidos ó gas es el factor Fp. El factor Fp es una función del Cv de la válvula y del diámetro del tubo y puede calcularse para cualquier combinación de válvula y tubería (diámetros). Los factores Fp son adimensionales y generalmente tienen un valor menor que 1.0. Una vez que se ha calculado Fp se multiplica por el Cv calculado para determinar el Cv "efectivo" de la combinación válvula-reductores adyacentes.

Fp se deriva por la ecuación:

$$F_p = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\sum K \quad C_d^2}{890}}}$$

en donde:

Fp = Factor de corrección por efectos de la tubería.

$$C_d = \frac{C_v}{d^2}$$

donde:

C_v = Coeficiente de flujo de la válvula.

d = Dimensión de la válvula, pulgadas.

ΣK = Suma algebraica de los coeficientes de la cabeza de velocidad de los reductores y/o expansores ($\Sigma K = K_1 + K_2 + K_{B1} - K_{B2}$)

donde:

K_1 = Coeficiente para el reductor corriente arriba.

K_2 = Coeficiente para el reductor corriente abajo.

K_{B1} = Coeficiente de entrada de Bernoulli.

K_{B2} = Coeficiente de salida de Bernoulli.

(NOTA: Cuando los accesorios de entrada y salida son iguales K_{B1} y K_{B2} se eliminan de la ecuación).

Cuando las dimensiones de los accesorios de entrada y salida son diferentes, K_{B1} y K_{B2} se calculan como sigue:

$$K_{B1} = 1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4$$

$$K_{B2} = 1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4$$

donde:

d = Dimensión de la válvula, pulgadas.

D = Diámetro del tubo, pulgadas.

NOTA: Si no se tienen las cartas de los valores de K_1 y K_2 , entonces pueden calcularse como se muestra a continuación:

$$K_1 + K_2 = 1.5 \cdot \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2$$

(Cuando los reductores de entrada y salida son del mismo tamaño).

$$K_1 = 0.5 \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2 \quad (\text{Para reductor de entrada solamente})$$

$$K_2 = 1.0 \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)^2 \quad (\text{Para reductor de salida, únicamente})$$

IV.7. RUIDO.-

Las altas razones de flujo de fluido através de las válvulas y accesorios de tuberías producen ruido. La fuente de este ruido puede ser aerodinámico en el caso de gases y vapor, cavitación en el caso de flúidos y/o vibración mecánica de los componentes de la válvula.

El ruido aerodinámico resulta por la alta velocidad de flujo del gas ó vapor de agua y usualmente es de mayor intensidad que el producido por otras fuentes. Esto es causado por turbulencia, obstrucción de flujo, expansión en la tubería, y vueltas repentinas en la corriente. Todas las anteriores condiciones es-

tan fundadas en las aplicaciones típicas de las válvulas.

La cavitación en procesos de flujo de líquidos produce ruido a la descarga del punto de una válvula de control y en la tubería inmediata corriente abajo. Las presiones diferenciales a las cuales se iguala o excede el valor necesario para producir el flujo de choque resultará en generación de ruido. La cavitación puede producirse y evitarse como se mencionó anteriormente en CAVITACION.

El ruido mecánico se produce por las fluctuaciones de presión, las cuales causan vibración de los componentes mecánicos en la válvula. El ruido producido así debe evitarse a toda costa porque producirá una falla rápida de la válvula.

Deben seguirse ciertos pasos para evitar ó reducir el ruido.

- 1) Seleccionar una válvula que tenga una construcción rígida para evitar los problemas de ruido mecánico y la falla potencial. COSTOSA.
- 2) Dimensionar y seleccionar una válvula suficiente - mente grande para prevenir las condiciones de flujo sónico ó de choque.
- 3) Reducir las velocidades del sistema para prevenir el ruido severo producido por las ondas de choque.
- 4) Cuando los ruidos del sistema no puedan prevenirse

con cualquiera de los pasos anteriores, deben usarse los aparatos para atenuar el sonido. Este puede atenuarse usando tuberías más gruesas, aislamiento especial ó un tipo de ahogador-difusor de sonido más sofisticado.

IV.8.- CALCULO DEL NIVEL DE RUIDO.

A continuación se expondrá la técnica de cálculo del nivel de ruido Aerodinámico, propuesta por la G.P. S.A. (Gas Processors Suppliers Association), y depende de:

- a) Geometría de la válvula;
- b) Estilo de la válvula;
- c) Tipo de interior;
- d) Presión de entrada;
- e) Caída de presión, etc.

Se debe tomar en cuenta, para un buen diseño, que se tienen medios para atenuar el ruido, si éste va a existir, y son:

Pared de la tuberías: La atenuación varía con la cédula y diámetro, ver TABLA 4.1.

Aislamiento Térmico: Dará una reducción de ruido de -3 a 5 dBA por pulgada de espesor de aislamiento. De -12 a 15 dBA de reducción de ruido es el máximo esperado.

Aislamiento Acústico: Dará una reducción de aproximadamente 8 a 10 dBA por pulgada de aislamiento tipo colchoneta. De 24 a 27 dBA de reducción de ruido es el máximo esperado.

Silenciadores: Los silenciadores evitan que el ruido se siga difundiendo en la corriente, ya que la pared del tubo y el aislamiento no lo eliminan sólo lo atenúan.

* **NOTA:** Para un cálculo más riguroso y para ruido de otro origen, recurrir a manuales del fabricante (Ej. Fisher Controls).

Diámetro Nominal de la tubería pulg.	Número de Cédula							
	30	40	80	120	160	STD	XS	XIS
2	—	0	-8	—	-12	0	-6	-16
4	—	0	-7	-10	-13	0	-7	-16
6	—	0	-8	-12	-15	0	-8	-18
8	+3	0	-9	-14	-18	0	-9	-16
10	+3	0	-9	-14	-19	0	-6	—
12	+4	0	-10	—	-20	0	-5	—

Valores de ΔSPL_K . Corrección por la atenuación de ruido debida a la pared de la tubería.

TABLA 4.1

núan en el exterior. Absorben de 16 a 25 dBA de ruido.

IV.9.- TÉCNICA DE PREDICCIÓN DE RUIDO AERODINÁMICO (G.P.S.A.)

La solución gráfica de la siguiente ecuación, nos provee de una técnica rápida y precisa para predecir los niveles ambientales de ruido resultantes del flujo de fluidos compresibles a través de una válvula de control.

$$SPL = SPL_{\Delta p} + \Delta SPL_{cg} + \Delta SPL_{\Delta p/p_1} + \Delta SPL_k$$

(EC. R.1)

en donde:

SPL = Nivel global de ruido en decibeles (dBA) en un punto predeterminado (a 48 pulgadas corriente abajo de la salida de la válvula y a 29 pulgadas de la tubería).

$SPL_{\Delta p}$ = SPL base en dBA, determinado como una función de la caída de presión.

ΔSPL_{cg} = Corrección en decibeles para el coeficiente de

$\Delta SPL_{\Delta p/p_1}$ = Corrección en dBA por el estilo de la válvula y la relación de presión ($\Delta p/p_1$) con p_1 en psia.

ΔSPL_k = Corrección en dBA por el tamaño de la tubería y cédula, silenciadores en línea, aislamiento, etc.

METODO:

1.- Se requieren los siguientes datos:

- a) Tamaño de la válvula.
- b) Estilo de la válvula.
- c) Diámetro y cédula de la tubería.
- d) Espesor de aislamiento (térmico ó acústico).
- e) Presión de entrada (p_1 , en psia)
- f) Caída de presión en la válvula (Δp , en psi.)
- g) c_g de la válvula ó c_s ($c_g = c_s \times 20$) y si no se tiene:

2.- Calcular c_g de las siguiente ecuación :

$$c_g = \frac{Q \sqrt{\frac{Gt}{520}} \cdot \text{sen} \left[\frac{c_1}{3417} \cdot \sqrt{\frac{p_1}{p}} \right]_{DFG.}}{p_1}$$

en donde:

- c_g = Coeficiente de dimensionamiento del gas.
 c_v = Coeficiente de dimensionamiento del líquido.
 Q = Caudal del gas, SCFH.
 G = Densidad relativa del gas (aire = 1.0)
 p_1 = Presión de entrada, psia.
 Δp = Caída de presión, psi.
 T = Temperatura absoluta del gas a la entrada, °R.

3.- Encontrar SPL Δp de la FIG. 4.3

4.- Encontrar $\Delta SPL c_g$ de la FIG. 4.4

5.- Encontrar $\Delta SPL \Delta p/p_1$ de las FIGS. 4.5 a 4.10

6.- Encontrar ΔSPL_x de la TABLA 4.1

7.- Calcular SPL de la Ec. R.1.

SPL Base-todos los estilos de válvulas.

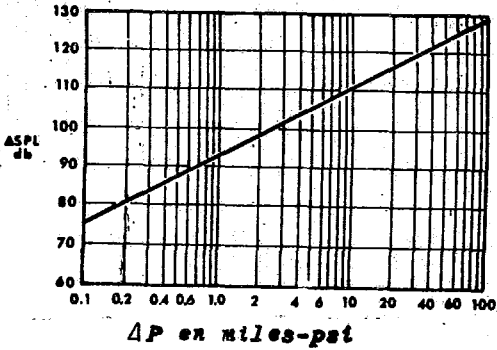


FIGURA 4.3

ΔSPL_{C_g} - todos los estilos de válvulas.

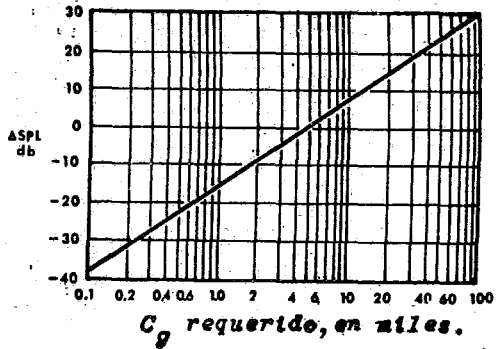


FIGURA 4.4

TAMAÑO DE LA LINEA IGUAL AL TAMAÑO DEL CUERPO.



Válvulas de 2" y 3".

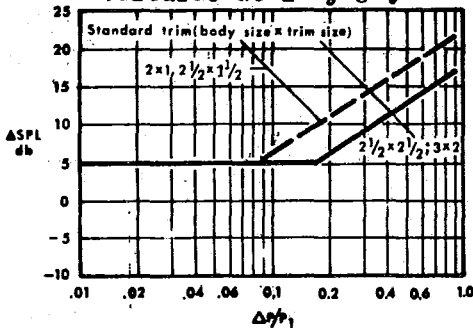


FIGURA 4.5

Válvulas de 4" a 12".

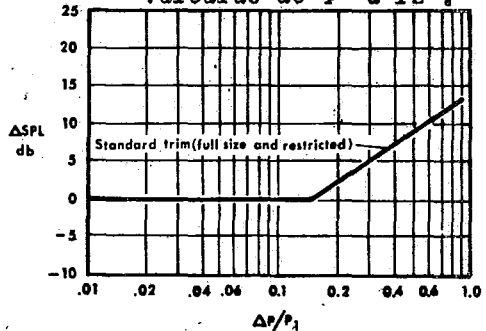


FIGURA 4.6

PARA VALVULAS DE GLOBO ESTILO JAULA

VALORES DE $\Delta SPL_{\Delta P/P_1}$



swaged

Válvulas de 2".

Válvulas de 3" a 6"

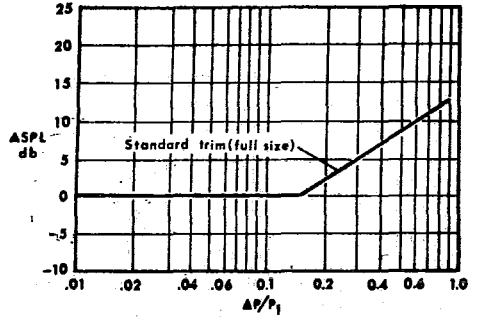
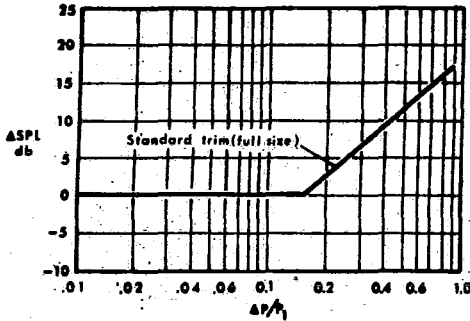


FIGURA 4.7

FIGURA 4.8

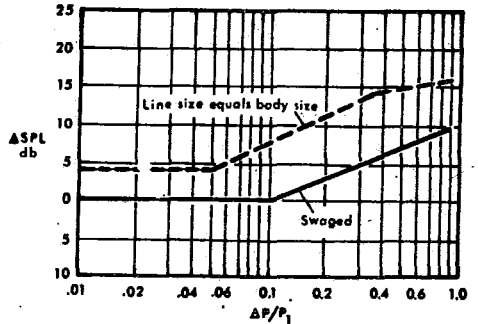
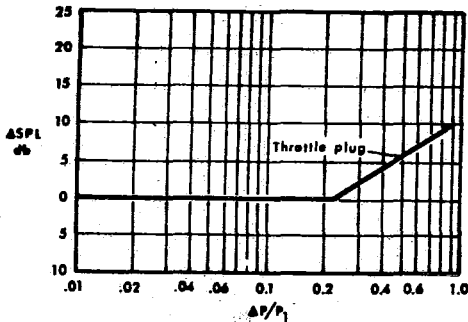
PARA VALVULAS DE GLOBO ESTILO JAULA.

Valores de SPL p/p_1

PARA VALVULAS DE GLOBO
CON GUIA SUP. E INF.



PARA VALVULAS DE BOLA
ESTANDARS



P/TODAS LAS RELACIONES DE
TUBERIA-CUERPO DE VALVULA.
VALVULAS DE TODOS LOS TAMA
ÑOS.

P/TODAS LAS RELACIONES DE
TUBERIA-CUERPO DE VALVULA.
VALVULAS DE TODOS LOS TAMA
ÑOS.

FIGURA 4.9

FIGURA 4.10

CAPITULO V

ACTUADORES Y POSICIONADORES.

V.1.- ACTUADOR.

Generalidades.-

El actuador de válvula es un instrumento que convierte la energía en trabajo al mover el vástago de la válvula abriéndola, cerrándola ó ajustándola a una posición requerida. En comparación con otros elementos de sistemas de control del fluido, los actuadores no han decaído en tamaño o capacidad por los avances científicos y de ingeniería. No importa que tan pequeños se hagan los controles, para vencer las fuerzas del fluido y la fricción se necesita una fuerte acometida o torca.

La responsabilidad de la selección y especificación de los actuadores generalmente recae en el fabricante de las válvulas, porque él conoce mejor la válvula en particular y porque usualmente él mismo monta el actuador. Las especificaciones pueden ser tan breves como un nivel de presión de aire, características eléctricas o aún la fuerza máxima esperada para un operador humano.

En otros casos, sin embargo, los ingenieros prefieren

estudiar ellos mismos la selección del actuador. El resultado puede ser el de mejorar el funcionamiento y bajar el costo del tiempo de vida. Un mejor entendimiento de los actuadores ayuda en la evaluación de nuevos diseños, en el análisis de las diferencias de las diferentes cualidades de los actuadores, y en la planeación del cambio de actuadores en válvulas en operación.

La tendencia a la automatización y a la conservación de la fortaleza física humana constantemente expande la demanda de actuadores. Cada válvula en un área - inaccesible o peligrosa, cada válvula que requiere de una acción rápida ó las que necesitan una acción sincronizada con otras, pueden requerir un actuador. Sin embargo, el costo inicial de los actuadores es importante, debido al gran número de válvulas en un sistema de fluidos. El reciente empeño, enfocado sobre el problema del costo, tiene la finalidad de ayudar a las plantas automáticas a frenar el costo de inversión.

El tipo de válvula y sus detalles de construcción son importantes en la decisión tomada respecto al actuador, porque implica la selección de la fuente de energía: aire, electricidad ó aceite. Y ya que la estabilidad y operabilidad del circuito de control depende del funcionamiento adecuado del actuador, éste debe ser capaz de tomar el control de muchas fuerzas estáticas y dinámicas que varían en la válvula.

A continuación revisaremos las características de las diferentes válvulas de control para analizar qué nos

afecta en la selección del actuador.

V.2.- Características de Operación de las Válvulas.-

La selección del actuador y la especificación de su funcionamiento depende principalmente de los requerimientos de torca de la válvula y de la longitud de la carrera ó ángulo. Los factores que mayormente afectan, la arremetida y la torca son la presión del fluido, la presión diferencial através del asiento - de la válvula, el área del asiento, los efectos dinámicos del flujo del fluido y la fricción; el tamaño y tipo de la válvula obviamente tienen influencia en la longitud de la carrera ó ángulo.

Los efectos de fricción y los efectos dinámicos son difíciles de calcular y el que especifica generalmente cuenta con datos del fabricante. Aparentemente las menores diferencias en el diseño ó tolerancias de fabricación pueden influir en las necesidades de torca. El conocimiento de cómo el tipo de - válvula y el diseño afectan el tamaño del actuador - es importante para obtener los máximos beneficios en el costo.

Factores en la Selección del Actuador.

La primera decisión en la secuencia de selección y especificación de actuadores es la de escoger entre el -

actuador manual y el de potencia. La aplicación específica obviamente reclama por una ó por otra, y la decisión pudo haberse tomado años antes. En otros muchos casos, un análisis rápido puede ser suficiente.

Los puntos a considerar cuando hay que decidir son:

- 1) *Tamaño de la Válvula*
- 2) *Presión diferencial através de la válvula.*
- 3) *Línea de presión.*
- 4) *Cantidad de Torca (ó acometida) necesario.*
- 5) *Rapidez de operación.*
- 6) *Frecuencia de operación.*
- 7) *Urgencia en iniciar la actuación.*
- 8) *Distancia física hasta la válvula.*
- 9) *Medio ambiente de la válvula (peligroso, contaminado).*
- 10) *Necesidad de actuación simultánea de varias vál-*

vulas.

11) Seguridad a falla de la válvula.

El análisis puede abarcar más factores que los anteriores. La torca del volante manual es una excepción. La lubricación, el transiente de temperatura de la válvula, afectan la torca. La fuerza sobre el aro del volante (manivela) puede algunas veces exceder los -- valores antes establecidos de 50 - 100 lb.

Si la decisión es para la actuación de potencia, la siguiente decisión concierne a la fuente de potencia. La electricidad, el aire comprimido y los flúidos hidráulicos son las tres posibilidades. También son posibles los sistemas híbridos. Por ejemplo, la potencia eléctrica en ó cerca del actuador puede presurizar aceite ó comprimir aire. El aire ó flúido - hidráulico pueden manejar cajas de engranes que ordinariamente no lo puede hacer la potencia de un motor eléctrico.

Los principales factores en la decisión entre usar un flúido y potencia eléctrica son:

- 1) Usos y reglas de la planta.
- 2) Rapidez de operación.
- 3) Frecuencia de operación
- 4) Seguridad a falla.
- 5) Peligro por contaminación.
- 6) Requerimientos de función dinámica.
- 7) Costos instalados y de operación.

Aunque el esfuerzo en el diseño constantemente agran-

da la versatilidad de ciertos tipos y modelos, hay, sin embargo, límites fundamentales para el rango de uso práctico de esos tipos. Considerando algunos ejemplos se aclarará mejor este punto:

1) El tipo de resorte y diafragma es de bajo costo, y se le puede aplicar fácilmente una fuente de fuerza para cubrir mayores requerimientos de ella. Modelos recientes dan más fácil movimiento rotatorio para válvulas de un cuarto de vuelta. Donde se requieren, por lo tanto, otros tipos más compactos.

2) El actuador de motor eléctrico, desarrollando la torca através de engranes, es cara, pero en servicios localizados en lugares remotos, solamente suministrados con energía eléctrica, este tipo es el más adecuado y rentable.

Por otro lado, la apertura o cierre a falla pueden requerir suministro de potencia de aire si el criterio del diseñador juzga que los tanque y válvulas serán más confiables que en un sistema en batería.

3) Una planta ó un grupo de diseñadores con larga experiencia de una fuente dada de potencia motriz, tenderán a preferir esa fuente aún cuando un estudio imparcial dé una ventaja moderada para otra fuente.

La Tercera decisión importante envuelve el hecho de que la operación sea "on/off" ó modulada. Todos los actuadores pueden operar en on/off. Si la ac--

ción es ser muy frecuente, ó si se requiere ajuste de estrangulamiento, la selección del actuador está limitada. En el control modulado, se necesitan estudiar muchos factores.

Por ejemplo, los actuadores de motor eléctrico y engranes son lentos comparados con el actuador de resorte y diafragma, pero también el también el último no es tan rígido contra las fuerzas dinámicas. Si se necesitan acción rápida y rigidez, entonces debe seleccionarse un cilíndrico.

El posicionador, un instrumento de control que suministra energía al actuador para que el actuador posicione correctamente a la válvula, es común en los actuadores de acción modulada, y hacen posible una amplia aplicación de todos los actuadores de fluido para control modulado. El actuador de diafragma-resorte generalmente no necesita posicionador.

I.3.- Actuación Manual.-

Todos los tipos de válvulas cerca de las 6", y muchas de compuerta y globo tan grandes como 24", -- tienen actuación manual directa como estandar. Un volante haciendo rotar un eje ó el vástago con - cuerda de tornillo actúa las compuertas y globos. Una simple palanca actúa sobre válvulas de un cuarto de vuelta. Si la experiencia muestra que la palanca ó el volante para la máxima fuerza permitida serán muy grandes, entonces se debe montar una caja de -- transmisión (engranes) sobre la cabeza de trabajo de

la válvula, incrementándose la acometida ó torca del vástago a expensa de la rapidéz.

Los engranes pueden ser dentados para bajos ruidos, biselados para intermedios, ó roscados para altos ruidos. En las válvulas de un cuarto de vuelta, el engrane final necesita ser sólo de un cuadrante, ahorrando en el tamaño de la caja. Si se requiere cerradura de seguridad, la selección es el de rosca con menor eficiencia, aunque los actuadores con otros tipos de engranes pueden tener cerraduras.

Los claros y el desgaste son problemas en muchas combinaciones de actuadores y válvulas. El ataque de las superficies puede ocurrir cuando las fuerzas del fluido actúan sobre un claro excesivo y la fricción de la válvula no es suficientemente alta para retener al tapón y al vástago estacionarios. Los engranes, las cuerdas y la acrecentada fuerza del cople pueden entonces sufrir daño. Una lubricación pobre y altas fuerzas de contacto en engranes, cuerdas y coples provocan el desgaste. El cilindro del actuador de pistón ó las superficies de la varilla pueden desgastarse también.

Desafortunadamente, las válvulas en una planta de proceso son frecuentemente tan numerosas que el costo inicial del actuador es una gran parte de la factura de la automatización. La necesidad de un costo bajo del actuador pueden conducir a no tomar en cuenta los detalles, tales como la resistencia al desgaste. El ahorro se paga después en mantenimiento y costo de reparaciones.

Los sellos y empaques son otras áreas de detalle que necesitan escrutinio. Algunos sellos necesitan retener solamente grasa ó aceite y excluir agua y basura, como en la caja de transmisión.

Otros sellos deben oponerse a la alta presión del fluido en una flecha oscilante. Una fuga del sello del pistón puede fácilmente derrochar varios cfm de aire. En resumen, los empaques y los sellos pobremente diseñados pueden consumir energía innecesariamente. Se tienen diferentes factores de seguridad dados por los fabricantes para evitar pérdidas.

Generalmente, el paso final en la especificación de una válvula es la selección del actuador de la válvula. Es una parte integral de esta "loop" de control automático, provee el "músculo", ó fuerza motriz requerida para tener en posición el elemento final de control. Y, ya que la estabilidad y operabilidad del "loop" depende del funcionamiento satisfactorio del actuador, debe ser capaz de tomar el control de las muchas fuerzas estáticas y dinámicas que varían en la válvula.

V.4.- TIPOS DE ACTUADORES Y CARACTERÍSTICAS. ✓

Para los diferentes estilos de válvulas, hay cuatro tipos básicos de actuadores para el control del "estrangulamiento":

- 1) Resorte y diafragma:
 - acción directa.
 - acción inversa.
- 2) Pistón neumático

3) Motor eléctrico.

4) Hidráulico ó Electro-Hidráulico.

V.4.1.- Actuadores de Diafragma.

El actuador neumático de diafragma y resorte, un diseño muy común y simple (FIG. 5.1), ofrece un costo bajo y una alta eficacia. Los actuadores de diafragma normalmente operan con rangos de suministro de aire de 3 a 15 psi. ó 6 a 30 psi. Por esto ofrecen -- ser convenientes para servicios de estrangulamiento usando señales directas de instrumentos. Los diseños disponibles ofrecen resortes ajustables y una extensa gama de selección de resortes, para la aplicación específica del actuador. Los actuadores de resorte y diafragma tienen pocas partes móviles que -- contribuyen a evitar fallas, y por tanto, ofrecen -- una buena rentabilidad. Si fallan, el mantenimiento es fácil.

La abrumadora ventaja de los actuadores de resorte y diafragma es la previsión presente siempre por falla del mismo. Como el aire se carga en la cubierta del actuador, el diafragma mueve la válvula y comprime el resorte.

La energía almacenada por el resorte al actuar para mover la válvula hace que regrese a su posición original y el aire sale de la cubierta. Cuando ocurre la señal -caída de presión del instrumento ó actuador, el resorte mueve a la válvula a su posición inicial (a falla del mismo). Los diseños de actuador de

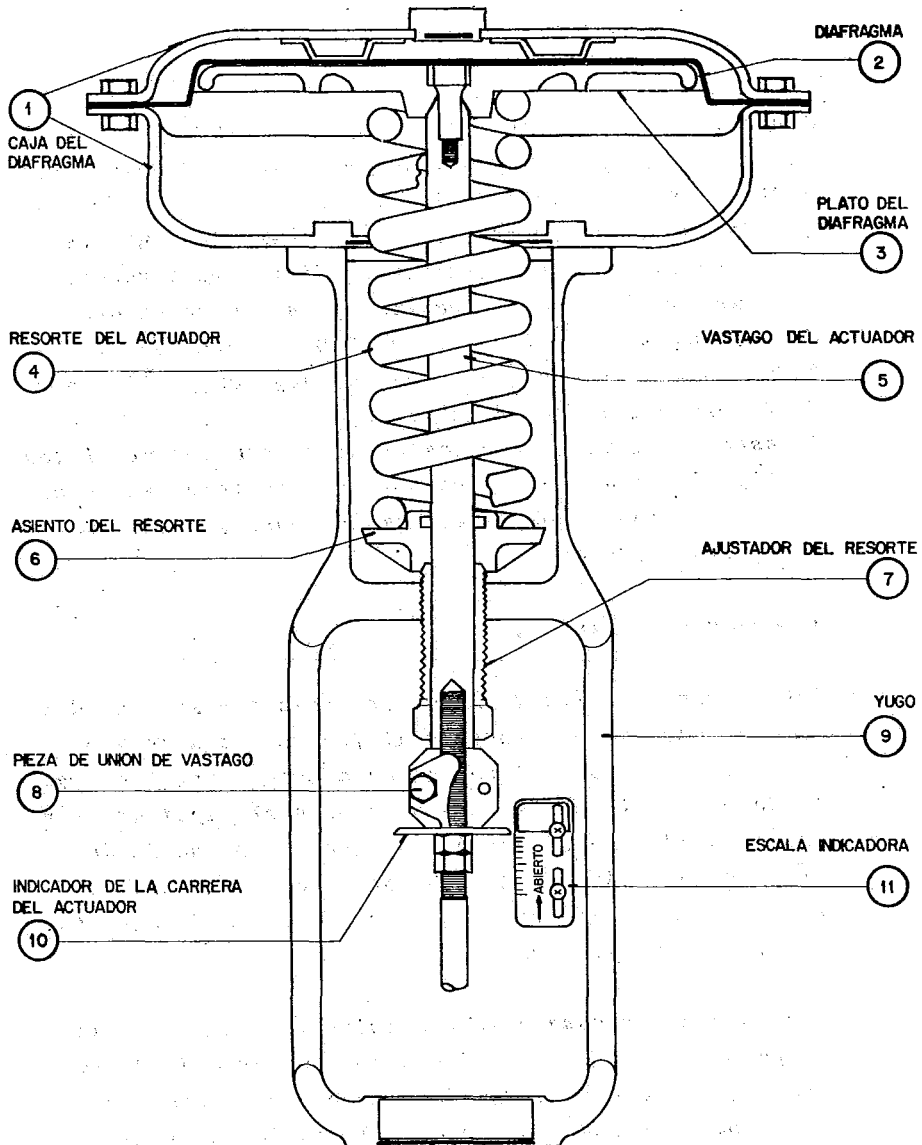


FIG. 5.1-PARTES DEL ACTUADOR.

diafragma-resorte ofrecen acción a apertura a falla ó la desventaja primaria del actuador de diafragma y resorte es su capacidad limitada. Mucho del empuje --- creado por el diafragma se debe al resorte y no resulta en la salida. El actuador de diafragma y resorte deja de ser de "costo efectivo" para requerimientos - en exceso, de aproximadamente 2000 lb de empuje ó -- 5000 lb-in de torca. A menos que haya un factor severo de exceso, el uso de actuadores de diafragma arriba de este nivel puede ser costoso. Es simplemente incosteable construir y usar actuadores de diafragma en este rango de empuje, porque el tamaño, peso y costo aumenta en esa proporción.

7.4.2 Actuadores de Pistón. ✓

Para requerimientos de mayor esfuerzo que los que dan los actuadores de resorte y diafragma, se debe uno dirigir a los otros 3 tipos antes mencionados. Los actuadores de pistón neumático ofrecen el siguiente rango de salida fuerza económica para la operación de -- válvulas automáticas de control. Los actuadores de - pistón normalmente trabajan con presiones de suministro entre 50 y 150 psi.

Los actuadores usados en servicios de estrangulamiento pueden ser provistos con posicionadores de doble - acción, los cuales cargarán y descargarán simultáneamente por los lados opuestos del pistón, causando el viaje hacia el lado de baja presión. El posicionador se mueve en sentido del pistón, cuando la posición requerida se alcanza, el posicionador iguala las pre-

siones de oposición sobre el pistón, creando el equilibrio.

El actuador de pistón neumático es excelente cuando se requieren unidades compactas y de alto empuje.

Puede también servir efectivamente donde las condiciones variables de servicio requieren un amplio rango de fuerzas de salida. Construidos originalmente de partes metálicas con pocas elásticas, los actuadores de pistón se adaptan rápidamente a situaciones en las que existen altas temperaturas ó humedades ambientales.

Las desventajas son que requieren altas presiones de suministro, requerimientos para los posicionadores -- cuando son usados en servicios de estrangulamiento y la falta del sistema a falla de los actuadores. Como se mencionó, los actuadores de pistón pueden ser equipados con opciones de resorte de retorno, pero la adición de resortes limita su construcción, para la misma fuerza que proporcionaría un actuador de diafragma. Las únicas alternativas para resortes son los sistemas de error neumático para mover el actuador de pistón en su condición de falla. Estos sistemas son costosos, complejos y de alto costo de mantenimiento.

Por otro lado, existe una acción doble de los actuadores neumáticos, que es usar veletas o fejigas de hule para crear empuje de salida ó torca directamente.

V.4.3.-Actuadores Eléctricos.-

Los actuadores de motor eléctrico, usados en muchas situaciones de proceso, consisten generalmente de motores con trenes de engranes y están disponibles en un amplio rango de torcas de salida. Ofrecen la ventaja primordial en instalaciones remotas donde no esta disponible otra fuente de potencia.

Los actuadores eléctricos son económicos para la aplicación normal en rangos de tamaño pequeño solamente. Las unidades grandes generalmente operan lentamente y pesan considerablemente más que su duplicado neumático. Actualmente, no son factibles económicamente los actuadores eléctricos de alto empuje que disponen de acción a falla, a menos que sea uno con llave en la última posición. Las versiones de estrangulamiento de actuadores de motor eléctrico tienen limitaciones en su disponibilidad y capacidad. Continuamente las aplicaciones de "loop" cerrado requieren cambios de la posición de la válvula de control, el actualor eléctrico puede no ser conveniente, por la causa primaria de su limitado ciclo de servicio.

V.4.4. - Actuadores Hidráulicos y Electro-Hidráulicos.-

Los actuadores electro-hidráulicos son actuadores eléctricos en los cuales un motor bomba aceite a altas presiones con un pistón, el cual crea la fuerza de salida. Un actuador electro-hidráulico es excelente para servicios de estrangulamiento, porque

debido a su rigidez (resistencia a las fuerzas de cambio en el cuerpo de la válvula y su compatibilidad con señales analógicas.

La mayoría de los actuadores electro-hidráulicos pueden dar alto empuje de salida (algunos arriba de 10 000 lb/in²). Son, sin embargo, obstaculizables por su alto costo inicial, complejidad y tamaño.

Los actuadores hidráulicos, difieren principalmente en la ganancia de potencia de la unidad externa de bombeo. Una unidad hidráulica control de bombeo puede suplir al fluido hidráulico a presiones considerables, algunas veces arriba de 3000 psi. El control del actuador se completa con un servo-amplificador y un sistema de válvulas hidráulicas. Este sistema puede proveer lo último en funcionalidad del actuador: rigidez excepcional, rapidez de golpe, muy alto empuje (frecuentemente arriba de 50,000 lb.), unas excelentes características de respuesta dinámica. Pero el costo de este sistema es completamente alto.

V.5.-Selección del Actuador.-

La selección requiere analizar los aspectos de tipo de función y económico. La válvula de control puede ejecutar su función solamente de acuerdo al funcionamiento del actuador y también como éste resista los esfuerzos que actúan en él. Por lo tanto, un actuador puede representar una parte significativa del precio total, especialmente cuando se usa una válvula de control pequeña. Una selección cuidadosa puede significar un ahorro importante. Como se mencionó -

antes, el amplio rango de tipos de los actuadores puede hacer que el proceso de selección parezca altamente complejo. Pero con unas reglas simples y el conocimiento de las necesidades del proceso, la selección puede ser muy simple.

Algunas de las principales características de los actuadores son las siguientes:

Fuente de Potencia: la fuente de potencia puede determinar directamente qué tipo de actuador escoger. - Típicamente, los actuadores de válvulas consiguen potencia por aire comprimido o por electricidad. (Algunos diseños), sin embargo, usan presión por agua, fluido hidráulico ó la presión en la tubería). La mayoría de los actuadores actualmente usan aire comprimido y operan a presiones de suministro de 15 a 200 psi.

Puesto que la mayoría de las plantas tienen electricidad y aire comprimido disponibles, la selección del actuador depende de la localización relativa de las fuentes y el actuador. Otras consideraciones incluyen la confiabilidad y requerimientos de mantenimiento del sistema de potencia (y sus efectos subsecuentes en la operación de la válvula) y prevenir por altas y bajas de potencia en los "loops críticos de la planta.

Características de Protección a Falla. Aunque la confiabilidad en las fuentes de potencia es alta, muchos procesos requieren acciones específicas de la válvula si la fuente de potencia falla. Los sistemas de protección a falla incorporados en muchos diseños de ac-

tuadores cierran automáticamente, de este modo previenen posibles pérdidas de producto en caso de la falla de potencia. Algunos sistemas almacenan energía en forma de energía potencial en sus resortes ó neumáticamente en tanques ó acumuladores hidráulicos. La falla de la potencia del actuador dispara el sistema de autoseguridad y lleva a la válvula a la posición requerida y entonces retiene ésta posición hasta que se restablezca la operación normal.

Se disponen de diseños que permiten encontrar los siguientes nodos de operación falla de Potencia: abrir a falla, cerrar a falla, ó retención de la última posición. Muchos sistemas de actuadores, tales como los de diafragma y resorte, tienen incorporados sus sistemas de seguridad sin costo extra. En otros diseños, esto puede ser opcional.

V.5.- Capacidad del Actuador.- Un actuador puede tener torca suficiente o empuje para la aplicación específica. En algunos casos, los requerimientos de torca dictan el tipo de actuador tanto como los requerimientos de potencia. Por lo tanto, una válvula grande la cual requiere una gran cantidad de Torca, o empuje, puede limitarse por la indisponibilidad de actuadores neumáticos con suficiente capacidad. Recíprocamente, los actuadores electro-hidráulicos o hidráulicos representarían una mala elección para una válvula de baja fuerza requerida.

V.7.- Posicionadores de las Válvulas. ✓✓

Los posicionadores neumáticos de válvulas traducen -

una señal del instrumento a una posición de válvula, más efectivamente que si se usara la señal de aire para accionar sobre el actuador directamente. Varios estudios han mostrado que los posicionadores son frecuentemente usados donde los amplificadores neumáticos podrían ser una mejor elección. Además, en muchos casos, el mejor control puede lograrse sin usar amplificador ni posicionador.

Las principales razones para seleccionar un posicionador ó un amplificador neumático (volumé booster) son:

- a) Que se requiera un rango dividido.
- b) Que sea deseable una presión de carga máxima mayor que la señal del instrumento.
- c) Que se desee el mejor control posible.

La selección del posicionador ó del amplificador neumático se realiza por la dinámica del proceso, no por el tamaño de válvula, desbalanceo, fricción del empuje ó longitud de la línea de transmisión:

CONCLUSIONES.

De antemano es clara una situación: La selección correcta de los instrumentos de un circuito de control, es función del tipo de servicio, tipo de fluido y requerimientos operativos del sistema específico que se estudie.

En este trabajo se analizaron y tabularon esas tres funciones, que no pueden (ni deben) ser tomadas como independientes, sino como interdependientes; además, es necesario puntualizar un hecho que a veces pasa desapercibido: de nada sirve una buena selección de un elemento final de control, si el elemento primario no va a operar correctamente (debido a una mala selección del mismo) y por lo tanto, el sistema no estará bajo control.

Debido al hecho anterior, es deseable que el Ingeniero - que diseñe circuitos de control automáticos, tenga presente a ambos elementos al calcular y seleccionar uno de ellos para evitar errores que se traduzcan en pérdidas de tiempo y sobre todo, de dinero.

A P E N D I C E

GUIA PARA LA SELECCION DE MATERIALES

Estas tablas constituyen una guía hacia la selección de las aleaciones y materiales apropiados para ser usados en válvulas que manejen los agentes en ellas mostrados. Son recomendaciones generales obtenidas de datos bibliográficos e industriales en la fabricación y uso de válvulas, pero no incluyen variaciones por condiciones cambiantes en el servicio, corrosión atmosférica, erosión por altas velocidades, cavitación, altas temperaturas o presiones desusadas.

Excepto en los casos indicados, los datos son a temperaturas cercanas a la atmosférica.

Las concentraciones en general son las comerciales, excepto en los casos específicamente indicados.

Para encontrar combinaciones tales como cuerpo en acero e interiores en Monel, es necesario juzgar el servicio específico, costos incurridos, riesgos, operaciones abiertas o cerradas, etc. Las claves aquí usadas son las siguientes:

- E.- Excelente, adecuado en condiciones normales de servicio. Corrosión 0.000-0.002 pulg/año.
- B.- Bueno, aceptable, dará una vida moderada en servicio. Corrosión 0.002-0.020 pulg/año.
- U.- Utilizable, aún cuando se tendrá una vida restringida. Corrosión 0.020-0.050 pulg/año.

M.- Malo, no debe utilizarse, bien porque implique una falla temprana, contaminación u otra causa. Corrosión superior a 0.050 pulg/año.

-.- Sin información para el caso.

Diversos materiales de uso poco común no están en la lista principal y se adicionan como notas específicas. Los agentes químicos se han clasificado por el elemento principal (Vgr. Sodio, Sulfato) y no por la combinación química.

Para casos no contenidos puede llevarse a cabo una prueba de corrosión según ASTM A-224.

MATERIALES INCLUIDOS EN LA LISTA

ALUMINIO:	Aluminio comercial fundido, forjado o laminado.
BRONCE ACIDO:	Bronce resistente al ácido: 86% Cu, 3% Sn, 2% Zn. Y 9% Pb.
BRONCE CAÑON:	Bronce con 80-90 % Cu. Y 20-10 % Sn.
BRONCE NAVAL:	Bronce con 62-70% Cu.
BRONCE ALUMINIO:	Bronce con 90-95% Cu. Y 10-5 % Al.
LATON ROJO:	Latón con 90% Cu., 3% Sn. Y 7% Zn.
LATON AMARILLO:	Latón para usos comunes (maquinado libre).
ACERO:	Acero fundido, forjado o laminado con 0.3% de C aproximadamente.
HIERRO FUNDIDO:	Hierro usual en fundición gris.
HIERRO NIQUEL:	Fundición gris del tipo Ni-Resist.
NIQUEL:	Níquel comercial puro.

MONEL:	Composición general 68% Ni. Y 20% Cu.
INOX.18-8:	Acero inoxidable AISI-304 o similar.
INOX.18-8 MO:	Acero inoxidable AISI-316 o similar.
ALEACION 20:	Aleación Carpenter No. 20 aprox. 20% Ni, 30% Cr. Y 4% Cu.
VIDRIO:	Recubrimiento interno en vidrio.
PLOMO:	Recubrimiento interno en Pb.
BUNA "N":	Recubrimiento interno en Buna "N".
HULE:	Hule natural.
NEOPRENO:	Hule sintético.
HYPALON:	Hule sintético (Marca Reg. E.I. Du-pont Co.)
TEFLON:	Politetrafluoruro de etileno (Marca Reg. E.I. Dupont Co.)

OTROS MATERIALES DE USO ESPECIAL

HASTELLOY "B":	Aleación 28% Mo. Y 70% Ni. (Marca INCO.)
HASTELLOY "C":	Como la anterior pero 16% Cr, 12% Mo. Y 70% Ni.
ESTELITA:	Aleación autotemplable 30% Cr. Y 45% Cu.
TITANIO:	Comercialmente puro.
COLUMBIO:	Comercialmente puro.
ZIRCONIO:	Comercialmente puro.
TANTALIO:	Comercialmente puro.
INCONEL:	Aleaciones varias Ni, Cr y algo de hierro (INCO.)
VRSPEL:	Plástico poluido de Dupont.
PLASTICO:	Kinar o similar en válvulas.

EPOXY: POLIETILENO:	Recubrimientos epóxicos interiores. Tipo comercial o duro.
--------------------------------------	---

TABLA DE SELECCION DE MATERIALES

Esta tabla difiere con respecto a las más usuales, en que el acero al carbón está incluido junto a materiales más costosos. Los distintos compuestos químicos aparecen por orden alfabético, recomendándose los más adecuados para el servicio requerido. Dichas recomendaciones están basadas en estudios previamente publicados.

CODIGO EMPLEADO

- (Si) → Puede utilizarse y está siendo utilizado satisfactoriamente.
- (No) → No debe usarse.
- (Pr) → Proceda con precaución. Usese sólo bajo condiciones limitadas donde se permita una ligera corrosión ó en instalaciones temporales donde el costo de mejores materiales es muy alto.

NUMERO	AGENTE FLUIDO															NOTAS A OTROS								
		ALUMINIO	BRONCE ACIDO	BRONCE CARBON	BRONCE NAVAL	BRONCE ALUM.	LATON ROJO	LATON AMARILLO	ACERO	HIERRO GRIS	HIERRO NIQUEL	NIQUEL	MONEL	INOX. 18-8	INOX. 18-8 MO.		ALEACION 20	CRISTAL	PLOMO	BUNA "N"	HULE NAT.	NEOPRENO	HYPALON	TEFLON
	ESCORIA, BASICA	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E									
	ELECTROLITO EST.																		U					
	EPOXY, RESINAS							B	B					B	B	B		E						
	EPSOM, SAL	B	E											B	B	B		E						
	ETANO, AMINA							B	B					B	B	B		E						
	ETANO							E	B					B	B	B		E						
	ETANOL		B					B	B					B	B	B		E						
	ETANOL, AMINA					M		B						B	B	B		E	E	E	E	E	E	
	ETER	E	E	E	E	E	E	E	B		E	E	E	E	E	E	E	E	E	M	M	M	M	E
	ETIL, ACETATO	U	E	E	E			B			E	E	E	E	E		E	E	U	M	M	M	E	
	ETIL, ACRILATO																							
	ETIL, ALCOHOL	U	B	E				U	B		E	E	E	E	E		E	E	E	E	E	E	E	
	ETIL, CELULOSA													E	E	B	B	E	E	E	E	E	E	
	ETIL, CLOR. (SECO)	E	E	E	B			E	B		E	E	E	U	E	B		E	E	E	U	U	E	
	ETIL, CLOR. (HUM.)	B	E	E	B			E	B		E	E	E	U	E	B		E	E	E	M	E	E	
	ETIL, FORMIATO	B	B											B	B	B		E						
	ETIL, LACTATO		B					B						B	B	B		E					E	
	ETIL, MERCAPTANO				B									B	B	B		E						
	ETIL, NITRATO							B						B	B	B								
	ETIL, ESTEARATO		B	B				B																
	ETIL, SULFATO	E																	E	E	E			
	ETILENO	E	E					E	E					E	E	E		E					E	
	" HIDROCIANURO				B			B						B	B	B		E					E	
	" DICLORURO		B	B				B						E	E	E		E	M	M	M	M	E	
	" DIBROMURO		B											B	B	B								
	" GLICOL	B	E	B	E	U	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		E	E	E	E	E	E	
	" OXIDO	B	E					U	B					E	E	E		E	M	M	E			
	ESTANICO, CLOR.	M												M			E				E	E		TANTALIO - TI
	ESTEARICO, ACIDO	E			U									B	E			E		U	U	E		
	ESTEARINA		B	B				B						B	B	B								
	ESTREPTOMICINA			M	M	M	M	M		E	E	E	E	E	E	E		E	M					
	ESTIRENO	E		E				E						E	E				M	M	M	M	E	

a TABLA DE SELECCION DE MATERIALES

		ACERO AL CARBON	ACERO INOXIDABLE	ALUMINIO	BAJALLOY	BRONCE
Acuña combustible caliente	Fuel Oil, Hot	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Diesel ligero	Diesel Oil Light	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Castor	Castor Oil	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Coco	Cocunut Oil	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Lino en caliente	Lined Oil, Hot	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Madera de China	China Wood Oil (tung)	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Maíz	Corn Oil	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Oliva	Olive Oil	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Palma	Palme Oil	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Petróleo	Petroleum Oils	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Pasada a 70°F.	Fish Oils, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Hidráulica	Hydraulic Oil	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña lubricantes calientes	Lubricating Oils, Hot	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Mineral U. S. P.	Mineral Oil U.S.P.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Parafínicas	Paraffin Oils	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Vegetales a 70°F.	Vegetable Oils, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de semilla de Algodón	Cottonseed Oil	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Anís a 70°F.	Aniseed, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Azafrán a 70°F.	Saffron, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Butilo a 70°F.	Butyl Acetate, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Etilo a 70°F.	Ethyl Acetate, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Isopropilo	Isopropyl Acetate	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Plomo en caliente	Lead Acetate, Hot	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Níquel	Nickel Acetate	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Sodio a 70°F.	Sodium Acetate, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Vinilo	Vinyl Acetate	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña de Zinc	Zinc Acetate	Y	Y	Y	Y	Y
Acetona en ebullición	Acetone, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Acético a 70°F.	Acetic Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Acético 50% a ebullición	Acetic Acid, 50%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Acético 100%	Acetic Acid, 100%	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Acético 10% (vapores en caliente)	Acetic Acid vapors, 10%, Hot	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Acético 30% (vapores en caliente)	Acetic Acid vapors, 30%, Hot	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Acético 100% (vapores en caliente)	Acetic Acid vapors, 100%, Hot	Y	Y	Y	Y	Y
Anhidrido Acético en ebullición	Acetic Anhydride, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Arsénico a 2250°F.	Arsenic Acid, To 2250°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Benceno Sulfónico	Benzene Sulfonic Acid	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Benzoico caliente	Benzic Acid, To hot	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Bórico en ebullición	Boric Acid, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Bromhídrico	Hydrobromic Acid	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Bútrico a 150°F.	Butyric Acid, To 150°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Carbólico a 70°F.	Carbonic Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Carbónico a 70°F.	Carbonic Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Cianhídrico a 70°F.	Hydrocyanic Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Cítrico a 70°F.	Citric Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Cítrico 50% en ebullición	Citric Acid 50%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Clorhídrico 1% en ebullición	Hydrochloric Acid, 1%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Clorhídrico de 1/2 a 1% en ebullición	Hydrochloric Acid, 1/2 to 1%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Clorhídrico 1% en ebullición	Hydrochloric Acid, 1%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Clorhídrico (seco) a 500°F.	Hydrogen Chloride (dry), To 500°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Clorhídrico (seco) entre 500 y 950°F.	Hydrogen Chloride (dry) 500-950°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Clorhídrico 1% a 70°F.	Hydrochloric Acid, 1%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Clorhídrico del 1 al 20% a 70°F.	Hydrochloric Acid, 1-20%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Clorhídrico 20% a 70°F.	Hydrochloric Acid, 20%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Clorhídrico 1/2% a 175°F.	Hydrochloric Acid, 1/2%, 175°F.	Y	Y	Y	Y	Y

a TABLA DE SELECCION DE MATERIALES

		ACERO AL CARBON	ACERO INOXIDABLE	ALUMINIO	BAJALLOY	BRONCE
Acuña Clorhídrico del 1/2 al 2% a 175°F.	Hydrochloric Acid, 1/2 to 2%, 175°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Clorhídrico 1/2% a 175°F.	Hydrochloric Acid, 1/2%, 175°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Clórico a 70°F.	Chloric Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Cloro Acético 70°F.	Chloroacetic Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Clorosulfónico a 70°F.	Chlorosulfonic Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Cresílico en ebullición	Cresylic Acid, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Crómico a 70°F.	Chromic Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Crómico 10% en ebullición	Chromic Acid, 10%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Crómico 10% en ebullición	Chromic Acid, 10%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Estérrico a 400°F.	Stearic Acid, To 400°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fenilsulfónico	Phenylsulfonic Acid	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fluobórico	Fluoboric Acid	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fluosilícico	Fluosilicic Acid	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fluorhídrico 10-60% a 70°F.	Hydrofluoric Acid, 10-60%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fluorhídrico del 10 al 60% a 70°F.	Hydrofluoric Acid, 10-60%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fluorhídrico en ebullición	Hydrofluoric Acid, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fluorhídrico (seco) a 160°F.	Hydrogen Fluoride (dry), To 160°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fluorhídrico (seco) de 160 a 1100°F.	Hydrogen Fluoride (dry), 160-1100°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fluorhídrico y vapor a 1100°F.	Hydrogen Fluoride and steam, To 1100°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico a 70°F.	Formic Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 10% a 70°F.	Formic Acid, 10%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 15% a 175°F.	Formic Acid, 15%, 175°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 15% a 175°F.	Formic Acid, 15%, 175°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 25% en ebullición	Formic Acid, 25%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 25% en ebullición	Formic Acid, 25%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 50% a 70°F.	Formic Acid, 50%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 50% a 70°F.	Formic Acid, 50%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 50% en ebullición	Formic Acid, 50%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 50% en ebullición	Formic Acid, 50%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fósforico a 70°F.	Phosphoric Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fósforico 25% en ebullición	Phosphoric Acid, 25%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fósforico 25% en ebullición	Phosphoric Acid, 25%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 50% a 70°F.	Formic Acid, 50%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 50% a 70°F.	Formic Acid, 50%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 50% en ebullición	Formic Acid, 50%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fórmico 50% en ebullición	Formic Acid, 50%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fúrmico a 70°F.	Fumalic Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Fúrmico	Fumalic Acid	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Gálico en ebullición	Galic Acid, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Grasas a 70°F.	Fatty Acids, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Hidrosulfúrico a 70°F.	Hydrothiosulfuric Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Láctico 50% a 70°F.	Lactic Acid, 50%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Láctico 50% a 70°F.	Lactic Acid, 50%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Láctico 50% a 70°F.	Lactic Acid, 50%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Láctico 5% en ebullición	Lactic Acid, 5%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Láctico 15% en ebullición	Lactic Acid, 15%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Láctico 15% en ebullición	Lactic Acid, 15%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Malesico a 175°F.	Maleic Acid, To 175°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Mállico a 175°F.	Malic Acid, To 175°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Monocloroacético	Monochloroacetic Acid	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Nafaleno Sulfónico a 70°F.	Naphthalene Sulfonic Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Nafalénico en caliente	Naphthalenic Acid, To hot	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Nítrico en ebullición	Nitric Acid, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Nítrico (fumante) a 70°F.	Nitric Acid (fuming), 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Nítrico (fumante) en ebullición	Nitric Acid (fuming), To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Nítrico a 70°F.	Nitrous Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Óxalico a 400°F.	Oxalic Acid, To 400°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Óxalico	Oxalic Acid	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Óxalico 10% a 70°F.	Oxalic Acid, 10%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Óxalico 10% a 70°F.	Oxalic Acid, 10%, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Óxalico 50% en ebullición	Oxalic Acid, 50%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Óxalico 50% en ebullición	Oxalic Acid, 50%, To boiling	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Palmítico a 400°F.	Palmitic Acid, To 400°F.	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Petarqónico	Petarqonic Acid	Y	Y	Y	Y	Y
Acuña Pírico a 70°F.	Picric Acid, 70°F.	Y	Y	Y	Y	Y

d TABLA DE SELECCION DE MATERIALES		ACERO AL CARBONO	AISI-304	AISI-316	PA-20	MONEL	HASTELLOY	BRONCE
Dixido de Azufre pulverizado húmedo (spray) a 70°F	Sulphur Dioxide (spray) 70°F	No	No	No	Pr	Si	Pr	Pr
Dixido de Azufre (húmedo) a 70°F	Sulphur Dioxide (wet) 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Dixido de Azufre (seco) a 575°F	Sulphur Dioxide (dry) To 575°F	Pr	Si	Si	Pr	Si	No	Pr
Dixido de Carbono húmedo	Carbon Dioxide Wet	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Dixido de Carbono seco	Carbon Dioxide Dry	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Dowtherm en caliente	Dowtherm Hot	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
E								
Esmalte	Enamel					Si		
Estireno	Styrene	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Ester-Feniletilmalónico 70°F	Phenylethylmalonic Ester 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Etanolamina a 70°F	Ethanolamine 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Eter, isopropílico	Isopropyl Ether	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Eteres a 700°F	Ethers 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Eteres Orgánicos	Organic Ethers	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Etilbenzeno	Ethylbenzene	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Etilcelulosa a 70°F	Ethyl Cellulose 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Etilato de Sodio a 70°F	Sodium Ethylate 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Etilenclorhidrina a 70°F	Ethylene Chlorhydrin 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Etilenglicol a 70°F	Ethylene Glycol 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Etilmercaptano a 70°F	Ethyl Mercaptan 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
F								
Ferrocianuro de Potasio en ebullición	Potassium Ferrocyanide To boiling	No	Si	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Ferrocianuro de Potasio a 70°F	Potassium Ferrocyanide 70°F	No	Si	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Fenol en ebullición	Phenol To boiling	No	Si	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Fluoruro de Aluminio	Aluminum Fluoride	No	Si	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Fluoruro de Sodio a 70°F	Sodium Fluoride 70°F	No	Si	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Formaldehído en ebullición	Formaldehyde To boiling	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Formato de Metilo	Methyl Formate	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Fosfatos Ácidos para calderas	Boiler Acid Phosphate types	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Fosfato de Amonio a 70°F	Ammonium Phosphate 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Fosfato de Potasio a 70°F	Potassium Phosphate 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Fosfato de Sodio en ebullición	Sodium Phosphate To boiling	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Fosfato Trisódico	Sodium Phosphate	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Fósforo (líquido) caliente	Phosphorus (liquid) Hot	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Fosgeno a 70°F	Phosgene 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Freón a 70°F	Freon 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Furfural a 70°F	Furfural 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
G								
Gas (proveniente de productoras de gas)	Producer Gas	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Gas de Coke	Coke Oven Gas	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Gas natural	Natural Gas	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Gas para hornos	Blast Furnace Gas	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr

g TABLA DE SELECCION DE MATERIALES		ACERO AL CARBONO	AISI-304	AISI-316	PA-20	MONEL	HASTELLOY	BRONCE
Gasolina a 70°F	Gasoline 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Gasolina antiestática	Gasoline Antistatant	No	Si	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Gelatina a 70°F	Gelatin 70°F	No	Si	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Ginger Ale 70°F	Ginger Ale 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Glicerina a 70°F	Glycerine 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Glicerol	Glycerol	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Glucosa	Glucose Edible	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Glutamate de Sodio a 70°F	Sodium Glutamate 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Goma de Pino en caliente	Pinne Gum Hot	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Guajacaz	Shallac	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Grasa	Grease	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Grasa fundida	Grease Molten	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
H								
Hearing water treatments	Hearing water treatments							
Heptano (líquido)	Heptane (liquid)	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Hidróxido de Hidrazina	Hydrazine Hydrate	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Hidrocarburos (clorados)	Hydrocarbons (chlorinated)	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Hidrocarburos (alquilados)	Hydrocarbons (alkylated)	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Hidrocarburos Aromáticos	Aromatic Hydrocarbons	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Hidroquinona a 70°F	Hydroquinone 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Hidrosulfato de Zinc	Zinc Hydrosulphate	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Hidróxido de Aluminio	Aluminium Hydroxide	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Hidróxido de Amonio en ebullición	Ammonium Hydroxide To boiling	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Hidróxido de Calcio a 70°F (saturado)	Calcium Hydroxide 70°F (sat)	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Cloruro de Bario en ebullición 15%	Barium Chloride 15% To boiling	No	No	No	Si	Pr	Pr	Pr
Hidróxido de Bario en ebullición 30%	Barium Hydroxide 30% To boiling	No	No	No	Si	Pr	Pr	Pr
Hidróxido de Bario en ebullición 30%	Barium Hydroxide 30% To boiling	No	No	No	Si	Pr	Pr	Pr
Hidróxido de Magnesio a 70°F	Magnesium Hydroxide 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Hidróxido de Potasio a 70°F	Potassium Hydroxide 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Hidróxido de Potasio 40, 80% a 175°F	Potassium Hydroxide 40, 80% 175°F	No	Si	No	Si	Pr	Pr	Pr
Hidróxido de Potasio 40-80% a 175°F	Potassium Hydroxide 40-80% 175°F	No	Si	No	Si	Pr	Pr	Pr
Hidróxido de Potasio 30% en ebullición	Potassium Hydroxide 30% To boiling	No	Si	No	Si	Pr	Pr	Pr
Hidróxido de Potasio (fundido)	Potassium Hydroxide (molten)	No	No	No	Si	Pr	Pr	Pr
Hidróxido de Sodio 30% en ebullición	Sodium Hydroxide 30% To boiling	No	No	No	Si	Pr	Pr	Pr
Hidróxido de Sodio 30% en ebullición	Sodium Hydroxide 30% To boiling	No	No	No	Si	Pr	Pr	Pr
Hidróxido de Sodio a 70°F	Sodium Hydroxide 70°F	Si	Pr	Si	Pr	Si	Pr	Pr
Hidróxido de Sodio 40, 80% a 175°F	Sodium Hydroxide 40, 80% 175°F	No	No	No	Si	Pr	Pr	Pr
Hidróxido de Sodio 40-80% a 175°F	Sodium Hydroxide 40-80% 175°F	No	No	No	Si	Pr	Pr	Pr
Hidróxido de Sodio (fundido)	Sodium Hydroxide (molten)	No	No	No	Si	Pr	Pr	Pr
Hipoclorito de Calcio	Calcium Hypochlorite	No	Si	Pr	No	No	Pr	Pr
Hipoclorito de Calcio 12% a 70°F	Calcium Hypochlorite 12% 70°F	No	Si	Pr	No	No	Pr	Pr
Hipoclorito de Calcio 12% a 70°F	Calcium Hypochlorite 12% 70°F	No	Si	Pr	No	No	Pr	Pr
Hipoclorito de Potasio 12% a 70°F	Potassium Hypochlorite 12% 70°F	No	Si	Pr	No	No	Pr	Pr
Hipoclorito de Potasio 12% a 70°F	Potassium Hypochlorite 12% 70°F	No	Si	Pr	No	No	Pr	Pr
Hipoclorito (de Sodio)	Hypochlorites (Sodium)	No	Si	Pr	No	No	Pr	Pr
Hipoclorito de Sodio 12% a 70°F	Sodium Hypochlorite 12% 70°F	No	Si	Pr	No	No	Pr	Pr
Hipoclorito de Sodio 12% a 70°F	Sodium Hypochlorite 12% 70°F	No	Si	Pr	No	No	Pr	Pr
Hipoclorito de Sodio a 70°F	Sodium Hypochlorite 70°F	No	Si	Pr	No	No	Pr	Pr

t TABLA DE SELECCION DE MATERIALES		ACERO AL CARBON	AISI-304	AISI-316	FA-20	MONEL	HASTELLOY	BRONCE
Insecticida de Sodio a 70°F.	Sodium Thiocarbonate, 70°F	No	Si	Si		Si		Pr
Tiocianato de Amonio	Ammonium Thiocyanate							
Tiolseno	Thiolesene	No	Si	Pr	Si	Si		
Tinta a 70°F	Ink, 70°F.	No	Si	Pr	Pr	Si		
Torta nitrosa (fundida)	Niter Cake (fused)	Si	Si	Pr	Si	Si		
Tolueno en ebullición	Toluene, To boiling	Si	Si	Pr	Pr	Si		Si
Triclorobenceno	Trichloro Benzene							
Tricloro Etileno en ebullición	Trichlorethylene, To boiling	Si	Pr	Pr	Pr	Si		Pr
Tricloruro de Antimonio a 70°F.	Antimony Trichloride, 70°F.	No	No	No	Si	Si	Pr	
Tricloruro de Arsénico	Arsenic Trichloride							
Tricloruro de Boro a 70°F.	Boron Trichloride, 70°F.	Si	Pr		Si	Si		
Trietanolamina	Triethanolamine							
Trietilamina	Triethylamine							
Trifluoruro de Boro a 70°F.	Boron Trifluoride, 70°F	No	Si	Pr		Si		
Trifosfato de Amonio	Ammonium Triphosphate							
Trifosfato de Potasio	Potassium Triphosphate	Si	Si	Si	Si	Si		
Trifosfato de Sodio	Sodium Triphosphate	Si	Si	Si	Si	Si		
Trisulfato de Azufre (seco)	Sulphur Trioxide (dry)	Si	Pr	Si		Si		Si
Turpentina en ebullición	Turpentine, To boiling	Si	Pr	Si		Si		Si
U								
Urea a 70°F.	Urea, 70°F.	No	Si					
V								
Vapor	Steam	Si	Pr					

v TABLA DE SELECCION DE MATERIALES		ACERO AL CARBON	AISI-304	AISI-316	FA-20	MONEL	HASTELLOY	BRONCE
Vapor + CO ₂ + SO ₂	Steam + CO ₂ + SO ₂	No	Si	Si		Si		Pr
Barriz en caliente	Vertical Hot							
vehículos p/pinturas (excepto Soya)	Paint Vehicles (except Soya)	No	Si	Si		Si		Pr
Vinagre a 70°F.	Vinegar, 70°F.	No	Si	Si		Si		Pr
Vinagre + sal, a 70°F.	Vinegar + salt, 70°F.	No	No	Pr		Si		
Vinagre caliente (vapores)	Vinegar Fumes, To hot	No	Si	Pr		Si		Pr
Vino a 70°F.	Wine, 70°F.	No	Si			Si		Pr
Vitaminas a 70°F.	Vitamins, 70°F.	No	Si			Si		Pr
W								
Whiskey en ebullición	Whiskey, To boiling	No	Si	Si		Si		
X								
Xileno en ebullición	Xylene, To boiling	Si	Pr			Si		
Z								
Zanillo	Zanillo							Si

TABLA DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE CONSTRUCCION A LA ACCION CORROSIVA DE DIVERSOS LIQUIDOS A MANEJAR

A = Excelente B = Bueno C = Regular D = No recomendable En blanco = No hay datos

	Semicero	Aluminio Afeitado	Acero al Carbón	Bronce	Acero Inoxi- dable 316
Acéite Combustible (caliente)	B	A	B	B	A
Acéite de Coco	C	B	C	B	A
Acéite de Maíz	C	B	C	C	B
Acéite de Oliva	B	A	B	B	A
Acéite de Palma	C	A	C	B	A
Acéite de Pino	B	A	B	B	A
Acéite de Semilla de Algodón	C	A	C	B	B
Acéite Diesel Ligero	A	A	A	A	A
Acéite Mineral USP	B	A	B	B	A
Acéites de Pescado	B	B	B	B	A
Acéites de Petróleo	B	A	B	B	A
Acéites Lubricantes	A	A	A	B	A
Acéites Minerales	B	B	B	A	A
Acéites Parafínicos	B	A	B	A	A
Acéites Vegetales	B	A	B	B	A
Acetaldehído	C	B	C	D	A
Acetato de Amilo	C	B	C	C	A
Acetato de Butilo	A	A	A	A	A
Acetato de Etilo	C	B	B	C	B
Acetato de Isopropilo	B	B	B	B	B
Acetato de Metilo	B	A	B	A	B
Acetato de Sodio	C	A	C	B	A
Acetileno (seco)	A	A	A	B	A
Acetonas	A	A	A	A	A
Acido Acético Diluido	D	D	D	D	A
Acido Acético 55 % a 100 %	D	B	D	C	A
Acido Acético abajo del 50 %	D	C	D	C	A
Acido Acético Glacial	D	B	D	C	B
Acido Arsénico	D	D	D	D	B
Acido Benzóico	D	B	D	B	B
Acido Bórico	D	B	D	B	B
Acido Brómico	D	D	D	D	D
Acido Butírico	D	B	D	C	B
Acido Carbónico	D	A	D	B	B
Acido Carbónico	D	A	D	D	B
Acido Cianhídrico	C	A	C	D	A
Acido Cítrico	D	B	D	B	B
Acido Clorhídrico 1 a 20 %	D	D	D	D	D
Acido Clorhídrico + de 1 % (Eb)	D	D	D	D	D
Acido Clorhídrico + de 20 %	D	D	D	D	D
Acido Clorhídrico - de 1 %	D	D	D	D	D
Acido Clorhídrico (seco)	C	D	A	D	A
Acido Clórico	C	C	C	B	C
Acido Cloro Acético	D	B	D	B	C
Acido Cloro Sulfónico (seco)	B	B	B	B	B
Acido Cloro Sulfónico (húmedo)	D	D	D	D	D
Acido Crómico	D	C	C	C	B
Acido Crómico	D	C	D	D	C
Acido Estéarico	C	A	C	C	B
Acido Fluorhídrico	D	D	C	D	D
Acido Fórmico	D	D	D	B	B
Acido Fosfórico + 10 % (70°F)	D	D	D	D	B
Acido Fosfórico + 50 % (175°F)	D	D	D	D	B
Acido Fosfórico + 25 % (Eb)	D	D	D	D	B
Acido Fosfórico - 10 % (70°F)	D	D	D	D	B
Acido Fosfórico - 50 % (175°F)	D	D	D	D	B
Acido Láctico + 50 % (Eb)	D	C	D	D	B
Acido Láctico + 50 % (70°F)	D	C	D	D	B
Acido Láctico - 50 % (Eb)	D	B	D	D	A
Acido Láctico - 50 % (Eb)	D	A	D	D	A

A = Excelente B = Bueno C = Regular D = No recomendable En blanco = No hay datos

	Zinc	Aluminio Aleado	Acero al Carbón	Bronce	Acero Inoxidable 316
Acido Limoleico	B	A	B	B	A
Acido Maleico	B	B	B	B	B
Acido Málico	D	B	D	B	A
Acido Nítrico	D	D	D	D	A
Acido Nítrico Fumante	D	B	A	D	A
Acido Nítrico	D	D	D	D	B
Acido Oleico	C	B	C	B	B
Acido Oxálico	D	C	D	B	B
Acido Palmítico	C	B	C	B	B
Acido Pírico	D	B	D	D	B
Acido Salicílico	D	C	D	D	A
Acido Sulfúrico (húmedo)	D	D	D	D	B
Acido Sulfúrico (seco)	D	D	D	D	D
Acido Sulfúrico -- 1 % (Eb)	D	D	D	D	A
Acido Sulfúrico -- 10 % (175°F)	D	B	D	C	D
Acido Sulfúrico 10 a 80 % (175°F)	D	D	D	D	D
Acido Sulfúrico 80 a 90 % (175°F)	D	D	D	D	B
Acido Sulfúrico 90 a 95 % (Eb)	D	D	D	D	D
Acido Sulfúrico 93 a 98 % (70°F)	B	D	B	C	B
Acido Sulfuroso	D	C	D	D	B
Acido Tartárico	D	B	D	C	A
Acidos Grasos	D	B	D	B	A
Acetonitrilo	D	B	A	A	A
Agua Clorada	D	D	D	D	A
Agua Destilada	D	C	D	D	A
Agua Desmineralizada	D	D	D	D	A
Agua Acidulada	D	D	D	D	B
Agua en Ebullición	C	A	A	A	A
Agua sin Tratar	C	A	C	A	A
Agua Amoniacal	A	B	A	D	A
Alcohol Amílico	B	A	B	B	A
Alcohol Benzílico	B	B	B	B	A
Alcohol Butílico	B	A	B	B	A
Alcohol Diacetona	A	A	A	A	A
Alcohol Etilico (Eb)	B	A	B	B	B
Alcohol Isopropílico	B	B	B	B	B
Alcohol Metílico	B	A	B	B	A
Alcohol Propílico	B	A	B	B	A
Alcoholes	C	B	B	B	A
Alquitrán de Hulla	A	B	A	A	A
Alúmina	C	A	C	C	A
Aminas	A	A	A	A	A
Amoniaco Anhidro (líquido)	B	A	A	D	A
Ashidrido Acético	D	B	A	C	B
Anilina	C	C	C	C	B
Azufre Fundido	C	B	C	D	B
Benceno	B	B	B	B	B
Benzaldehído	D	B	D	B	A
Bicarbonato de Amonio	B	B	C	B	B
Bicarbonato de Potasio	B	C	B	B	B
Bicarbonato de Sodio	C	B	C	B	B
Bisulfito de Calcio	D	C	D	B	B
Bisulfato de Sodio (10 %)	D	D	D	B	A
Bisulfuro de Carbono	B	A	B	C	B
Bromuro de Potasio	D	C	D	C	B
Bromuro de Sodio (10 %)	D	B	C	C	B
Bisadeno	B	A	B	B	A
Bisano	B	A	B	A	A
Carbonato de Amonio	B	C	B	C	B
Carbonato de Calcio	D	C	D	C	B
Carbonato de Magnesio	A	A	A	A	A
Carbonato de Potasio	B	C	B	B	B
Carbonato de Sodio	B	D	B	B	B

A = Excelente B = Bueno C = Regular D = No recomendable En Mayúsculas: No hay datos

	Semiacero	Aluminio Aleado	Acero al Carbón	Bronce	Acero Inoxidable 316
Cera en Caliente	B	A	A	A	A
Cerveza y Maltas	D	A	D	A	A
Cetonas	A	A	A	B	A
Chocolates		A			A
Cianuro de Potasio	B	D	B	D	B
Cianuro de Sodio	B	D	B	D	B
Clorato de Calcio	C	C	C	B	B
Clorato de Potasio	B	C	B	B	B
Clorato de Sodio	C	C	C	B	B
Cloro Anhidro (líquido)	C	D	C	B	B
Cloro (húmedo)	D	D	D	D	B
Clorobenceno (seco)	B	B	B	B	A
Cloroformo	B	D	B	B	A
Cloruro de Aluminio	D	D	D	D	C
Cloruro de Amilo		D	A	A	B
Cloruro de Amonio	D	C	D	D	B
Cloruro de Azufre	D	D	D	D	D
Cloruro de Bario	C	D	C	B	C
Cloruro de Calcio	C	C	C	B	B
Cloruro de Etilo (seco)	B	B	B	B	A
Cloruro de Etilo (húmedo)	D	D	D	C	B
Cloruro de Litio	D	D	D	A	B
Cloruro de Magnesio	D	A	C	B	B
Cloruro de Metileno	B	B	B	B	B
Cloruro de Metilo	B	D	B	A	B
Cloruro de Níquel	D	D	D	D	A
Cloruro de Potasio	B	B	C	B	C
Cloruro de Sodio	C	B	C	B	B
Cloruro Estánico	D	D	D	C	D
Cloruro Estanoso	D	D	D	D	D
Cloruro Férrico	D	D	D	D	D
Cloruro Ferroso	D	D	D	B	D
Cresolitas	B	B	B	B	B
Cromato de Potasio	B	A	B	B	A
Cromato de Sodio	B	D	B	C	A
D D T		A			
Detergentes	B	D	B	C	A
Diacetona (alcohol)	A	A	A	A	A
Dicloruro de Etileno		D	A	B	A
Dicromato de Potasio	C	A	C	C	A
Dicromato de Sodio	B	D	B	C	B
Diamina	A	A	A	B	A
Dietilén Glicol	B	A	B	B	A
Difosfato de Amonio	D	B	D	C	B
Difosfato de Potasio	A	D	A	B	A
Difosfato de Sodio	A	D	A	B	A
Esteres	A	A	A	A	A
Estireno	B	A	A	A	A
Etanolamina		A	A		
Eter de Petróleo	B	A	A	A	A
Eter Isopropílico	B	A	A	A	A
Eteres	B	A	A	B	A
Eteres Orgánicos	B	A	A	B	A
Etilamina	A	A	A	A	A
Etilbenceno		A	A		
Etilen Diamina	A	A	A		
Etilén Glicol	B	A	A	D	A
Fenol	C	A	B	B	B
Fertilizantes en Solución	B	C	C	B	A
Ferricianuro de Potasio	C	B	C	D	A
Ferribenedido Frío	B	A	B	C	B
Fosfato de Amonio	D	B	D	A	B
Fosfato de Potasio	A	B	A	B	A

A = Excelente B = Bueno C = Regular D = No recomendable En blanco = No hay datos

	Aluminio Aluminio	Acero al Carbón	Bronce	Acero Inoxi- dable	Inxi- dable 316
Fosfato de Sodio	D	C	C	B	B
Freon 11, 21, 22	B	B	B	B	A
Freon 12	B	B	B	B	A
Furfural	B	B	B	B	A
Gasolina y Gas Avión	B	A	B	A	A
Gasolina Antioxidante	B	A	B	B	A
Glicerina	B	A	B	B	A
Glicerol	B	A	B	B	A
Glicol	B	A	B	B	A
Glucosa	B	A	B	A	A
Glutamato de Sodio		A		A	A
Grasa	A	A	B	A	A
Heptano	B	A	B	A	A
Hexano	B	A	B	A	A
Hexanol	A	A	A	A	A
Hidróxido de Aluminio	A	C	A	A	A
Hidróxido de Amonio	C	C	D	B	A
Hidróxido de Bario	C	C	C	B	A
Hidróxido de Calcio	B	D	B	B	A
Hidróxido de Magnesio	B	D	B	D	A
Hidróxido de Potasio	B	D	B	D	A
Hidróxido de Sodio (50 %/o)	B	D	B	D	A
Hipoclorito de Calcio	D	D	D	D	C
Hipoclorito de Sodio	D	D	D	D	C
Hiposulfato de Sodio		D	D	D	A
Hiposulfito de Sodio	D	A	B	A	A
Kerosina	B	A	B	A	A
Lacas y Solventes	C	A	C	A	A
L P G	B	A	B	A	A
Leche	D	A	D	A	A
Melazas	A	A	A	A	A
Metil Etil Cetona	A	A	A	A	A
Metil Isobutil Cetona	A	A	A	A	A
Mielas de Azúcar	B	A	B	A	A
Nafta	B	B	B	B	A
Naftaleno	B	B	A	B	A
Nitrato de Amonio	D	B	D	D	A
Nitrato de Plata	D	D	D	D	B
Nitrato de Potasio	B	B	B	B	B
Nitrato de Sodio	B	A	B	B	B
Nitrato Férrico	D	C	D	D	B
Nitrobenzeno	B	A	B	D	A
Nitroglicerina		A			A
Óleum	D	B	B	B	B
Oxido de Etileno	B	A	B	A	A
Parafina Caliente	B	A	B	B	A
Pasta Dentífrica	C	B	C	B	A
Percloro Etileno	B	B	B	C	B
Peróxido de Hidrógeno (conc)	D	A	D	D	B
Peróxido de Hidrógeno (diluido)	D	A	D	D	B
Petróleo	A	A	A	A	A
Pintura	A	A	A	A	A
Pirgalol	B	B	B	B	A
Potasa Cáustica	B	D	B	D	A
Propano Líquido	B	A	B	A	B
Propilén Glicol	B	A	B	A	B
Residuos Asfálticos	A	C	A	A	A
Ron	D	A	D	A	A
Sal	C	B	C	B	A
Salmuera Acida	D	C	D	C	A
Silicato de Sodio (Frio)	B	B	B	B	A
Solución de Jabón	C	B	A	B	A
Soluciones de Azúcar	B	A	B	A	A

A = Excelente B = Bueno C = Regular D = No recomendable En blanco = No hay datos

	Semiacero	Aluminio Alúmina	Acero al Carbón	Bronca	Acero Inoxi- dable 316
Sulfato de Aluminio	C	B	C	C	A
Sulfato de Amonio	C	B	C	B	B
Sulfato de Bario	C	D	C	C	B
Sulfato de Calcio	C	B	C	C	B
Sulfato de Cobre	D	C	D	D	B
Sulfato de Magnesio	B	B	B	B	B
Sulfato de Níquel	D	D	D	D	B
Sulfato de Potasio	C	B	B	B	B
Sulfato de Sodio	B	B	B	B	A
Sulfato de Zinc	D	D	D	B	A
Sulfato Férrico	D	D	D	D	B
Sulfato Ferroso	D	D	D	B	A
Sulfito de Sodio	B	C	B	D	B
Sulfuro de Bario	C	D	C	C	B
Sulfuro de Cobre	C	D	C	C	B
Sulfuro de Potasio	B	B	B	B	A
Sulfuro de Sodio	B	C	B	D	B
Tetracloruro de Carbono	D	C	D	D	B
Tetracloruro de Titanio	D	A	D	A	D
Tetraóxido de Plomo	C	B	C	B	B
Tinta	D	B	D	C	A
Tiosulfato de Sodio	D	B	B	C	A
Tolueno o Toluol	A	A	A	A	A
Tricloro Etileno	C	A	B	B	A
Trietanol Amina	A				A
Trietilen Glicol	A	A	A	A	A
Trifosfato de Amonio	D	B	D	C	B
Trifosfato de Potasio	A	B	A	B	B
Trifosfato de Sodio	B	D	B	B	B
Turpentina	B	B	B	B	B
Urea	D	B	D	B	B
Vaselina	B	A	B	A	A
Vinagre	D	C	D	A	A
Vino	D	A	D	A	A
Whiskey	D	A	D	A	A
Xileno (seco)	B	A	B	A	A
Xileno (húmedo)	D	C	D	C	A

- BIBLIOGRAFIA -

Capítulos I y II.

- 1.- BROWN INSTRUMENTS CO., "Flow Meter Engineering Handbook", 1946.
- 2.- KENT INSTRUMENTS, "Process Control Instrumentation", Catalogue, 1972.
- 3.- LIPTAK, L. G., "Instruments Engineers Handbook", Vol. 1, Chilton Book Co..
- 4.- SPINK, L. K., "Principles and Practice of Flow Meter Engineering", The Foxboro Company, Foxboro Mass., 9th Ed., 1972.
- 5.- "FLUID METERS, THEIR THEORY AND APPLICATION", 5th. Ed., Report of ASME Research Committee on Fluid Meter, 1959.
- 6.- NACI, NARCHI, J., "Ingeniería de Control Automático" Vol. 1, 1979, Ed. La Ilustración.

Capítulos III y IV.

- 7.- CAREY, JAMES A., DONN HAMMITT, "How To Select Liquid-Flow Control Valve.", Chemical Engineering,

- Desbook Issue, April 3, 1978, p.137.
- 8.- CAVON, JOHN, "Guidelines For Selecting Process Control Valves", *Chemical Engineering*, May 5, 1969, p. 105.
 - 9.- KEITH, GARETH A., "Características de Caudal de las Válvulas de Control", *Ingeniería Química*, Julio, 1978, p. 153.
 - 10.- DRISKELL, LESLIE R., "Practical Guide To Control Valve Sizing", *Instrumentation Technology*, June, 1967.
 - 11.- PAMELY-EVANS, O. G., "Control Valves-Characteristics And Design Aspects", *Control and Instrumentation*, December, 1970, p. 27.
 - 12.- WHELAN, T. H., "Use Computer to Select Optimum Control Valve", *Hydrocarbon Processing*, July, 1970, p. 103.
 - 13.- HAYS, A., BERGGREN, G., "Control-Valve Packing Success Depends on Proper Material, Design and Application", *Power*, September, 1975, p. 101.
 - 14.- HANTON, J. J., "Note Sur le Calcul des Vannes de Regulation", *Reveu Tudschrift*, Vol. 19, No. 1, p. 37.
 - 15.- DE IACO, A., "Selection of Control Valve Design", *Quaderni Pignone*, 19, p. 38.

- 16.- **FOLTER, D. G.**, "Control Valve Selection ... A Practical Guide", *Instrumentation Technology*, October, 1977, p. 55.
- 17.- **MARTIN, R. N.**, "Flow Noise Control Valve Design", *I. Chem. E., Symposium Series, No. 46*, p. P1.
- 18.- **ALLEN, ERNEST E.**, "Valves Can Be Quiet", *Hydrocarbon Processing*, October, 1972, p. 137.
- 19.- **STEBOLD, JAMES G.**, "How to Deduce Control Valve and Furnace Combustion Noise", *Hydrocarbon Processing*, March, 1972, p. 97.
- 20.- **BAUMANN, HANDS D.**, "Control-Valve Noise: Cause and Cure", *Chemical Engineering*, May 17, 1971, p. 120.
- 21.- "SIZING AND SELECTION DATA", *Catalog 17, Fisher Controls Co.*, June, 1976.
- 22.- **HAMMIT, D.**, "Control Valves-Where They are and Where They're Going", *Instruments and Control Systems*, October, 1976, p. 63.

Capítulo V.

- 23.- **FULLER, H.**, "Electric Valve Actuation", *Instruments and Control Systems*, July, 1976, p. 29.
- 24.- **CHO, CHUN H.**, "Actuating Large Control Valves Using Modular Electro-Hydraulic Systems", *Ins-*

truments and Control Systems, February, 1976.

25.- BAJNAN, H. D., "Important Trends in Control Valves and Actuators", *Instruments and Control Systems*, November, 1973, p. 21.

26.- O'KEEFE, W., "Valve Actuators", *Power*, April, 1973, Vol. 123, No. 4, p. 51.