



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**“ASPECTOS MECANICOS EN EL DISEÑO DE
UNA TORRE EMPACADA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O Q U I M I C O

P R E S E N T A N

IBERRI RAMIREZ JAIME

SILVA SALGADO MIGUEL HUGO

MEXICO, D. F.

1978

M-168641



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.

JURADO ASIGNADO

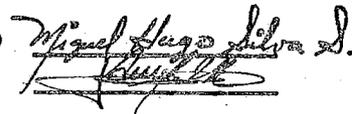
Presidente Prof. ADALBERTO TIRADO ARROYAVE
Vocal Prof. JOSE E. GALINDO FUENTES
Secretario Prof. CARLOS DOORMAN MONTERO
1er Suplente Prof. ALEJANDRO CARPY GUILLEN

**Sitio donde se desarrolló el tema: BIBLIOTECA DE LA FACULTAD
DE QUIMICA y BIBLIOTECA CENTRAL DE PETROLEOS MEXICANOS**

Asesor del tema:
CARLOS DOORMAN MONTERO



Sustentantes:
SILVA SALGADO MIGUEL HUGO
IBERRI RAMIREZ JAIME



A mis padres:

MARIO IBERRI MARTINEZ
CONSUELO RAMIREZ DE IBERRI
Con admiración, cariño y respeto
para quienes todo me han brindado

A mis hermanos:

MARIO, MANUEL y MARICELA
En reconocimiento al cariño y
apoyo mutuo, para que sigamos
fortaleciendolos.

En memoria de mi hermano:

JORGE IBERRI RAMIREZ
El compañero con el que
inicie el camino.

Agradecemos la valiosa y desinteresada colaboración que nos
brindaron las siguientes personas;

Ing. CARLOS DOORMAN MONTERO
Ing. ADALBERTO TIRADO ARROYAVE
Ing. JOSE E. GALINDO FUENTES
Ing. ALEJANDRO CARPY GUILLEN
Ing. MANUEL TEJADA DE LEON ARREDONDO

A nuestros amigos

Por que perdure nuestra
unión a traves del tiem
po y del recuerdo.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

A LA FACULTAD DE QUIMICA

A NUESTROS MAESTROS

Por sus enseñanzas y consejos.

INDICE

INTRODUCCION

I Introducci3n y generalidades

CAPITULO I Empaques

I empaques

I.a empaques naturales

I.b empaques manufacturados

2 materiales de construcci3n de los empaques

3 empaques m1s comunes

3.a anillos

3.a.1 anillos Raschig

3.a.2 anillos Lessing

3.a.3 anillos de partici3n cruzada

3.a.4 anillos espirales

3.a.5 anillos Pall

3.b sillas para empaquear

3.b.1 sillas Berl

3.b.2 sillas Intalox

3.c bolas de cer1mica

3.d empaques Panapak y Spraypak

3.e empaques Goodloe

3.f empaques de alta eficiencia

3.f.1 empaques Stedman

3.f.2 empaques de malla

3.f.3 empaques Cannon

3.f.4 h3lices-"telleretes"

CAPITULO II Arreglos y m3todos de instalaci3n del empaque

I instalaci3n del empaque en un arreglo apilado

I.a arreglo apilado modelo diamante "M"

I.b arreglo apilado modelo cuadrado "R"

2 instalaci3n del empaque en un arreglo amontonado (azarr)

2.a m3todo de v1a h3meda

2.b m3todo de v1a seca

2.c m3todo del cono

CAPITULO III Mantenimiento

- I generalidades
- 2 tipos de deterioro del equipo
 - 2.a desprendimiento o desarmado de partes del equipo
 - 2.b rompimiento y desgaste de partes del equipo
 - 2.c bloqueo o ensuciamiento en el equipo

CAPITULO IV Soporteria del empaque

- I generalidades
- 2 efecto de la soporteria sobre el lecho empacado
 - 2.a efecto de los platos planos
 - 2.b efecto de los platos de malla
 - 2.c efecto de los platos de anillos Raschig
 - 2.d efecto de los platos tipo presa "inyectores de gas"
- 3 tipos de soportes
 - 3.a platos planos
 - 3.b platos tipos presa "inyectores de gas"
 - 3.c platos de malla
 - 3.d soporte de rejillas de barras

CAPITULO V Platos distribuidores y redistribuidores de flujo

- I generalidades
- 2 platos distribuidores de flujo
- 3 tipos de platos distribuidores de flujo
 - 3.a tipo orificio
 - 3.a.1 tipo orificio en diseño de cacerola
 - 3.a.2 tipo orificio en diseño de escalera
 - 3.b tipo presa
 - 3.b.1 tipo presa en diseño de cacerola
 - 3.b.2 tipo presa en diseño de tina
- 4 platos redistribuidores de flujo
 - 4.a tipo escurridores de pared

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

Y

G E N E R A L I D A D E S

INTRODUCCION.

La realización de este trabajo es con el fin de brindar una información lo más clara y completa posible sobre los aspectos mecánicos que involucran el diseño de una torre empacada.

Los aspectos mecánicos en el diseño de una columna empacada presentan las características tanto físicas como químicas que deben llevar cada una de las partes que son utilizadas en dicha columna. Como propiedades químicas tenemos por ejemplo el tipo de material de construcción para evitar problemas en el funcionamiento de la columna, los cuales pueden ser del tipo de contaminación o bien de corrosión, etc.; mientras que entre propiedades físicas podemos mencionar su espesor, tamaño, resistencia mecánica, etc.

Es importante sin embargo, también tomar en cuenta otras propiedades adherentes al empaque utilizado, como es el espacio libre que pueda presentar, así como la aspereza que contenga.

Estas variables que están relacionadas con el lecho empacado, son las que estudiaremos en los capítulos siguientes de este trabajo. Las variables relacionadas con los flujos presentados en el proceso (densidad, viscosidad, velocidad del flujo, etc.), no serán analizadas en este estudio.

El objetivo principal de este trabajo, es el de solventar las preguntas y dudas que resultan al estudiar el comportamiento y diseño de una torre empacada en un curso normal de ingeniería química; en el cual se discute fundamentalmente el diseño de este equipo, sin analizar el problema de la construcción en sí de las partes integrantes del equipo. Esto es debido a que en dicho curso, tomando en cuenta lo extenso del programa a cubrir, y el tiempo tan restringido no se le da la importancia requerida a este aspecto en el diseño de una torre empacada.

Este trabajo enfoca el diseño mecánico en la construcción de cada una de estas partes (empaque, platos soporte del empaque, retenedores y limitadores del lecho, y distribuidores de flujo.), comparando los diferentes tipos de diseño de estos y modelos comerciales que --

son construidos por los proveedores.

Dicho enfoque presenta dos puntos fundamentales que son:

- 1.- La función que desempeña cada uno de estos equipos y los efectos producidos.
- 2.- Presentar toda la información posible sobre el diseño, propiedades, ventajas y desventajas de cada uno de los distintos tipos de construcción y modelos.

El análisis de este estudio sobre el empacado de una columna, no va dirigido a la obtención de cálculos matemáticos que se involucren en el diseño tanto en el caso de determinar el tamaño o dimensiones de la torre, como en el caso de determinar las dimensiones y características de cada una de las partes que constituyen el equipo. De tal manera, que ya se ha dicho, enfoca el funcionamiento de cada parte del equipo, los efectos que se originan en ellas y la comparación de los diferentes modelos que los proveedores construyen.

GENERALIDADES.

Muchas operaciones en la industria de los procesos químicos implican la transferencia de masa de una fase a otra. Generalmente, un componente de la fase se transferirá en mayor medida que otro; consiguientemente, se ocasiona una separación de los componentes de la mezcla. Por ejemplo, el petróleo crudo puede separarse en varios componentes mediante transferencia de masa entre una fase y otra. El ingeniero químico está interesado en la distribución de los componentes entre las dos fases en equilibrio y con la velocidad de transferencia de los componentes de una fase a otra.

La velocidad de transferencia de masa debe tomarse en consideración para el diseño del equipo en donde las dos fases van a estar en contacto ya sea continuo o discontinuo y en donde va a existir un intercambio de masa entre las fases.

En muchas operaciones de transferencia de masa, el equipo se ha diseñado para proporcionar contactos discontinuos de las fases en una serie de pasos. Los cálculos iniciales usados en el diseño del

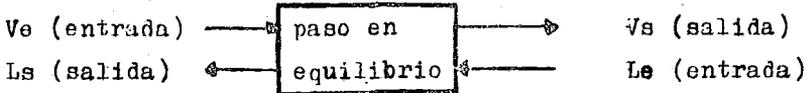
equipo o en la valorización del comportamiento del equipo existente, se basan en las relaciones sencillas estequiométricas y de equilibrio.

Un paso estación o etapa, se define como una unidad de equipo, en la cual dos fases diferentes se ponen en contacto íntimo y se procede a separarlas mecánicamente. Durante el contacto se difunden varios componentes de la mezcla, redistribuyéndose entre las fases. Las dos fases resultantes se han aproximado al equilibrio y por lo tanto tienen composiciones diferentes a las de las fases iniciales. Mediante contacto y separaciones sucesivas de fases diferentes (operación de contacto múltiple) es posible llegar a grandes cambios en la composición de las fases. En un paso de equilibrio; las dos fases se encuentran bien mezcladas durante un tiempo suficiente que permita establecer el equilibrio termodinámico entre las fases que se procesan en el paso en el equilibrio, ningún cambio neto de composición posterior de las fases es posible, dando un conjunto de condiciones de operación ya establecidas. En el equipo industrial real, no es usual disponer del tiempo necesario para que toda la mezcla llegue al equilibrio. Por consiguiente, un paso real no lleva a cabo un cambio tan grande en la composición, como un paso en equilibrio.

La eficiencia del paso se define como el cociente en el cambio de composición de un paso real, y de un paso en equilibrio. Las eficiencias de paso para el equipo industrial oscilan entre unas cuantas unidades de, hasta casi el 100%. Puesto que con un paso en equilibrio se consigue el mayor cambio posible en la composición para un conjunto dado de condiciones de operación, se le llama también paso ideal o teórico.

Los cálculos de las necesidades del equipo para operaciones industriales de múltiples pasos, requieren generalmente determinar el número de pasos en equilibrio, seguidos por la aplicación de la eficiencia del paso para dar el número de pasos reales requeridos.

Un paso en equilibrio se puede representar esquemáticamente en la forma siguiente:



Dos fases, V_e y L_e se mezclan y se dejan llegar a un equilibrio. Las fases se separan después mecánicamente y dejan el paso como V_s y L_s de salida, las cuales están en equilibrio una con respecto a otra un ejemplo cotidiano de una operación de transferencia de masa de un solo paso, es el que nos ofrece una cafetera al vacío. En ella el agua caliente (V_e) y el café molido (L_e) se ponen en contacto con el objeto de distribuir los constituyentes solubles del café entre el líquido y el sólido. Si se deja pasar un tiempo suficiente, el café disuelto llegará a estar en equilibrio con el café molido. La solución de café (V_s) se separa mecánicamente (colandola), por ejemplo de los granos (L_s). En general la manera real de hacer el café, el tiempo de contacto, la relación de agua a café (V_e/L_e) y la eficiencia de el paso, determina cuando el café está débil o fuerte.

EQUIPO PARA OPERACIONES DE CONTACTO DISCONTINUO.

El equipo para operaciones de contacto discontinuo varía ampliamente en tamaño y en los detalles de construcción, siendo todos ellos fundamentalmente parecidos.

En general, cada paso del equipo mezcla las dos fases de entrada tan completamente como sea posible para que el material pueda ser transferido lo más rápido que se pueda de una fase a otra. Cada paso separa las fases resultantes lo más completamente posible, transfiriéndolas después a pasos sucesivos. Hay equipo industrial que consiste en un solo paso, pero más a menudo se emplean unidades de múltiple contacto con flujos a contracorriente de las dos fases. Las operaciones de múltiple contacto permiten cambios mayores en la composición de las dos fases de lo que puede obtenerse en un solo paso.

Los nombres que generalmente se acompañan a las operaciones de transferencia de masa evolucionaron antes de que fueran comprendidas plenamente las similitudes entre las operaciones discontinuas. La diferencia primaria entre las diversas operaciones de contacto discontinuo, es la naturaleza de las dos fases implicadas en cada opera-

ción. En la destilación, una fase vapor entra en contacto de una fase líquida, y la masa se transfiere tanto del líquido al vapor como del vapor al líquido. El líquido y el vapor contienen generalmente los mismos componentes, pero en cantidades relativas diferentes. El líquido está en su punto de burbuja, y el vapor en equilibrio está en su punto de rocío. La masa se transfiere simultáneamente del líquido por vaporización y del vapor por condensación. El efecto neto es un aumento en la concentración del componente más volátil en el vapor por un aumento en la concentración del componente menos volátil en el líquido. La vaporización y la condensación implican los calores latentes de vaporización de los componentes; y por consiguiente los efectos térmicos deben ser tomados en cuenta en los cálculos de destilación. Los líquidos con diferentes presiones de vapor a la misma temperatura pueden separarse por destilación. Por ejemplo el petróleo crudo puede separarse en un gran número de fracciones tales como gases ligeros, naftas, gasolinas, querosinas, etc.

La operación de transferencia de masa que se llama absorción gaseosa incluye la transferencia de un componente soluble de una fase gaseosa a un absorbente líquido relativamente no volátil. En el caso más sencillo de la absorción gaseosa, ninguno de los absorbentes líquidos vaporiza, y el gas contiene solamente un constituyente, el cual se disolverá en cualquier cantidad. Por ejemplo el amoníaco presente en una mezcla aire-amoníaco, se disuelve en agua líquida a temperatura ambiente; puesto que es soluble en agua, en tanto que el aire es casi insoluble. El agua no vaporizará en una forma apreciable a temperatura ambiente. Por tanto solamente se transferirá el amoníaco de la fase gaseosa al agua. En vista de que el amoníaco se transfiere a la fase líquida, su concentración aumentará hasta que el amoníaco disuelto este en equilibrio con aquel presente en la fase gaseosa. Cuando este equilibrio se alcanza, ya no se transferirá más amoníaco, puesto que ya no hay potencial (concentración) necesario para la transferencia de masa.

A menudo, los efectos térmicos de la absorción son pequeños. El -

absorbente líquido se encuentra por abajo de su punto de burbuja, y la fase gaseosa está muy por encima de su punto de rocío. Una diferencia adicional entre la destilación y la absorción gaseosa es que las fases líquido y gas generalmente no contienen los mismos componentes.

Agotamiento o desabsorción es el proceso opuesto a la absorción. En este caso el gas soluble se transfiere del líquido a la fase gaseosa, en virtud de que la concentración en el líquido es mayor de la que está en equilibrio con el gas y el potencial (concentración) es el opuesto al existente en el caso de la absorción. Por ejemplo, el amoníaco puede agotarse de una solución acuosa mediante el burbujeo de aire fresco a través de la solución. En vista de que el aire que entra no contiene amoníaco, en tanto que el líquido sí lo contiene, la transferencia se hará del líquido al gas.

El equipo utilizado para el contacto múltiple del líquido y del gas en la destilación o bien en la absorción gaseosa, comprende columnas o torres con placas perforadas o bien provistas de cachuchas. Una sección de tres pasos de una columna con placas o con cachuchas típicas es la que se muestra en la figura I-1. Tales placas son generalmente circulares y pueden variar en sus dimensiones de unas cuantas pulgadas hasta unos 10 metros de diámetro; dependiendo de la cantidad de material que va a procesarse. El gas o vapor (fase V) fluye hacia arriba a través de la placa y se dispersa finalmente en el líquido mediante las cachuchas. La construcción de las cachuchas se muestra en la figura I-2, haciendo mínimas las fugas del líquido a través de los canales de gas. El líquido fluye a través de la placa y de ahí pasa hacia abajo al plato siguiente. Por esta razón se llaman estas placas de flujo cruzado.

Anteriormente se analizaron aquellas operaciones de transferencia de masa que utilizan un contacto discontinuo de las dos fases, mediante equipo de pasos o etapas. El concepto de paso en equilibrio se supuso que era el de dos fases, que dejaban una estación que estaba en equilibrio.

EQUIPO PARA OPERACIONES DE CONTACTO CONTINUO.

Ahora consideraremos la transferencia de masa mediante un equipo que proporciona un contacto continuo de las dos fases.

En el equipo de contacto continuo, es necesario considerar la velocidad de transferencia y el tiempo de contacto de las fases.

Se utilizarán conceptos de potencial y de resistencia en la transferencia de masa.

La ecuación de diseño para la transferencia de masa es:

$$dA = - \frac{d(Vca)}{K(Ca - Ca^*)} = - \frac{d(Lca)}{K(Ca - Ca^*)}$$

La cual es perfectamente general, cualquiera que sea la operación ya sea absorción, destilación, extracción, etc.

Al aplicar la ecuación anterior debe poderse disponer de la siguiente información:

- 1.- Cantidades de flujo y composiciones que permitan el establecimiento del balance de material.
- 2.- Relaciones de equilibrio entre las dos fases en contacto.
- 3.- Conocimiento acerca de la velocidad de transferencia bajo la forma de un coeficiente de transferencia de masa.

EQUIPO PARA LA TRANSFERENCIA DE MASA.

Un requisito fundamental en todos los procesos en los cuales se pretende propiciar un intercambio de masa, es proporcionar grandes áreas de contacto entre las fases. Por esta razón, las torres empacadas o las columnas de aspersión se utilizan muy frecuentemente en las industrias de proceso químico.

Las torres empacadas se emplean para un contacto continuo a contracorriente de dos fases, y son torres verticales llenas de un material adecuado que tiene una gran área superficial. La figura I-3 muestra los componentes principales de una torre empacada.

La fase L entra por la parte superior de la columna, y se distribuye sobre la superficie del empaque, ya sea mediante espreas o mediante placas distribuidoras. En la mayor parte de las operaciones

de transferencia de masa, la fase L será un líquido; así que éste, gracias a una buena distribución inicial fluirá hacia abajo a través del empaque siguiendo caminos tortuosos; exponiéndose por tanto a una gran área superficial para contactar la fase V que sube. Esta fase V, entrará por el fondo de la torre y subirá siguiendo también senderos tortuosos. La fase V para la absorción y para la destilación, es un gas o un vapor, y en la extracción es un líquido.

La columna en sí, no es otra cosa que un recipiente cilíndrico - como un pedazo de tubo. Debe tenerse cuidado en la selección de los materiales adecuados de construcción de acuerdo con los productos químicos que se van a procesar. La simplicidad en el recipiente y en el ensamble de todas las partes, es una de las ventajas más estimadas de las columnas empacadas.

CAIDA DE PRESION EN COLUMNAS EMPACADAS.

La caída de presión en una torre empacada, está influenciada tanto por las velocidades de flujo de líquido, como del gas según se puede ver en la figura I-4 el flujo del gas a través del empaque de la torre es generalmente turbulento; consecuentemente la pendiente de la curva C es aproximadamente 2, como se podría predecir mediante la ecuación de caída de presión para el flujo turbulento. Para una velocidad constante del gas, la caída de presión aumenta al acrecentarse la proporción del líquido, como puede observarse por la línea G de la figura citada.

Cada tipo de material de empaque tiene un volumen vacío fijo para el pasaje de líquido; así que a medida que la proporción de líquido aumenta, los vacíos se llenan con líquido reduciendo así el área de sección transversal disponible para el flujo del gas.

La naturaleza del empaque errático es tal, que una miríada de pérdidas por expansiones y contracciones, así como una turbulencia considerable se crean por el flujo de los dos fluidos alrededor de los elementos individuales de empaque sólido. La caída de presión -

es una combinación de la fricción de la superficie y del drag de la forma, predominando este último para velocidades altas. Existe una relación directa entre los coeficientes de superficie para la transferencia de calor y de masa, y la fricción de la película; así que es ventajoso tener un porcentaje alto de la caída total de presión que se pueda atribuir a la fricción en la superficie. Se ha estimado que no más del 10% de la caída de presión es debida a la fricción superficial de la película.

Volviendo a la figura I-4, consideraremos la línea A, línea de gasto constante de líquido, e imaginemos que tenemos una columna transparente. Hasta el punto I sobre esta curva, la característica de caída de presión es bastante similar a la del empaque seco (C). La pendiente de esta porción de la línea es aproximadamente la misma que para la de la curva seca; sin embargo la caída de presión es mayor. Esta caída de presión más grande se debe al bloqueo de parte de los vacíos existentes, por el líquido; y también a que las superficies se vuelven ásperas debido a las ondas. La observación visual del empaque indicaría un descenso ordenadamente errático, si cabe la expresión, de líquido a través del empaque sin que se observe que el líquido sube. En el punto I tiene lugar un cambio en la pendiente, lo que indica que la caída de presión aumenta más rápidamente al incrementarse la velocidad del gas. Este punto puede que no sea lo suficientemente distinto, como para permitir la observación de cualquier cambio en el patrón de flujo o en sus características. Quizá sería posible observar un incremento en la cantidad de líquido retenido en la sección empacada. La cantidad de líquido retenido se llama "secuestro".

El punto I se denomina el punto de carga, y la dependencia aumentada de la caída de presión sobre la velocidad del gas es una consecuencia del drag entre las fases. Cuando se pasa el punto I, la observación visual muestra una mayor cantidad de líquido secuestrado. Tal vez la observación muestre una capa de líquido en la parte superior del empaque, y un llenado gradual de los vacíos presentes den--

tro del empaque, con el líquido. El líquido ha llenado así una gran parte del empaque, y el gas tiene que burbujear a través de él. Esta condición es llamada algunas veces "inundación visual". Para un gasto de gas ligeramente superior al que corresponde a la inundación visual, tiene lugar un segundo cambio en la pendiente de la línea de caída de presión (punto 2). Este punto es más fácil de reproducir -- que la observación visual y se considera generalmente como el punto de inundación. En este punto la fuerza de drag del gas que burbujea a través del líquido, es bastante importante; cada gasto de líquido -- tiene sus puntos de carga y de inundación.

La operación de las torres empacadas no es práctica por encima del punto de carga. Colburn presentó métodos para el cálculo de la velocidad óptima del gas a través de una columna empacada. En aras de simplicidad y de seguridad, las torres empacadas se diseñan utilizando velocidades del gas de un 50 a un 75% de la velocidad de inundación para el gasto esperado de líquido. Este diseño asegurará normalmente una operación estable, por abajo de la carga y proporcionará un humedecimiento en toda la superficie del empaque.

VARIABLES EN SISTEMAS DE LECHOS.

Una evaluación relativa de la caída de presión a través de un sistema de empaques requerido, es estudiando la naturaleza de las variables sobre las cuales depende la caída de presión.

A parte de éstas, otras intermediarias también son necesarias para evaluar esta variable. Las variables que determinan la caída de presión deben ser clasificadas en dos grupos:

I.- VARIABLES RELATIVAS AL FLUIDO PASANDO SOBRE EL LECHO:

- 1.- Velocidad másica del fluido.
- 2.- Densidad del fluido.
- 3.- Viscosidad del fluido.

II.- VARIABLES RELATIVAS A LAS CARACTERISTICAS DEL LECHO:

- 1.- Espacio libre y orientación de las partículas del lecho.
- 2.- Diámetro de las partículas.
- 3.- Superficie aspera de las partículas.

La determinación de ésta segunda clasificación sobre los flujos a través de los lechos empacados es la que nos interesa en el presente trabajo.

ESPACIO LIBRE DE LA PARTICULA:

Posiblemente una de las variables más importantes a cuantiar en el diseño y operación de los lechos empacados se refiere al porcentaje de espacio libre o huecos en el empaque. Se ha observado que la caída de presión es sensitiva grandemente al espacio libre; además también esta directamente relacionada con la densidad del lecho, por lo cual debe ser considerada en la definición de las velocidades de flujo.

El espacio libre depende en gran parte de la forma en que sea cargado con él, el recipiente, si las partículas son rápidamente introducidas tendrá una densidad de lecho menor que si es cargado más lentamente, ya que entonces las partículas tendrán la posibilidad de irse acomodando en una forma más estable conforme se agreguen más partículas. Debe notarse que da mayor funcionamiento un lecho con la menor densidad de espacio libre posible, dado que presenta mayor área de contacto. Aquí también cabe mencionar la condición de superficie de la partícula debido a que partículas con apreciable superficie aspera tendrán una tendencia a llenar un vacío mientras descenden ocasionando una desuniformidad en el flujo, formando las partículas un "looser" y posiblemente un lecho de menor homogeneidad en el recipiente.

La forma de la partícula afectará al espacio libre en forma similar, de tal manera que se formarán granulos o partículas irregulares en un lecho de gran espacio libre (y no partículas esféricas). Los cilindros de gran diámetro dan una gran densidad de lecho, así como también las combinaciones de partículas diferentes.

Durante la operación de un lecho empacado, salvo en algunas circunstancias la tendencia del espacio libre va en decremento, esto es debido principalmente a la forma de ser cargado el empaque. Las causas principales de que esto ocurra son en primer lugar las vi-

braciones de la planta, partículas rotas, o formación de depósitos - sobre las partículas del lecho.

La ruptura de las partículas es causada más frecuentemente por fenómenos acompañados de reacciones químicas y físicas, una causa particular es el cambio periódico de la temperatura.

A continuación haremos una comparación de diferentes tipos de empaque para evaluar la variación de espacio libre.

La figura IV-5 presenta datos experimentales de espacio libre pertenecientes a una variedad de partículas (esferas y cilindros), dichos datos son presentados cuando el recipiente ha sido cargado normalmente y cuando además ha sido reacomodado el empaque; Los diámetros de los recipientes varían de 1/2 a 4 pulgadas, y partículas de 0.08 - 0.73 pulgadas, estas partículas son generalmente extendidas para ser usadas también para sistemas de fluidización.

La correlación en términos de D_p/D_t , indica que el efecto de la pared es significativo. El efecto de la pared describe una condición de la densidad del lecho empacado cerca de la pared del recipiente, debido a la curvatura de la parte de dentro de la pared del recipiente; las partículas de un tamaño dado no aprovechan la consideración de que la pared del recipiente sea plana, los anillos de grandes espacios libres deben ser fabricados de tal manera que el efecto de la pared pueda no ser omitido para D_p/D_t menores de ocho. Aún sin embargo otras investigaciones han concluido que no se debe desprestigiar este efecto para valores menores de ocho, llegando a estimar perfiles de velocidad donde se creían inexistentes teniendo una máxima pronunciación cerca de la pared.

Los datos de la figura IV-5 son valores de porcentajes realizados sobre toda la sección. Unas extrapolaciones a $D_p/D_t = 0$, son justificadas dando datos de espacios libres en recipientes para los cuales el efecto no es muy sentido, entonces los datos pueden ser usados para comparaciones directas de empaques.

Una comparación de esta clase está dada en la tabla IV-5 para cilindros lisos, esferas lisas y partículas de magnetita.

Los datos pertenecen a un recipiente de 3 pulgadas de diámetro interno, y empaque de 1 pulgada de altura, las características del factor esférico de los lechos son indicativos de la relativa caída de presión. En todos los casos las partículas finas dan los valores más bajos, mientras que los valores grandes los dan los cilindros (las áreas de superficie en este caso son grandes para las partículas de magnetita). Los valores fueron obtenidos sobre la base de una estimación de un factor esférico del diámetro de un valor de 0.58.

Las áreas totales de superficie como lo muestra la tabla IV-5 no son necesariamente indicativas de las condiciones de un lecho empacado, esto es también debido a porciones substanciales de los empaques que deben venir inactivos por estar bloqueados, lo cual es especialmente cierto para partículas de forma irregular, siendo de menor extensión para cilindros y esferas.

Desafortunadamente hay pocos métodos satisfactorios para hacer este análisis, por lo que se hacen sólo estimaciones de la eficiencia de los empaques.

Los datos de la figura IV-5 pertenecen a las partículas denominadas "no vesiculares" que son partículas que poseen algunas pequeñas porosidades internas.

Los métodos usuales de determinación de porosidad son basados en una inmersión sobre un líquido, estos métodos pueden incurrir en errores de una magnitud significativa si las partículas son de poros grandes como es el caso por ejemplo del coke.

De tal modo que las condiciones de determinación de espacio libre son al parecer un problema de considerable complejidad en los cálculos para un flujo a través de un lecho empacado.

TAMAÑO DE PARTICULA.

El efecto del tamaño de partícula al espacio libre, debido a que este último tiene acción sobre la resistencia al flujo, la involucra en forma indirecta. También se involucra en forma directa debido a que considerando lechos compuestos de cilindros y anillos

de valores equivalentes de D_p , esencialmente el mismo espacio libre para iguales velocidades de flujo y usando además recipientes idénticos, la caída de presión es mayor para el lecho cilíndrico por lo que la diferencia entre ellos se atribuye al tamaño de partículas.

Es interesante analizar brevemente cuales pueden ser las causas de este incremento en la caída de presión. Puede ser razonable que al agregar fracciones de partícula en forma de arrastre a lo largo de la superficie ocasione este comportamiento, esto es particularmente cierto para rangos de flujo laminar que esta caracterizado para flujos con $Re.$ de diez; Para flujo turbulento los efectos son distintos debido a que en este rango parece ser que las contracciones y expansiones de flujo asumen una gran importancia.

Examinando esta posibilidad se observa que la orientación de las partículas además de la influencia que tienen sobre el espacio libre también la tienen para la resistencia al flujo.

De este modo puede ser deducido que el porcentaje desocupado sea tomado en consideración por lo que es razonable esperar que el tamaño de partícula sí influencie en la caída de presión.

Para poder llevar a cabo una evaluación de esta variable se calcula el factor de tamaño en partículas con geometría regular como las que presentan los cilindros y anillos. Los factores de tamaño para estas partículas estan dadas en las figuras 6,7 en términos de "dimensiones de partículas", en donde las esferas tendran el valor de uno.

Para partículas encimadas una sobre otra pueden ofrecer algunas dificultades, por lo que para obtener un valor y poder llevar a cabo una evaluación de esta variable se calcula el factor de tamaño de partículas tomando como base el factor para un acomodo sencillo. Esto se facilita más si las partículas no poseen porosidad.

Para obtener valores satisfactorios se hacen suficientes experiencias. Llevando a cabo este procedimiento se ha obtenido un rango de valores del factor de tamaño que va aproximadamente de uno hasta 0.5.

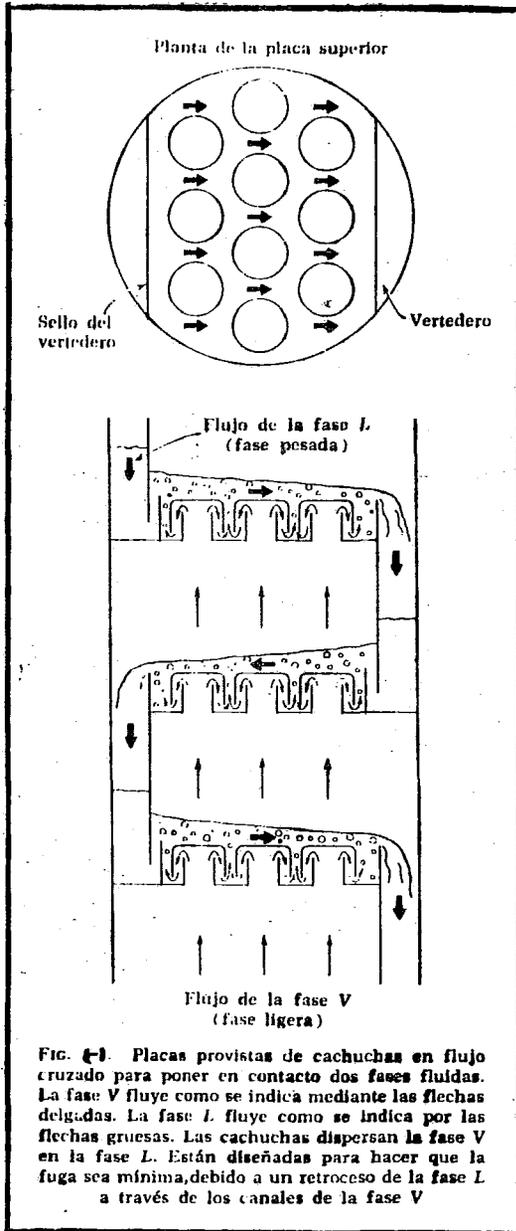
SUPERFICIE ASPERA DE LAS PARTICULAS.

Es bien sabido que para un flujo las arrugas (lo aspero) internas del medio conductor producen efectos de resistencia al flujo, máxime cuando se trata de flujo turbulento.

Los datos obtenidos sobre el efecto de esta variable en lechos empacados se han comparado con los efectos producidos en tuberías, encontrándose una gran similitud entre ambos efectos.

Para este tipo de prueba se escogieron tres tipos diferentes de partículas, en donde se consideran como lisas la porcelana, vidrio y partículas de Celite. Las partículas consideradas como medios asperos son el Alundum y partículas de arcilla; mientras que las partículas consideradas como arrugadas fueron el Aloxite y granulos de magnesia fundida.

El factor de fricción se evaluó para todas las partículas, encontrándose los valores más bajos para la porcelana, el vidrio y el Celite; mientras que los valores más grandes los presentaron la Aloxite y magnesia fundida. Estos resultados muestran la similitud ya mencionada con los conductos "vacíos", concluyendo de esta forma el hecho de que la caída de presión sí esta influenciada por lo aspero de la partícula, aunque la experiencia ha dado a ver que posiblemente tenga más influencia sobre el espacio libre.



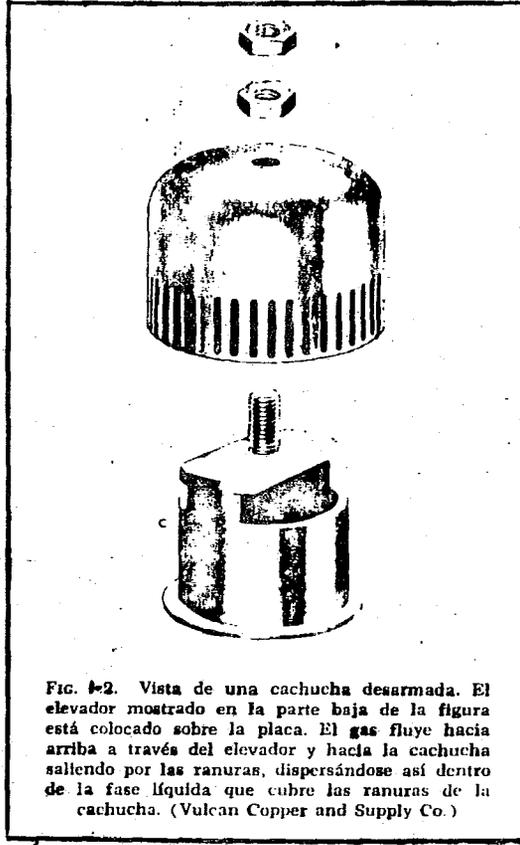
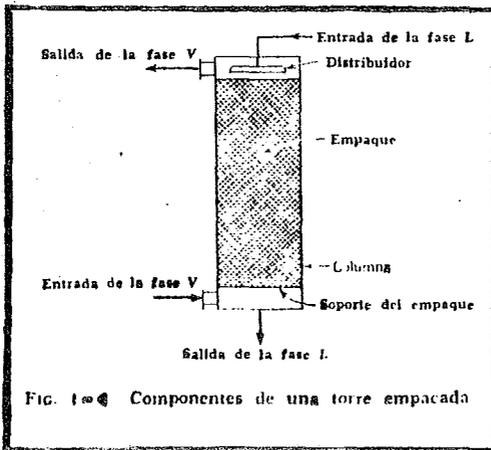
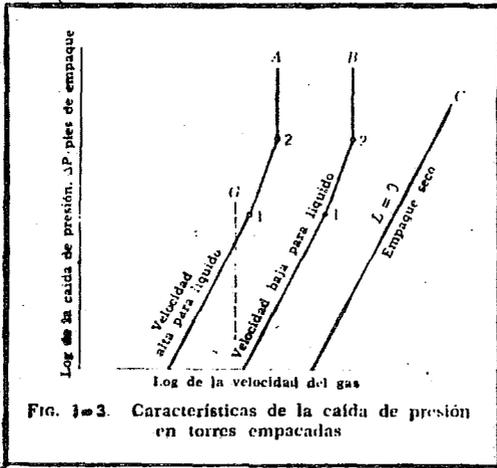
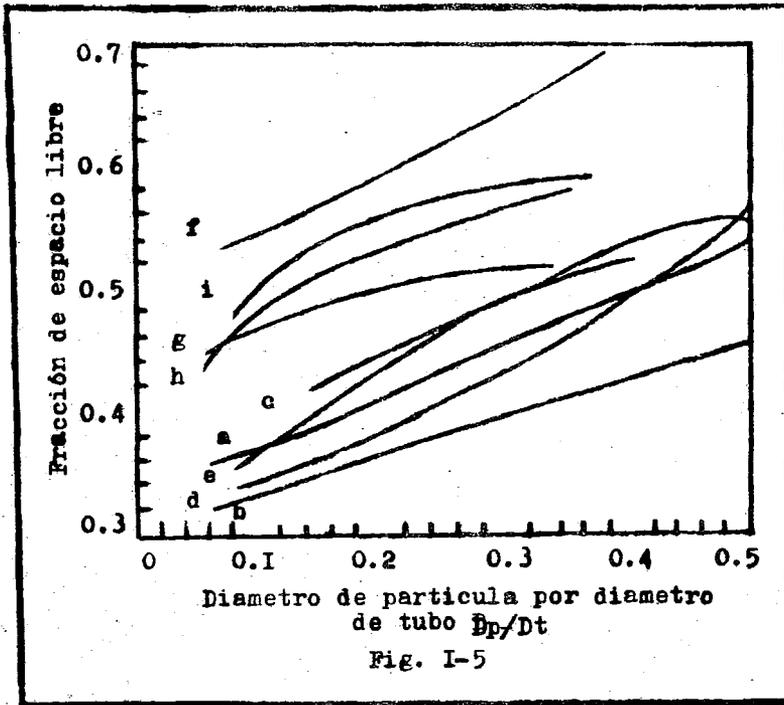


FIG. 1-2. Vista de una cachucha desarmada. El elevador mostrado en la parte baja de la figura está colocado sobre la placa. El gas fluye hacia arriba a través del elevador y hacia la cachucha saliendo por las ranuras, dispersándose así dentro de la fase líquida que cubre las ranuras de la cachucha. (Vulcan Copper and Supply Co.)





ESFERICOS

- a) liso, uniforme
b) liso, mixto
c) barro

CILINDRICOS

- d) liso, uniforme
e) Alundum
f) anillo Raschig
de barro

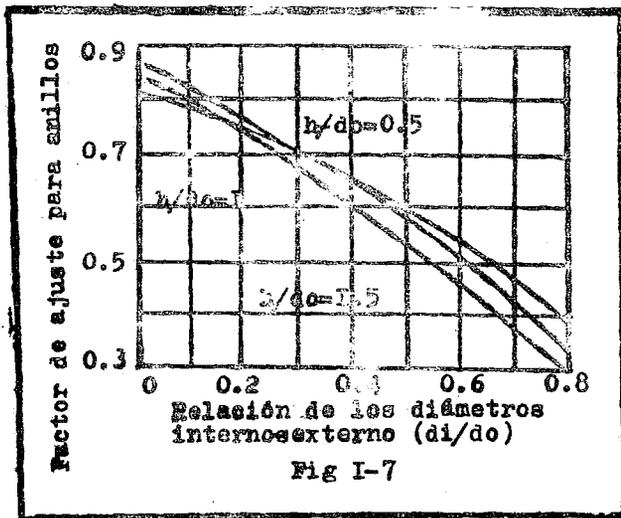
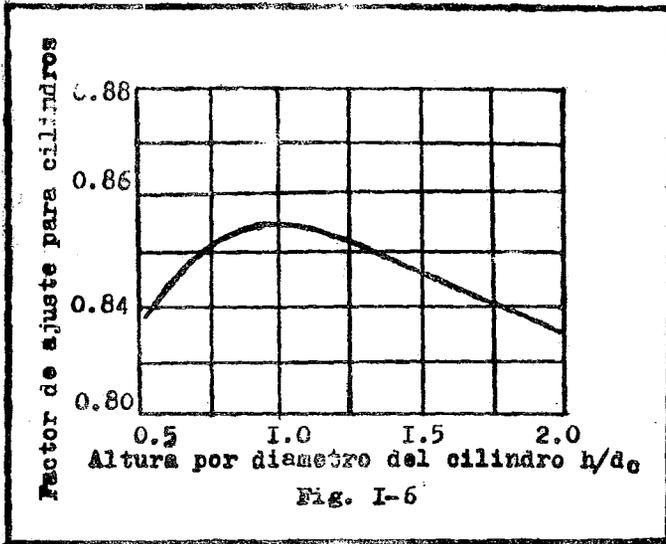
GRANULOS

- g) magnetita fundida
h) Alundum fundida
i) Aloxit

COMPARACION DE LOS EMPAQUES EN UN LECHO EMPACADO:

Dp, plg.	Dp/Dt	e	N	B.	A, ft ²	V, ft ³
Cilindros:						
0.143	0.048	0.33	37050	1786	19.0	0.0033
0.286	0.095	0.34	4560	810	9.4	0.0032
0.501	0.167	0.37	814	349	5.1	0.0031
Esferas:						
0.150	0.050	0.35	31450	1288	15.0	0.0032
0.300	0.100	0.37	3802	508	7.5	0.0031
0.525	0.175	0.40	671	214	4.0	0.0029
Granulos:						
0.150	0.050	0.44	26675	888	23.0	0.0028
0.300	0.100	0.48	3135	334	11.0	0.0026
0.525	0.175	0.49	570	170	6.0	0.0025

Tabla I-I



CAPITULO I

EMPAQUES.

1.- Empaques.

Los empaques constituyen el corazón del funcionamiento de una torre empacada, ya que estos proporcionan la superficie de contacto entre las fases que se encuentran en la operación de transferencia de masa.

Desde este punto de vista cualquier material que satisfaga el punto anterior puede servir como material de empaque.

Un empaque ideal tiene que satisfacer además los siguientes puntos:

a.- Costo bajo por pie cúbico.

b.- Una capacidad alta de absorción, que se manifiesta por una velocidad permisible de gas y licor alta, y unos coeficientes de transferencia (KLa y KGa), de gran capacidad bajo las condiciones de operación.

c.- Un servicio de mantenimiento bajo, lo que implica que el empaque debe presentar una resistencia al flujo de gas, pequeña.

Adicionalmente el empaque tiene que poseer una vida relativamente larga bajo las condiciones de operación existentes (tales como resistencia a los medios corrosivos, resistencia a los choques térmicos y resistencia a los cambios bruscos de presión), además el empaque tiene que ser de un material químicamente inerte.

Podemos clasificar a los empaques según su procedencia en:

1.A.- Empaques naturales.

1.B.- Empaques manufacturados.

1.A.- Empaques naturales.

Son típicos empaques naturales, el coque, el cuarzo, pedazos de vidrio y loza. Estos empaques tienen la particularidad de ser de las más variadas formas y tamaños. Utilizando este tipo de materiales para empacar una torre se hace imposible predecir el funcionamiento de la torre.

Las características más sobresalientes de este tipo de empaques son:

1.A.1.- Son de un costo muy bajo.

- 1.A.2.- Provocan un elevado acanalamiento del gas y el licor.
- 1.A.3.- Presentan una resistencia grande al flujo del gas.
- 1.A.4.- La superficie húmeda por unidad de volumen es pequeña.
- 1.B.- Empaques manufacturados.

En 1915, el desarrollo de los anillos Raschig por Erderich Raschig, da al funcionamiento de una torre un cierto grado de predictibilidad y dependencia. Estos primeros empaques de figura uniforme no solo mejoran las condiciones de operación y funcionamiento de la torre, sino además hacen posible trasladar el funcionamiento de una torre empacada a otra. Esta característica es muy importante ya que a partir de entonces, el avance tecnológico en la manufactura de los empaques, permite utilizar las torres empacadas en muchas operaciones de transferencia de masa que antes estaban limitadas a equipos de platos.

A pesar de que los costos de los empaques manufacturados son altos en comparación con los empaques naturales, estos presentan grandes ventajas, particularmente donde es necesario que los materiales de construcción del empaque sean resistentes al ataque de los ácidos.

Generalmente sus dimensiones van de 3/8 a 6 pulgadas, usualmente son huecos, con esto se logra una tendencia menor al acanalamiento del gas y el licor que en el caso de los empaques naturales, la resistencia que presentan al flujo del gas también es menor y la superficie húmeda que proporcionan por unidad de volumen es mayor que para los empaques naturales.

• Materiales de construcción de los empaques.

Estos pueden fabricarse de una gran variedad de materiales, como lo es la porcelana, la cerámica, el carbón, el acero y diversas aleaciones metálicas y de plástico. En la tabla No. I se muestra una síntesis de los diferentes materiales en que los empaques son fabricados y sus aplicaciones.

Los empaques de cerámica, generalmente son más baratos, pero son

susceptibles de rotura. Se usan ampliamente donde la resistencia a la corrosión es un factor determinante, ya que resisten a la mayoría de los reactivos con excepción de los álcalis fuertes y a los fluoruros. Se recomiendan también cuando el ensuciamiento es tan intenso que los depósitos no pueden eliminarse. En estos casos, se utilizan empaques baratos debido a que estos son tirados cuando ya están sucios.

Los empaques metálicos gozan de preferencia cuando tienen que quitarse frecuentemente para su limpieza, siempre y cuando se pueda encontrar un metal resistente a la corrosión bajo las condiciones de operación, su resistencia a la rotura es una característica muy importante. Tienen además una ventaja adicional sobre los empaques de cerámica, debido a que sus paredes son más delgadas, por lo que presentan una capacidad mayor. Esta característica es de gran importancia en destilación al vacío.

Los empaques de carbón suelen usarse cuando los empaques de cerámica y los empaques metálicos, no resultan satisfactorios. Por ejemplo en la destilación de mezclas que contengan ácido fluorhídrico.

3.- Empaques más comunes.

3.A.- Anillos.

Los anillos se encuentran disponibles en el mercado en una gran variedad de materiales de construcción.

Las características físicas más importantes de los anillos son:

- a.- Generalmente son cilindros huecos.
- b.- Su altura es igual a su diámetro.
- c.- El espesor de la pared varía con el tipo de anillo y el fabricante.

En general cuando se arrojan a el lecho, tienden a formar arreglo con los ejes de los cilindros en posiciones inclinadas que dejan en zig-zag para el paso del líquido y vapor.

Las dimensiones de los anillos oscila de 0.24 a 6 pulgadas, debido a que el área de contacto y el área hueca o abierta (que afecta -

T A B L A I

Material de construcción del empaque.	Aplicación y servicios generales.	Comentarios y Observaciones.
1.- Porcelana cristalina y porcelana no cristalina o Cerámica.	Se aplica bajo condiciones ácidas y neutras, excepto para ácido fluorhídrico y solventes. No son buenos en cáusticos calientes (arriba de 70 °F).	La porcelana no cristalina es el tipo específico más usual, excepto para requerimientos especiales de poca absorción en su superficie. Cerámica especial está disponible para cáusticos suaves. La porcelana es más fuerte y más resistente que la cerámica.
2.- Carbón.	Se aplica en álcali caliente y para todos los ácidos excepto para ácido nítrico y atmosferas oxidantes.	Los empaques de carbón soportan los choques térmicos y poseen un peso por pie cúbico pequeño.
3.- Plástico.	Se aplica en álcali, sales, soluciones acuosas y ácidos, dependiendo de la resina de la que son fabricados.	Los empaques de plástico poseen un peso muy ligero.
4.- Acero y otros metales ligeramente calibrados.	Se aplican en álcali caliente si son de acero; para otros servicios se pueden adaptar aleaciones.	Son más pesados que los empaques de cerámica y se expanden más.

al flujo), aumenta conforme se reduce el espesor del cilindro. Estos se hacen lo más delgados posibles, con la única condición, de mantener los requisitos de resistencia estructural.

La mayoría de los anillos para empaques se hacen por extrusión.

Tipos de anillos más comunes.

3.A.1.- Anillos Raschig.

Los anillos Raschig son los más populares, usualmente son de precio bajo por costo unitario, pero en ocasiones son menos eficientes que otros.

Se encuentran disponibles en el mercado en una gran variedad de -

materiales de tal manera, que se pueden ajustar al servicio requerido. Estructuralmente son muy sólidos.

Usualmente se empaca amontonado ya sea por vía seca o por vía húmeda, en dimensiones grandes entre 4 y 6 pulgadas, operan ocasionalmente apilados.

El espesor de la pared varía, de acuerdo a los diferentes fabricantes, variando también algo en sus dimensiones, esto por lo tanto cambia su superficie disponible. Provoca un empuje lateral sobre las paredes de la torre considerable. Usualmente provoca el acanalamiento de el líquido y dirige a éste a las paredes de la torre.

3.A.2.- Anillos Lessing.

Los anillos Lessing son anillos con una partición en el centro que les proporciona una fortaleza adicional. Debido al aditamento extra su área superficial se incrementa. Las dimensiones de los tipos más simples oscilan entre 0.24 y 3 pulgadas.

No se encuentran muchos datos sobre su funcionamiento, pero en general son ligeramente más eficientes que los anillos Raschig. La caída de presión que provoca es ligeramente mayor que la provocada por los anillos Raschig.

Provocan un empuje lateral sobre las paredes de la columna bastante elevado.

3.A.3.- Anillos de partición cruzada.

Los anillos de partición cruzada son fabricados con una doble partición y en algunas ocasiones está reforzado con costillas para que proporciones una área superficial más elevada. Sus dimensiones oscilan de 3 a 6 pulgadas.

Usualmente se utilizan apilados y como capa primaria sobre los platos soportes de rejilla para empaques más pequeños, los cuales son colocados inmediatamente encima de la capa primaria. La caída de presión que provocan es relativamente baja, y el acanalamiento que provocan es relativamente reducido en comparación con otros empaques que también son utilizados en un arreglo apilado. No provoca ningún

empuje lateral sobre las paredes de la columna.

3.A.4.- Anillos espirales.

Los anillos espirales son fabricados con costillas internas que proporcionan un incremento de área superficial. Sus dimensiones oscilan entre 3 y 6 pulgadas.

Se instalan usualmente apilados, la espiral interna provoca que el líquido y el gas giren en su interior provocando torbellinos internos, lo que provoca una gran turbulencia en los flujos, ofrece además una área de contacto extra, por lo que el área de contacto es mayor que el área de contacto proporcionada por los anillos Raschig y aún mayor que el área proporcionada por los anillos Lessing y de partición cruzada. En el mercado se encuentran disponibles en diferentes diseños de espira interna: diseño de espira simple, diseño de espira doble y diseño de espira triple.

3.A.5.- Anillos Pall.

Los anillos Pall son fabricados con las paredes abiertas y con proyecciones hacia el interior del anillo, esto permite un acceso completo hacia su interior del flujo de el gas y del líquido. Sus dimensiones van de 5/8 a 3 pulgadas.

Debido a su diseño tienen una gran capacidad para el manejo de flujos más grandes, de líquido y de gas, que muchos de los aparatos más comunmente utilizados en transferencia de masa.

Proporcionan una caída de presión más pequeña que los anillos Raschig (menos de la mitad).

Proporcionan un HTU menor que los anillos Raschig -en algunos sistemas proporcionan un HTU menor que las sillas Berl.

Proporcionan un límite de inundación más alto que los anillos Raschig.

Los anillos Pall mantienen una distribución uniforme de líquido y gas, esto es especialmente importante en destilación donde las velocidades del líquido son usualmente bajas.

El flujo del líquido es poco retenido por los anillos Pall lo que

provoca que el tiempo de estancia en la torre es pequeño, con lo cual se tienen dos ventajas; La degradación de los materiales sensibles al calor es menor y la torre drena rápidamente y drena completamente cuando se para la operación.

Provocan un empuje lateral sobre las paredes de la columna elevado. Los anillos Pall, se encuentran disponibles en una gran variedad de materiales de construcción.

Los metálicos, son de acero, acero inoxidable, aleaciones de aluminio, cobre, monel, níquel, inonel y aleación 20. De cerámica y los de plástico -polipropileno estandarizado. Sin embargo bajo orden especial se pueden hacer de polietileno de alta densidad y de polipropileno reforzado con fibra de vidrio.

3.B.- Sillas para empacar.

Las sillas para empacar son aparatos que proporcionan una área superficial grande y una caída de presión a través del lecho empacado pequeña, proporcionan una mejor distribución de el líquido y el gas por lo que previenen el acanalamiento y el by-pass de el líquido sobre las paredes de la torre.

En el mercado se encuentran disponibles principalmente dos tipos de estos aparatos, los cuales son:

3.B.1.- Sillas Berl

3.B.2.- Sillas Intalox

3.B.1.- Sillas Berl.

Las dimensiones de las sillas Berl van desde 1/4 a 3 pulgadas.

En un gran número de aplicaciones las sillas Berl son más eficientes que los anillos Raschig, pero son más costosas.

Al empacarlas debido a su simetría "anidan", con lo cual crean puntos "tirantes" en el lecho que promueven el acanalamiento de el líquido y el gas, pero no tanto como los anillos Raschig.

Provocan un empuje lateral sobre las paredes de la torre pequeño, proporcionando un HTU y una caída de presión por unidad baja, haciendo que los costos de inversión y operación sean bajos. Proporcionan

un límite de inundación más alto que los anillos Raschig. Sin embargo son menos resistentes que los anillos Raschig por lo que se quiebran más fácilmente.

Las sillas Berl se encuentran disponibles en cerámica o plástico.

Sillas Intalox.

Sus dimensiones van de 1/4 a 3 pulgadas. Las sillas Intalox son unos de los empaques más eficientes pero más costosos. Poseen una pequeña tendencia a "anidar", por lo que bloquean ciertas áreas del lecho empacado.

Proporcionan un lecho bastante uniforme, logrando con esto una buena distribución del líquido. Proporcionan un límite de inundación más alto y una caída de presión más pequeña que los anillos Raschig o que las sillas Berl.

Proporcionan un HTU de valor bajo para los sistemas más comunes. Las sillas Intalox están disponibles en cerámica o plástico.

Las sillas de cerámica son de cerámica y agregado 704 -porcelana blanca-. Se prefiere la porcelana debido a que es mecánicamente más resistente, y sin poros, está libre de hierro y es químicamente inerte. Las sillas fabricadas de cerámica son usadas donde no es importante su resistencia mecánica y su resistencia a la corrosión.

Las sillas Intalox de plástico están disponibles en polipropileno, polietileno lineal, P.V.C. rígido, vidrio reforzado con polipropileno, C.P.V.C., Kynar y Halar.

Las sillas Intalox son ampliamente usadas en la manufactura de ácido sulfúrico, en la remoción de dióxido de carbono en las plantas de amonio e hidrógeno, en la absorción de dióxido de cloro en la industria del papel, para refrigeración y secado de cloro y para remover gases nocivos en muchas industrias.

En el mercado se encuentra disponible una variación de la silla Intalox -super Intalox- la cual es enteramente igual, sólo que sus bordes son ondulados.

Las ondulaciones de los bordes en las sillas super Intalox le pro

porcionan al lecho empacado una caída de presión menor y una capacidad más elevada. Las ondulaciones también proveen de puntos intersticiales de transferencia, los cuales renovan constantemente la superficie del líquido.

3.C.- Bolas de cerámica.

Las bolas de cerámica proporcionan una estructura uniforme al lecho empacado, proporcionando una distribución uniforme del líquido y una caída de presión más elevada que los anillos Raschig. Proporcionan una eficiencia de contacto mejor que los anillos Raschig. Provocan un elevado empuje lateral sobre las paredes de la torre.

Las bolas de cerámica, bajo ciertos rangos de operación tienden a fluidizarse, por lo que se mantienen limpias por sí mismas.

3.D.- Empaques Panapak y Spraypak.

Estos tipos de empaques en algunas características se comportan como platos perforados. Ambos empaques se hacen con láminas expandidas de metal corrugado, agujereadas de tal manera, que presentan celdas en forma de diamante al observarse en la dirección de los bordes. A flujos normales el líquido tiende a acumularse en los "valles" y el vapor a pasar por los agujeros en las "colinas". Ambos empaques producen una distribución uniforme del líquido y vapor, independientemente del diámetro de la columna. El área libre para el flujo de vapor es de 3 a 5 veces mayor que la de los platos de cachuchas o perforados, por lo que se afirma que los diámetros de columna requeridos son menores a los requeridos por los platos. También se afirma que la altura requerida es menor que la necesaria para platos. Se usan en torres de diámetros que oscilan entre 10 y 24 pulgadas y aún mayores a 24 pulgadas. Se encuentran disponibles en metal.

Un empaque Spraypak típico, se hace de alambre torcido de 0.13 -- pulgadas con elementos de 0.06 pulgadas de diámetro. La altura de cada placa corrugada se hace de unas 2.5 pulgadas y el "paso" (distancia entre "cimas") de unas 10 pulgadas. Para columnas hasta de 36 -- pulgadas de diámetro, el spraypak se arma en cartuchos de 4 a 5 pies

de largo que se insertan a la columna en el sitio de montaje. Para columnas mayores, el empaque se instala en la columna en forma de láminas de empaque.

3.E.- Empaque Goodloe.

El empaque Goodloe se compone de rollos que a groso modo semejan - desmesurados limpiadores de cocina. Cada rollo se hace de tal tamaño que ajuste a las dimensiones de la columna, y cada uno reposa sobre el inmediato inferior, por lo que el empaque Goodloe llena por completo las secciones empacadas de la columna.

Se encuentran disponibles en el mercado en metal y plástico.

Los empaques Goodloe metálicos, se hacen tejiendo doce hilos de alambre de 0.0045 pulgadas de diámetro formando un conducto tubular que posteriormente se aplasta y aplan.

El tubo aplanado forma un listón de pared doble de unas 4 a 6 pulgadas de ancho que se deforma hasta dejar los surcos a 60° de la vertical. Dos de estos listones son arreglados de manera que los surcos quedan en forma cruzada, se enredan para formar un rollo cilíndrico.- Se ha afirmado que una columna empacada con Goodloe se acerca a la capacidad de una columna de platos de cachucha, y que su eficiencia de contacto es casi igual a la de los empaques Stedman. Se han usado comercialmente empaques Goodloe hasta de 6.6 pulgadas de diámetro.

Para servicios corrosivos, el empaque Goodloe se puede hacer de hilos de nylon. Debido a que el hilo de este material es más grueso que el metálico, estos empaques tienen menos área libre y su capacidad es menor.

El empaque Goodloe es muy utilizado en torres de destilación, torres de absorción y extracción líquido-líquido.

3.F.- Empaques de alta eficiencia.

Un gran número de empaques son desarrollados primordialmente para incrementar el área superficial del empaque por unidad de volumen empacado y para mantener o abatir la caída de presión a través del lecho empacado.

Analizando ciertos factores como lo son, la reducción en el peso del lecho empacado, la reducción del acanalamiento de el líquido y vapor que atraviezan el lecho empacado, el incremento de su resistencia a quebrarse y otros factores de menor importancia, se han desarrollado y promovido una gran variedad de empaques de alta eficiencia entre los cuales podemos citar: Empaques Stedman, empaques de Malla-Mc.Mahon, Dixon, Borard, empaques de metal perforado, empaques Cannon y empaques de hélice, "telleretes".

Estos empaques tienen la particularidad de ser bastante caros por lo que se usan con mayor frecuencia en pequeñas columnas a nivel laboratorio.

Descripción de estos empaques.

3.F.1.- Empaques Stedman.

Los empaques Stedman se hacen de "tela" tejida de alambre (generalmente de 0.01 pulgadas de diámetro) con 16 a 23 hilos por pulgada cuadrada.

Se encuentran disponibles dos tipos de empaques Stedman:

3.F.1.a.- Empaques Stedman de tipo cónico.

3.F.1.b.- Empaques Stedman de tipo pirámidal.

3.F.1.a.- Empaques Stedman de tipo cónico.

El empaque Stedman de tipo cónico se diseña para columnas pequeñas, cuyo diámetro no sea mayor a 2 pulgadas; por lo que es muy utilizado a nivel laboratorio.

El empaque Stedman de tipo cónico, está formado por celdas, cada una de las cuales consiste en dos conos aplastados y unidos por sus perímetros; por lo que cada celda se asemeja a una almeja. El borde externo de cada cono presenta un agujero, los cuales se colocan en la dos opuestos. Las celdas van soldadas por las puntas de los conos. En cada celda el líquido fluye desde la cima del cono levantado (punta hacia arriba), a la periferia de la celda y de ahí a la cima del cono invertido y de ahí a la celda inferior. El vapor entra por la abertura del cono inferior y cruza hacia la abertura del superior, -

ahí se divide siguiendo por caminos semicirculares hasta la abertura del cono inferior de la siguiente celda.

3.F.1.b.- Empaques Stedman de tipo pirámidal.

Estos empaques son usados en columnas mayores. Escencialmente son iguales a los del tipo cónico excepto que:

a.- El empaque está formado por múltiples celdas en cada nivel horizontal.

b.- Para permitir la unión entre las celdas en planos horizontales los conos son substituidos por pirámides.

Los empaques Stedman de tipo pirámidal se hacen de piezas de tela metálica, cuya superficie consiste en pirámides triangulares con 0.37 pulgadas entre centros. Se colocan piezas sucesivas a manera de permitir soldar las puntas de la pieza inferior con las depresiones de la superior. El líquido fluye de la punta de cada pirámide hacia sus tres lados y de ahí a las puntas de las pirámides de la capa inferior.

Se hace costosa la instalación de los empaques Stedman debido a que tanto el empaque y la columna deben fabricarse con tolerancias estrechas con tal de evitar la canalización por las paredes de la columna.

Los empaques Stedman se encuentran disponibles sólo en metal y son muy utilizados en destilación Batch y continua, y en columnas cuyo diámetro no exceda de 24 pulgadas. Poseen una extraordinaria habilidad de fraccionación por altura unitaria.

3.F.2.- Empaques de malla.

Los empaques de malla metálica se hacen en forma de anillos y sillas. Son altamente eficientes debido a sus dimensiones de 0.24 pulgadas o menores, y debido a la malla, proporcionan una área superficial grande.

Proporcionan además una área de flujo grande lo cual permite trabajar a capacidades altas y bajas caídas de presión.

3.F.2.- Los empaques de malla son:

3.F.2.a.- Empaques de anillo Dixon.

3.F.2.b.- Empaques de anillo Borard.

3.F.2.c.- Empaques Mc.Mahon (sillas Mc.Mahon).

3.F.2.a.- Anillos Dixon.

Los anillos Dixon consisten en una vuelta de malla de alambre, formando un cilindro con uno de los extremos hacia adelante para formar un anillo dividido. Sus dimensiones van de 0.06 a 0.24 pulgadas de diámetro.

3.F.2.b.- Anillos Borard.

Los anillos Borard son idénticos a los anillos Dixon, sólo que tienen pared de malla doble por estar hechas de dos vueltas. Sus dimensiones van de 0.06 a 0.24 pulgadas de diámetro.

3.F.2.c.- Sillas Mc.Mahon.

Las sillas Mc.Mahon se hacen de pequeños cuadros de tela de alambre, doblada en forma semejante a las sillas Berl.

Los lechos empacados con piezas de 0.24 pulgadas de diámetro, llegan a contener hasta 392,000 unidades por pie cúbico.

Los empaques Mc.Mahon son menos eficientes que los empaques Stedman, pero son más resistentes y no requieren de tantos cuidados para su instalación y manejo.

3.F.3.- Empaques Cannon.

Los empaques Cannon se hacen de lámina delgada a la cual se le hacen, aproximadamente 1000 perforaciones por pulgada cuadrada. Las perforaciones se hacen de tal manera que el punzón perforador deje los bordes realzados por un lado de la lámina, a manera de rayador de cocina. Al sumergir una tira de este metal parcialmente en un líquido, la tensión superficial obliga al líquido a subir a la superficie de la lámina. Esta propiedad tiene como consecuencia la intensificación de la distribución del reflujo líquido en la columna. El empaque se hace en tamaños nominales de 0.16 a 0.24 pulgadas.

Para llenar un pie cúbico de volumen empacado se requieren 1176000 piezas de 0.16 pulgadas y 336000 piezas de 0.24 pulgadas.

Se encuentran disponibles sólo en metal. Provocan una caída de presión y proporcionan un HETP más bajos que los anillos Raschig, también proporcionan un límite de inundación más alto que los anillos Raschig.

3.F.4.- Hélices.- "Telleretes".

Las hélices pueden ser utilizadas como material de empaque a nivel laboratorio.

Son fabricadas de alambre o de vidrio.

Las hélices de alambre normalmente son de una sola vuelta y tienen un diámetro usual de 0.09 a 0.05 pulgadas. Las hélices de vidrio se fabrican con fibra de vidrio de 0.018 pulgadas de grueso con un diámetro interno de 0.16 pulgadas.

Las hélices de tamaño más pequeño son demasiado frágiles para su uso general.

En las figuras siguientes se muestran los empaques más típicos, así mismo en las tablas que les preceden se citan las características físicas y de diseño más importantes.

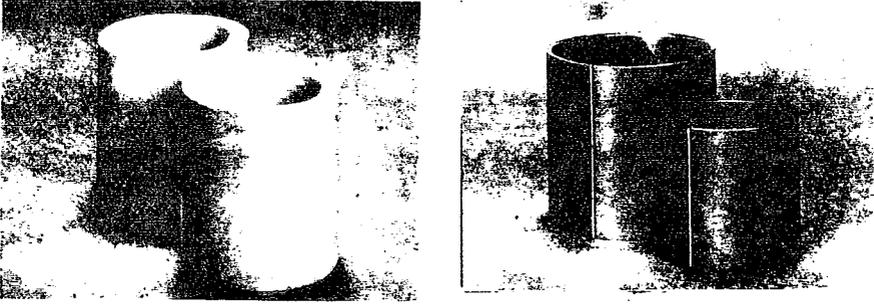


Fig. I. a. -Anillos Raschig.

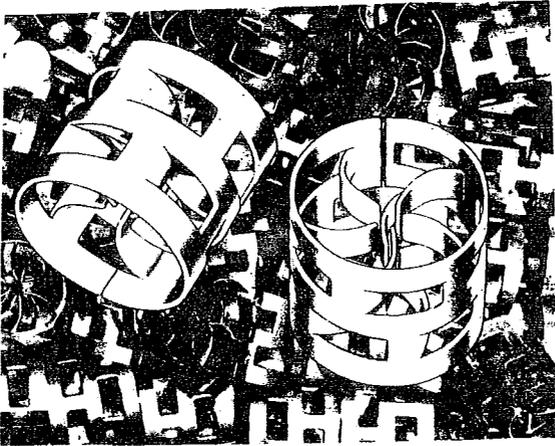


Fig. I. b. -Anillos Pall.

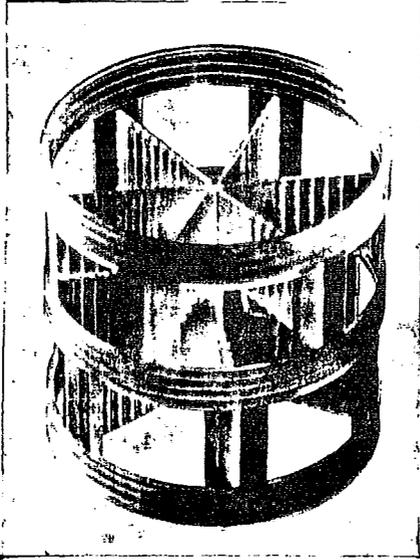


Fig. I.c Anillo Hy-Pak

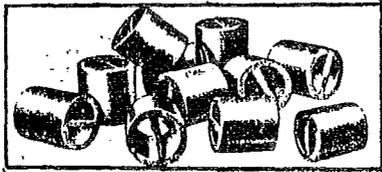


Fig. I.d Anillo Lessing

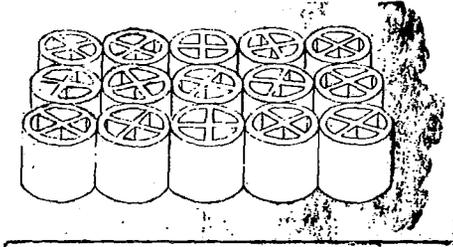


Fig. I.e Anillos de par-
tición cruzada



Fig. I.f Anillos espirales

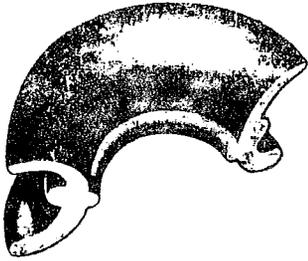


Fig. I. g. - Sillas Intalox
y super, Intalox.

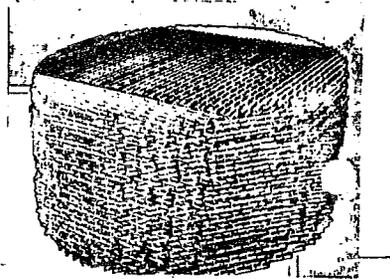
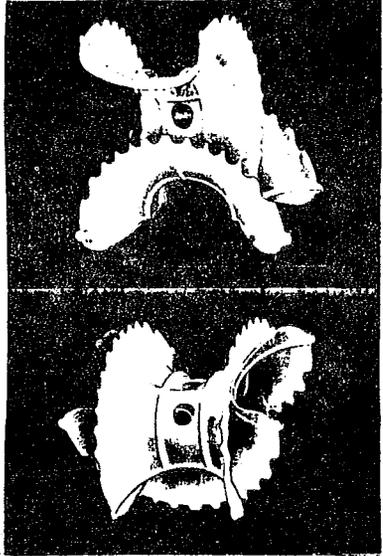


Fig. I. h. - Empaque Grid Tila.

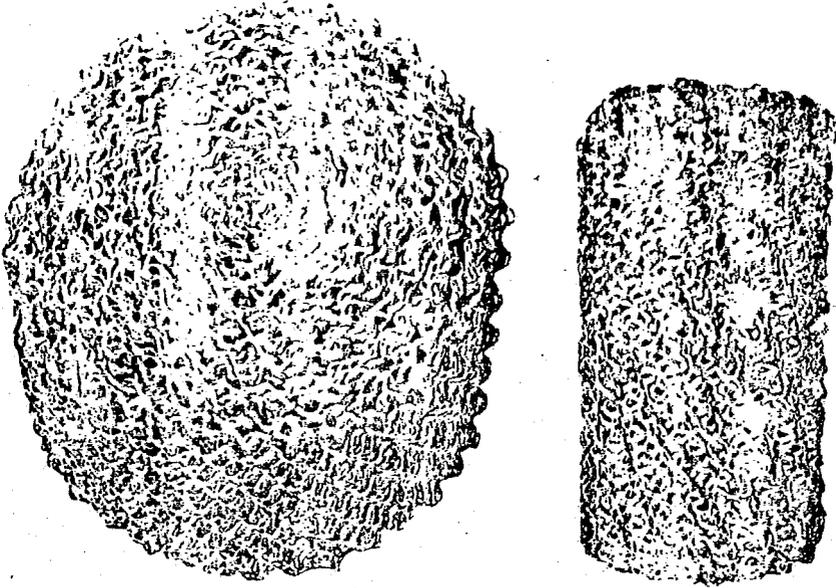


Fig. I. i. -Empaque Goodloe.

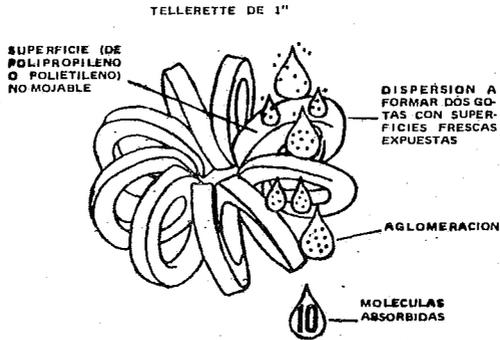


Fig. I. j. -Empaque "TELLERETTE".

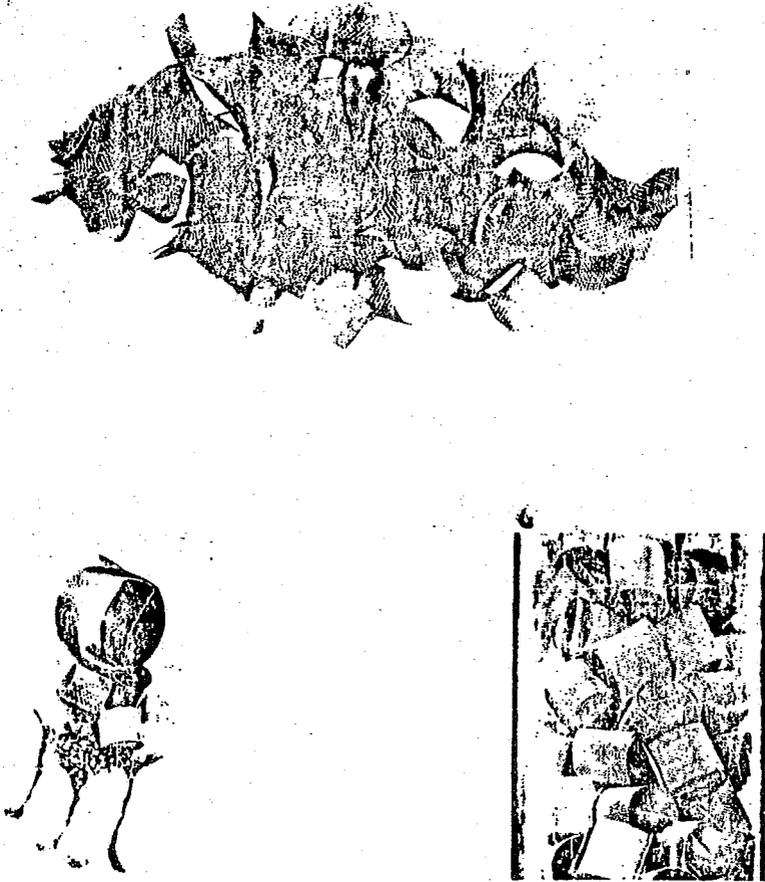


Fig. I.K.-Empaques de alta eficiencia.

I.-Características de diseño de los empaques mas comunes.

I.a.-Anillos Raschig de Ceramica.

Tamaño nominal	Piezas por	Densidad volumetrica	Espacio libre	Factor de empaque
Plg.	Ft. ³	Lb./Ft. ³	%	"F"
1/4	82000	46	55	1600
1/2	10600	27	74	410
3/4	3440	34	67	280
1	1325	27	74	160
1 1/4	678	31	69	125
1 1/2	392	34	67	130
2	166	27	74	65
3	49	23	78	36

I.b.-(Anillos Raschig de acero al carbón.)

Tamaño nominal	Piezas por	Densidad volumetrica	Espacio libre	Factor de empaque
Plg.	Ft. ³	Lb./Ft. ³	%	"F"
1/4	88000	133	72	700
3/8	27000	94	81	390
1/2	11400	75	85	300
3/4	3340	52	89	185
1	1430	39	92	115
1 1/4	725	62	87	110
1 1/2	400	49	90	83
2	168	37	92	57
3	51	25	95	32

Los pesos que se muestran son para acero al carbon, en % de peso: para el acero inoxidable es del 105%, para el cobres del 120%, para el aluminio es del 37%, Monel y niquel es del 115%.

I.C.-Anillos Raschig de carbón.

Tamaño nominal	Piezas por	Densidad volumetrica	Espacio libre	Factor de empaque
Plg.	Ft. ³	Lb./Ft. ³	%	"F"
1/4	85600	60	62	1600
3/8	24700	61	67	1000
1/2	10700	55	64	640
3/4	3090	50	72	255
1	1350	42	74	160
1 1/4	670	46	71	125
1 1/2	387	43	73	95
2	164	41	74	65
3	50	35	78	36

I.d.-Anillos Pall de acero al carbón.

Tamaño nominal	Piezas por Ft. ³	Densidad volumetrica	Espacio libre	Factor de empaque.
Plg.	aprox.	Lb./Ft. ³	%	"F"
5/8	5865	37	93	70
1	1400	30	94	48
1 1/2	375	24	95	28
2	165	22	96	20
3 1/2	33	17	97	16

I.e.-Anillos Pall de plástico.

Tamaño nominal	Piezas por Ft. ³	Densidad volumetrica	Espacio libre	Factor de empaque
Plg.	aprox.	Lb./Ft. ³	%	"F"
5/8	6050	7	87	97
1	1440	5.5	90	52
1 1/2	390	4.7	91	40
2	180	4.2	92	25
3 1/2	33	4	92	16

I.f.-Anillos HY-PAK.de metal.

Tamaño nominal	Piezas por Ft. ³	Densidad volumetrica	Espacio libre	Factor de empaque.
Plg.	aprox.	Lb./Ft. ³	%	"F"
1	850	19	96	43
2	104	14	97	18
3	31	13	97	15

I.g.-Anillos Lessing metálicos.

Tamaño nominal	Piezas por Ft. ³	Densidad volumetrica	Espacio libre	Area superficial
Plg.	aprox.	Lb./Ft. ³	%	Ft. ² /Ft. ³
1 1/4	1300	50	66	69
1 1/2	0650	56	62	53
2	350	58	60	40
	150	49	68	32

I.h.-Anillos Lessing de cerámica.

Tamaño nominal	Piezas por Ft. ³	Densidad volumetrica	Espacio libre	Area superficial
Plg.	aprox.	Lb./Ft. ³	%	Ft. ² /Ft. ³
1/4	81840	195	60	306.8
3/8	25110	114	76	217.1
1/2	10974	100	81	166.4
5/8	6789	86	82	145.6
3/4	3171	71	85	108.5
1	1339	52	90	81.5
1 1/4	674	81	82	64.1
1 1/2	391	65	87	53.6
1 3/4	246	58	89	46.0
2	167	49	90	40.8

I.i.-Anillos de partición cruzada de cerámica.

Tamaño nominal	Piezas por Ft. ²		Densidad volumétrica		Espacio libre		Área superficial		Sección empacada	
	Plg.	aprox.	Lb./Ft. ³		%		Ft. ² /Ft. ²		Ft. ² /Ft. ²	
arreglo	M	R	M	N	M	R	M	R	M	R
3	74	64	73	63	49	56	43	37	52	44
4	41	36	81	71	53	59	33	29	47	41
4	31	27	81	71	53	59	32	28	47	41
6	14	12	58	52	57	62	23	20	44	44
6	9	8	58	52	57	62	21	19	37	37

I.j.-Anillos de espiral de cerámica.

Tipo de espiral	Tamaño nominal	Espesor de la pared.	Piezas por Ft. ²		Densidad volumétrica		Espacio libre		Área superficial		Sección empacada	
			Plg.	aprox.	Lb./Ft. ³		%		Ft. ² /Ft. ²		Ft. ² /Ft. ²	
arreglo			M	R	M	R	M	R	M	R	M	R
espiral	3	5/16	63	54	60	52	58	66	40	34	.32	.27
menor	4	3/8	31	27	61	55	60	67	32	28	.33	.28
lla	6	1/2	9	8	59	51	66	70	21	19	.28	.25
espiral	3	5/16	63	54	67	58	56	63	44	37	.37	.32
doble	4	3/8	31	27	64	58	59	64	35	31	.38	.33
	6	1/2	9	8	65	58	64	68	23	21	.32	.29
espiral	3	5/16	63	54	69	60	50	57	50	42	.51	.44
triple.	4	3/8	31	27	65	59	53	58	40	35	.46	.40
	6	1/2	9	8	68	60	64	24	24	21	.32	.29

I.k.-Silla super Intalox de cerámica.

Tamaño nominal	Piezas por Ft. ²	Densidad volumétrica	Espacio libre	Factor de empaque.
Plg.	aprox.	Lb./Ft. ³	%	" μ "
1	1490	39	79	60
2	180	37	81	30

I.l.-Silla super Intalox de plástico.

Tamaño nominal	Piezas por Ft. ²	Densidad volumétrica	Espacio libre	Factor de empaque
Plg.	aprox.	Lb./Ft. ³	%	" μ "
1	1620	6	90	33
2	190	3.7	93	21
3	42	3.2	94	16

I.m.-Silla Intalox de cerámica.

Tamaño nominal	Piezas por Ft. ²	Densidad volumétrica	Espacio libre	Factor de empaque
Plg.	aprox.	Lb./Ft. ³	%	" μ "
1/4	117500	54	65	725
3/8	49800	50	67	330
1/2	18300	46	71	200
3/4	5640	44	73	145
1	2150	42	73	92
1 1/2	675	39	76	52
2	250	38	76	40
3	52	36	79	22

CAPITULO II

ARREGLOS Y METODOS PARA INSTALACION DEL EMPAQUE.

Arreglos y métodos para instalación del empaque.

El empaque de una torre puede instalarse en un arreglo ordenado - (arreglo apilado), o en un arreglo amontonado (arreglo al azar).

El arreglo utilizado para empacar una torre depende del tamaño y naturaleza del empaque.

Normalmente se instalan en un arreglo amontonado incluyendo sus - dimensiones mayores a 3 pulgadas, las sillas Berl, sillas Intalox, - anillos Raschig y los anillos Pall.

Los anillos con partición cruzada pueden instalarse en un arreglo apilado o amontonado.

1.- Instalación del empaque en un arreglo apilado.

La instalación del empaque en un arreglo apilado, es una operación manual por lo que es costosa. Por la razón anterior este tipo de -- arreglo se trata de evitar hasta donde sea posible, excepto para las capas primarias sobre el plato soporte.

El empaque de la torre apilado puede hacerse en dos modelos:

1.A.- Arreglo apilado modelo diamante "M"

1.B.- Arreglo apilado modelo cuadrado "R"

El arreglo modelo de diamante proporciona una área superficial por pie cúbico grande y el arreglo modelo cuadrado proporciona un elevado porcentaje de espacio libre para el gas.

El espacio libre puede ser variado al ser colocados los anillos - para formar el arreglo apilado, dando como resultado una variación - en la resistencia misma al flujo, si cada capa esta fuera de fase - con la inmediatamente posterior, la resistencia aumenta, pero con es - to se logran mejores características de distribución y de contacto.

En los arreglos apilados los problemas de distribución son críticos. El empacado apilado muestra una pequeña tendencia a redistribuir el líquido, por lo que deben ser utilizados platos distribuidores de gran eficiencia.

En la figura No. 1 se muestran los modelos de diamante y cuadrado pa - ra empacado de la torre en un arreglo apilado.

2.- Instalación del empaque en un arreglo amontonado.

La instalación del empaque en un arreglo amontonado es el más común.

Existen tres métodos para instalar el empaque en un arreglo amontonado.

2.A.- Método por vía húmeda.

2.B.- Método por vía seca.

2.C.- Método del cono.

2.A.- Método por vía húmeda.

El método por vía húmeda (ver figura No.2), es aconsejable para el empacado de la torre cuando sus corazas son de ladrillo, vidrio o acero.

El método por vía húmeda asegura una distribución al azar máxima y un rompimiento mínima de los empaques.

En el método por vía húmeda primeramente se coloca el plato soporte del fondo, incluyendo cualquier apilamiento primario de los empaques. Después de realizado ésto, la torre es llenada con agua hasta 1.5 o 2 pies, abajo del punto donde el empaque está siendo cargado a la columna, siendo entonces soldados los empaques. Los empaques entonces flotan hacia abajo hasta reposar sobre la cabeza del plato soporte; la caída de los empaques es tan suave que también los empaques rotos se ajustan a el lecho, con lo cual se incrementa la caída de presión a través del mismo.

Para empacar una torre grande puede diseñarse una estructura de lámina que puede utilizarse para manejar la caída del empaque.

Con el auxilio de esta estructura, la sección transversal de la columna puede entonces ser dividida en secciones de áreas iguales e ir colocando el empaque lo más cercanamente posible al centro de cada una de las áreas hasta que el nivel del empaque sea de un pie aproximadamente de altura. La operación es repetida hasta alcanzar el nivel del agua.

2.B.- Método por vía seca.

El empaqueo de la torre por el método de vía seca (ver figura No.3) es aconsejable cuando las paredes de la torre son de cerámica, de fibra de vidrio reforzada con plástico o si los materiales de construcción del empaque son de plástico, ya que si el empaqueo se hace por vía húmeda, la cabeza hidrostática provocada por el agua puede ocasionar la ruptura de las juntas de conexión. También es aconsejable este método para tanques grandes a presión cero ya que estos no están diseñados para soportar la cabeza hidrostática provocada por el agua.

En este método se construye una cubeta, a la cual se le hacen arreglos para que está se pueda voltear o también se puede construir una estructura que se pueda voltear fácilmente. La cubeta construida debe bajarse hasta un punto no mayor de dos pies sobre la superficie de el lecho empacado y entonces voltearla lentamente por medio de una cuerda que la hace girar. Se pueden elegir al azar determinadas áreas y vaciar la cubeta. En torres de dimensiones grandes se puede ensayar para formar un cono vertical o invertido.

Se debe tener cuidado para prevenir la estratificación del empaque en capas sobre un plano inclinado que pueda contribuir a una mala distribución del líquido, esto sucede frecuentemente cuando el empaque es instalado a través de toberas de mantenimiento.

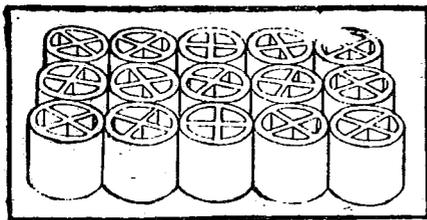
El empaque al final de cada operación de vaciado de la cubeta debe ser asentado pero no debe ser comprimido o apretado localmente.

El método de empaqueo por vía seca provoca una caída de presión de un 50 a un 60% mayor, que la provocada por el método de empaqueo por vía seca.

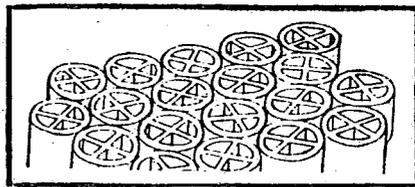
2.C.- Método del cono.

El empaqueo por el método del cono (ver figura No. 4), es aconsejable para reducir la tendencia de los empaques para provocar el acanalamiento del líquido sobre las paredes de la torre.

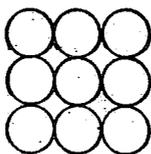
En este método se utiliza una lámina cónica de metal, la cual se introduce a la columna de tal manera que el cono quede invertido, se dejan entonces resbalar los empaques por las paredes del cono, logran con esto llenar primero las orillas de la torre.



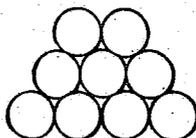
Cuadrado



Diamante



CUÁDRADO



DIAMANTE

Fig. II-1 Arreglo apilado modelo
de diamante y cuadrado



Fig. II-2 Empacado de la torre
por vía húmeda

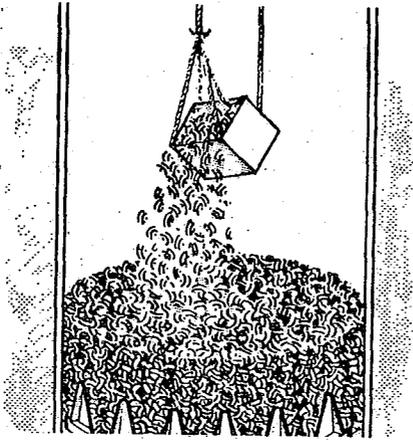


Fig.II.3.-Empacado de la torre
por via seca

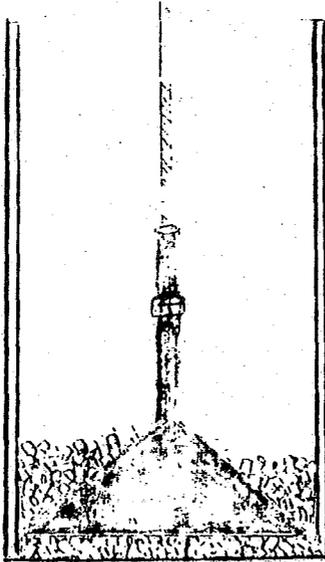


Fig.II.4.-Empacado de la torre
por el método de el cono.

CAPITULO III

MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

El mantenimiento es un factor muy importante en el costo de una torre empacada.

Para llevar a cabo un mantenimiento apropiado de un sistema es determinante saber las causas y motivos por las cuales el proceso en un determinado momento sufre discrepancias que vayan a perjudicar la operación. Cuando se ha determinado el desperfecto en un lugar determinado, se debe corregir este lo más rápidamente posible con el fin de tener las menores pérdidas en el costo del proceso.

Dichas causas pueden ser debidas principalmente a tres factores a saber:

- a.- Desprendimiento o desarreglo de una determinada parte de la torre empacada.
- b.- Rompimiento o desgaste de una parte determinada de la torre empacada.
- c.- Bloqueo o ensuciamiento de la torre empacada o en su caso una parte determinada de ésta.

El primer factor puede ser prevenido llevando a cabo un arreglo adecuado tanto de la columna y el empaque de los platos distribuidores de flujo, y muy especialmente de la soportería del empaque en la que se incluyen el soporte del empaque, los retenedores y los limitadores de lechos. En los capítulos incluidos en este trabajo se anexan las propiedades y efectos mecánicos que deben presentar estos dispositivos.

Cuando ocurre el rompimiento o desgaste de alguna parte de la torre empacada debido, ya sea al uso, descuido o a factores imprevistos como pueden ser fenómenos físicos, temblores etc., es necesario el reemplazo de las piezas afectadas, dado que pueden ocasionar problemas de operación afectando en sí al proceso o al costo total de este.

Cuando las partes de la columna empacada sufren bloqueos debido a partículas depositadas en ellas (ensuciamiento), debe solucionarse este problema para lo cual tomamos en cuenta dos posibilidades:

- 1.- Un procedimiento de limpiado

2.- Reposición de la parte sucia.

Es importante tomar en cuenta estos dos factores dado que en muchas ocasiones resulta más económico el montar una pieza nueva que limpiarla.

El procedimiento de limpiado es un factor importante para el mantenimiento de una torre empacada (como para cualquier equipo de una planta). Dicho procedimiento merece ser realizado de la manera más apropiada tanto para la operación de la torre como para el costo del mismo procedimiento de limpiado. Si se utiliza un método de limpiado previamente analizado, puede haber un abatimiento muy marcado en el costo de este.

De tal manera es importante la selección del método de limpieza en una planta que se han desarrollado técnicas especiales para diferentes procesos y plantas. A continuación veremos con más detalle la importancia de un limpiado apropiado.

LIMPIEZA DE UN EQUIPO.

El principal problema que no ha sido resuelto en los diferentes equipos utilizados en la industria, es el que origina el deterioro de estos debido al ensuciamiento el cual origina variaciones en las diversas variables a controlar en el proceso.

El término ensuciamiento originalmente es una expresión usada en la industria del aceite, no obstante este término ha sido establecido en la literatura para enumerar cualquier depósito indeseable en la superficie de cualquier equipo. Hay una gran variedad de formas o tipos de ensuciamiento, los cuales han sido clasificados en la industria según sus características como: depósitos de reacción química, sales, cristalización, polimerización, sedimentación, corrosión, etc., existiendo por lo tanto referencias que son ampliamente dispersas en la literatura, y carentes de cualquier otra semejanza a lo que sería un tratamiento sistemático en la limpieza de todos los equipos; habiéndose sin embargo, especificaciones de una operación de terminada, por lo que existen diferentes marchas o maneras de limpieza, las cuales serán usadas de acuerdo a las necesidades y posi-

bilidades de las diferentes plantas; cuando el equipo ha estado en servicio por algún tiempo determinado, partículas extrañas al equipo se añaden a las paredes (ya sean internas o externas del equipo) ocasionando variaciones en la superficie de transferencia, produciendo una resistencia adicional que no había sido considerada en los diferentes coeficientes elaborados para propósitos de cálculo.

El proceso de ensuciamiento es una función del tiempo, originándose en el cero y continuando a lo largo de una línea pseudoasintótica de ensuciamiento.

Para el diseño de un equipo se utiliza un valor constante de la resistencia de ensuciamiento, por lo que es interpretado como un valor que se alcanza en un tiempo dado, en el cual el equipo debe ser limpiado, sin embargo, el hecho de que al tiempo cero el equipo este limpio, nos indica a lo largo del proceso el equipo trabajará -- gradualmente bajo condiciones drásticas.

La estimación de valores exageradamente grandes de un factor de ensuciamiento, no garantiza un tiempo óptimo de operación sino todo lo contrario, en muchos casos esto puede contribuir a un deterioro más rápido del equipo. De ahí la importancia de considerar factores de ensuciamiento óptimos que sí garantizan un tiempo adecuado de funcionamiento y que al mismo tiempo no produzcan sobrediseños exagerados que modifiquen las condiciones de operación y elevar notablemente los costos tanto fijos como variables, que producen pérdidas en la producción y costos de reemplazo. Además es necesario realizar un estudio de estimaciones para encontrar un método de limpieza que nos dé los mejores resultados posibles. A continuación se enumeran recomendaciones con el objeto de llegar a una estimación satisfactoria.

1.- Revisión del factor de ensuciamiento. Si el servicio esta en un proceso dado, checar las características de ensuciamiento del sistema y determinar si es necesario mejorar el factor de ensuciamiento y hacer un nuevo diseño de acuerdo a esto. Considerar que no puede ser un problema de ensuciamiento totalmente, sino que puede -

ser también una mala distribución de los flujos.

2.- Si la velocidad de ensuciamiento puede ser reducida por mejoras del diseño del equipo, habrá que revisar el diseño del factor de ensuciamiento de acuerdo a esto.

Estudiar el equipo y su relación con todo el sistema, particularmente cualquier temperatura y control de flujo.

4.- Checar el diseño del equipo para condiciones de limpieza y ensuciamiento, y los efectos de este rango de operación sobre el equipo de transferencia en cuestión y la de todo el sistema que la integra.

5.-Checar las especificaciones del material, para estimar la compatibilidad de condiciones extremas del medio ambiente y cualquier posible efecto catalítico sobre el proceso.

6.- Si el fabricante pregunta sobre el diseño de la unidad, debe uno estar seguro de que tendrá toda la posible información sobre el proceso y no concretarse únicamente a el área correspondiente a su diseño. Entonces checar el diseño final respecto a las consideraciones prudentes.

7.- Se checa el efecto de las variables de operación, los cuales pueden ser muy dispares debido a proceso específicos; entre las variables a determinar tenemos:

a.- Velocidad de flujo.

Estas velocidades suelen ser muy fuertes para moderar el efecto sobre una gran mayoría del proceso de ensuciamiento.

b.- Temperatura de superficie.

Influye principalmente en post-procesos de ensuciamiento entre los cuales estan la cristalización y las reacciones químicas.

LIMPIEZA EN TORRES EMPACADAS.

Cuando una torre empacada ha tenido un tiempo considerable de operación, en está han estado apareciendo como anteriormente se ha dicho partículas indeseables (suciedad), las cuales van a ocasionar --

problemas en el funcionamiento de la torre, la suciedad que va a causar más problemas será la depositada principalmente en el empaque, y en la pared interna de la torre, lo cual va a originar variaciones - en el espacio libre de la superficie de contacto del proceso, por lo que esto involucrará una sensible caída de presión en el sistema.

Es importante tomar en cuenta también el tipo de suciedad acumulada en la torre para poder seleccionar la técnica de limpiado, debido a que se puede requerir en un momento dado de utilizar medios mecánicos (raspado, golpeo, etc.) o químicos para poder desprender la suciedad.

En muchas ocasiones se contraponen estos factores de tal manera - que es necesario analizarlos para decidir cual de los dos es más determinante, y poder decidir la técnica a seguir.

TIPOS DE LIMPIADO.

La forma más simple de realizar un limpiado en una torre empacada sería la de pasar un flujo de agua (ya sea a presión o a una determinada temperatura o a una presión y temperatura dadas), a través del interior de la columna, pero esto no es por lo regular suficiente, - este paso no obstante sirve como preenjuague, facilitando el limpiado de la torre.

Cuando la suciedad es difícil de desprender, se utilizan diferentes formas o técnicas para este fin, dentro de estas técnicas los métodos más comunes son:

A.- Métodos mecánicos.

B.- Métodos químicos.

A.- Métodos mecánicos.

Estas técnicas de limpieza como su nombre lo indica implica la -- fricción de las piezas a limpiar, ya sea por medios manuales (utilización de horas hombre), o mediante aparatos para realizar esta labor.

Este tipo de métodos ocasionan generalmente un procedimiento de -- desmantelamiento de la torre dado que muchas piezas no están al al--

cance de los medios utilizados o su diseño impide la penetración de estos hasta la suciedad para desprenderla con lo que el costo de operación se incrementa sustancialmente. Además del medio mecánico es necesario lavar o enjuagar las piezas con el fin de arrastrar perfectamente la suciedad y que no pueda depositarse nuevamente.

B.- Métodos químicos.

Estos métodos se basan en la disolución de la suciedad por medio de solventes apropiados. Generalmente los solventes utilizados no están estandarizados debido a que las suciedades tienen diferentes características de acuerdo a las propiedades de las sustancias utilizadas en la torre empacada.

Para obtener el disolvente apropiado, es necesario realizar pruebas experimentales con el fin de optimizar el proceso de limpiado.

La experiencia indica que el método más recomendable es el método químico, debido a que se puede optimizar más grandemente que los métodos mecánicos.

Una buena selección del solvente en un método químico puede reducir sensiblemente los costos de mano de obra, de los materiales utilizados en la función de limpiado, y también en tiempo para realizar dicha labor.

Para controlar y poder saber el grado de limpieza en un momento dado, se llevan a cabo análisis de muestras tomadas a intervalos de tiempo. El método de análisis más utilizado son las titulaciones de muestras tomadas en diferentes regiones a lo largo de toda la columna. Cabe mencionar que cuando el empaque utilizado en una torre es de un costo muy bajo, puede éste ser sustituido o reemplazado por uno nuevo, con lo que podría cambiar radicalmente la función de limpiado de tal manera que se hace necesario realizar un estudio económico para determinar cual función es la más recomendable para llevar a cabo la solución del problema de una manera satisfactoria.

Con el fin de obtener un mejor resultado en la optimización, de un limpiado, algunas veces se utilizan conjuntamente los métodos mecánicos y químicos dando resultados bastante satisfactorios.

CAPITULO IV

SOPORTERIA DEL EMPAQUE

EFFECTO DE LOS SOPORTES DEL EMPAQUE SOBRE LAS CARACTERISTICAS MECANICAS EN TORRES EMPACADAS.

Los datos experimentales presentados en este inciso muestran el efecto que marcan los soportes del empaque en una torre sobre el límite de inundación, caída de presión y capacidades generales de flujo en dicha torre.

Una torre experimental de 16" de diámetro interno fué utilizada. Como empaque se utilizó sillas Intalox, platos sencillos de metal y cerámica, un plato hecho con anillos Raschig sinterizados soldados entre sí, y dos platos tipo-presa de diseño especial. El espacio libre entre los platos fue de un rango que va de 23 a 92%. El rango de las variables investigadas son representativas de una operación unitaria a escala comercial. De las pruebas se observó que la caída de presión ha de incrementarse hasta un 50% si el soporte se escoge inapropiadamente. Esto es especialmente cierto si la alimentación de irrigación del empaque es grande. No obstante aún de la previsión de una fracción grande de espacio libre de un soporte no garantiza una buena operación de la torre.

Como las características relacionadas con la operación de los soportes deben ser considerados en forma separada. La superioridad de los soportes tipo-presa sobre los de malla de alambre es atribuido al hecho de que el gas y el líquido pasan através de separadores especialmente provistos de puertos todo el tiempo.

La operación del empacado en torres de destilación y absorción como se sabe por experiencia, su funcionamiento es influenciado en buen grado por la soportería del empaque. El problema no es siempre apreciado por el diseño de ingeniería. Una consideración apropiada de la mecánica de una torre empacada no solo envuelve la examinación de la capacidad de flujo del empaque seleccionado, sino también dá atención a la selección del soporte del lecho empacado.

Generalmente no será suficiente proveer planos o gráficas de soportes que solamente ofrezcan "el mismo porcentaje de espacio libre", como el lecho empacado. Esto es debido a las condiciones de abajo --

del empaque; los elementos de un empaque inmediatamente puestos sobre los platos obstruyen sus aberturas.

En el estudio presentado, se observó que platos soportes de construcción especial previniendo separaciones de flujo canalizado para las fases de gas y líquido son superiores en funcionamiento a los platos que tienen inmediatamente contiguos sus elementos debido a los efectos de obstrucción de sus aberturas.

TORRE EXPERIMENTAL.

La torre experimental considerada consiste de dos diámetros de una sección recta de 16" cada 24" de altura. Cada sección tiene una abertura de observación de 3" de ancho y 22" de largo. La columna base, permite el reemplazo rápido de los platos soportes, siendo estudiada la conducta de sus platos.

En la fig. IV-1 y tabla IV-1 son presentados detalles de construcción y datos físicos de la columna, el distribuidor de agua fué una caja de presa conteniendo 19 niples de 1/8". Se utilizan en la prueba lechos de 1-1 1/2" de sillas Intalox para observar la caída de presión, así como la conducta de inundación de la torre. Los lechos fueron separados para dar un peso de empaque seco sobre la misma altura en la torre. Al aumentar la caída de presión al doble con un 10% de aumento. Algunas pruebas fueron también realizadas con soportes con o sin una cara de empaque. La observación visual indica de que modo se porta el líquido, observándose que la inundación fue marcadamente afectada por el soporte.

El fenómeno de inundación fué siempre normal con los soportes tipo-presa, anillos Raschig fundidos y platos de alambre. La manifestación normal de inundación fue la misma para la gradual e inicial irrigación de líquido sobre la superficie del empaque, mientras que no ocurre lo mismo cuando una porción mayor de vacío es llenado con el líquido (agua). Con los platos sencillos, el fenómeno de inundación no fue normal. A una relación relativa de líquido y gas, para los cuales el empaque agregado presenta pequeñas o grandes cabezas hidráulicas de varias pulgadas de altura formadas en la base de la

torre, La altura de la cabeza fue característica de la proporción de flujo. Siendo detectado un descuido en las proporciones del líquido por el incremento o por la disminución de la altura de la cabeza hidrostática del líquido, por lo que con este método se determinó en forma real las características de inundación que envuelven al plato soporte.

INYECCION DE GAS EN PLATOS TIPO-PRESA.

La construcción de los platos (fig. IV-2) consiste en una base circular perforada que lleva un número definido de aberturas cilíndricas levantadas. Las elevaciones son cachuchas con perforaciones hemisféricas. Los lados de las aberturas llevan puertos alargados, los cuales están al azar sobre la base del plato. En una instalación, los elementos de empaque son siempre escogidos bastante pequeños, tanto que pueden descender entre las aberturas.

DATOS HIDRAULICOS.

Algunos datos típicos de flujo gas líquido se muestran en las figuras IV-3 a IV-6.

Los platos sencillos producen una caída de presión considerablemente grande pudiéndose registrar sus datos. En los demás platos, el porcentaje de espacio libre fué tan grande que la caída de presión fue muy pequeña para un único plato, de tal manera que apenas si se alcanzaron a registrar. Las lecturas fueron magníficas para los platos cubiertos con una capa de 1" de sillas Intalox; éstas aumentaron el nivel numérico de los datos sin "obscurer" las características hidráulicas de los platos.

Para los datos presentados en proporción de líquido como parámetro (fig. IV-3 y IV-4), la línea para $L=0$ tiene un descenso de 2.0 (coordenadas logarítmicas) lo cual indica un flujo turbulento. Estos flujos son soportados para un orden de magnitud de números de Reynolds para el gas aproximadamente de 25 000.

Debido a que el líquido es admitido por la parte de arriba del plato, al aumentar el número de Reynolds aumenta el valor de la caí-

da de presión.

Los datos para platos de anillos presentan cuatro etapas de separación; los platos A y B determinan las características puntuales en la parte de arriba y el punto de inundación respectivamente. La sección inferior del punto A procede casi paralela a la línea para la caída de presión no irrigada, luego el descenso es menor a lo largo de la línea AB, más allá del punto B subita, y casi verticalmente ocurre un incremento en la caída de presión seguido por un abatimiento gradual. Este tipo de curvas son según se muestran en la fig. IV-7.

En un intento para explicar el comportamiento para varias secuencias, las corridas de operación para platos soporte han sido indicadas esquemáticamente en la fig. IV-8. Siendo examinadas en croquis seccionales de 1 a 4 en la fig. IV-9, las cuales representan esencialmente las condiciones para una cantidad constante de líquido en un porcentaje de platos abiertos. Las condiciones de cabeza hidráulica del líquido en él son todavía las mismas del curso de procedimiento, indicando que no hay incremento en el paso de flujo de gas cuando la proporción de flujo de gas es incrementada a G_2 . Sin embargo (en G_2) una condición de límite debe realizarse, excepto en la cual la velocidad del gas a través de las aberturas cambien suficientemente extendiendo los senderos del flujo. Estas extensiones deben producir en forma relativa una menor caída de presión. Al mismo tiempo el líquido que desciende por un anillo anular (para el caso ideal de no perturbación), reduciendo la resistencia debe tener una mayor velocidad. Estos valores grandes de velocidad son causados por el incremento de la cabeza hidrostática. Como la proporción de gas aumenta en G_4 , la capa de líquido sobre la parte de arriba tiende a bajar continuamente para conducir el flujo de gas provocando burbujeo. Esta condición es presentada por el curso vertical de los datos. El punto 4 es el punto de inundación, más allá de este punto, la cabeza hidrostática simplemente se incrementa originando consecuentemente un incremento gradual en la caída de presión. Esta última sección de los datos es una condición de cierta superinundación como se muestra en las figuras. --

IV-5, IV-6. El punto B es fácilmente reconocible como el punto de inundación. Este último dato en realidad describe la variación de un diámetro efectivo de las aberturas con una proporción de flujo del líquido.

DATOS DE OPERACION.

En las figs. IV-10 a IV-13 se muestran las características del efecto ejercido por el plato soporte del empaque sobre la caída de presión e inundación de columnas con sillas Intalox. En lechos no irrigados, el efecto es relativamente pequeño, para flujos simultáneos de líquido y gas, la influencia del empaque aparece más rápidamente cuando se utilizan sillas Intalox de 1" en proporciones de irrigación de flujo de gas de 900 lb/ft. Para estas condiciones no se presentan variaciones de caídas de presión mayores de 70% para diferentes tipos de platos soportes. Los datos de las figuras IV-10 y IV-11 no son de la misma índole por lo que el incremento de la caída de presión es debida a las condiciones en la base de la columna, el orden de magnitud de la discrepancia final (expresada en plgs. de agua) dependerá de la altura de la capa. Los datos de la fig. IV-11 enfatizan con algunas excepciones el efecto de la proporción del líquido. La conducta de la inundación es presentada en las figs. IV-12 y IV-13.

La examinación de los datos de las figs. IV-10 y IV-11 revelan en primer lugar, que es la construcción, y no la fracción de espacio libre la que determina el funcionamiento de un plato soporte. En la fig. IV-10 se comparan los platos sencillos de cerámica con 20% de espacio libre, con el plato construido con anillos Raschig fundidos, y platos tipo-presa; mientras que en la fig. IV-11 el plato sencillo de metal con una gran fracción de espacio libre (45%) es comparado con los de tela de alambre y platos tipo-presa.

No obstante la diferencia entre los dos platos sencillos no parecen tener una diferencia significativa en su operación. Estos puntos dan la conclusión de que en un lecho empacado la combina-

ción soporte del empaque--primera capa de empaque se puede controlar.

En un plato soporte sencillo las aberturas son más propensas a ser bloqueadas, que en uno de construcción especial tal como el plato tipo-presa. La función de bloqueo es relativamente apreciada por medio de un desproporcionado incremento de la caída de presión en un plato sencillo, cuando es cargado con una sola capa de empaque, la fig. IV-5 muestra algunos datos de este tipo para platos -construidos con anillos Raschig comparados con sillas Intalox con un espacio libre significativamente en exceso, observándose variaciones con relación a la caída de presión. Esto no puede ser debido principalmente a la capa del empaque como tal, pero puede ser causada por una reducción del espacio libre efectivo en el plato sencillo.

La extensión del bloqueo dependerá del tipo y tamaño del empaque.

En las figs. IV-11 y IV-12 se indican condiciones estrechamente equivalentes de caída de presión e inundación, no obstante el hecho de que los platos de tela de alambre ofrecen un 50% más de espacio libre con relación a los platos tipo presa. Cabe mencionar que una porción considerable de espacio libre puede ser exhibido inefectivamente, no obstante también se debe en gran parte al bloqueo de las aberturas que presente.

El soporte del empaque puede ser de cualquier forma, desde barras espaciadas a manera de rejilla transversal hasta las unidades más refinadas diseñadas especialmente para dirigir el flujo de gas y líquido. El buen funcionamiento de el lecho empacado está definitivamente enlazado con la elección correcta del plato soporte para el empaque.

El requerimiento primordial para un buen plato soporte es que físicamente soporte el peso del lecho empacado. El peso de el lecho empacado es la suma del peso del empaque más el peso del volumen del líquido que inunda el vacío del empaque más cualquier fuer

te de presión. que deba ser impuesta al sistema. Normalmente cada plato soporte es requerido solamente para soportar el peso de la sección empacada directamente encima de él. Si cualquier soporte intermediario o redistribuidor no es separadamente soportado sobre las paredes de la torre, pero descansa sobre el mismo empaque, el plato del fondo estará además llevando enteramente el peso del lecho empacado como se mencionó más el peso del soporte intermedio o el peso de los platos redistribuidores. Esto no es una práctica buena, debido a que el empaque y reempaqué de la torre se complica y adicionalmente se impone una carga pesada al plato soporte inferior.

El diseño sin embargo debe ser tal que incorpore un alto porcentaje de área libre que debe ser un 50% (o mayor) del área de la torre, y más grande que el área libre del mismo empaqué.

Debe adicionalmente considerarse el efecto del área libre bloqueada por la posición del empaqué sobre el plato soporte. El objeto de incorporar un porcentaje elevado de área libre es el de permitir relativamente un flujo descendente ilimitado de líquido y en muchos casos facilitar el flujo ascendente del gas. Esto es muy importante ya que la inundación del plato soporte estará frecuentemente dirigiendo la inundación prematura del lecho empacado.

Los platos soportes deben también ser diseñados para permitir su fácil instalación. Además debe ser construido de un material que resista el ambiente corrosivo de la columna, y en su diseño debe ser capaz de redistribuir el líquido, y fácilmente adaptable a una gran variedad de materiales de construcción.

Los primeros platos soportes para el lecho empacado eran platos planos, que estaban perforados o ranurados para permitir el flujo del gas y el líquido. Estos platos eran pesados y proporcionaban solamente un 15 o 25% de área libre y además tenían una resistencia insuficiente para soportar lechos empacados altos (fig. IV-14a).

Los platos planos utilizados como soportes para lechos empacados tienen dos desventajas principalmente.

1.- El líquido y el gas tienen que pasar a contracorriente a través de las mismas perforaciones, desarrollando una cabeza hidrostática uniforme sobre la pared superior del plato soporte a velocidades de flujo bajas.

2.- La capa inferior del empaque, bloquea parcial o totalmente muchas de las perforaciones haciendo inefectivo el espacio libre.

Estas dos condiciones reducen la capacidad de la torre.

Al desarrollarse empaques de un funcionamiento elevado, se crea la necesidad de desarrollar platos soporte más efectivos, entonces se desarrollo el plato soporte "inyector de gas tipo presa" (fig. IV-14b).

El plato soporte "inyector de gas" esta diseñado para proveer pasajes separados para el gas y el líquido, por lo que estos no necesitan competir para pasar a través de la misma abertura.

Esto se hace al proveer al lecho empacado de entradas para el gas en un punto superior al nivel por donde el líquido fluye. Esto previene la formación de una cabeza hidrostática considerable.

Con el plato soporte "inyector de gas", el gas es inyectado en el empaque hacia arriba a través de las aberturas laterales de las elevaciones tipo viga. El flujo descendente del líquido pasa a través de las aberturas de la base del plato soporte proporcionando una distribución uniforme en el lecho empacado inferior.

Con el plato plano mostrado en la figura, las aberturas están frecuentemente obstruidas, el gas y el líquido compiten por pasar a través de la misma abertura y la distribución al lecho empacado inferior es desigual.

El espacio libre en algunos platos soportes "inyectores de gas" excede el 100% de la área de la sección transversal de la torre. Pero aún es más importante el hecho de que durante la operación a velocidades altas y uniformes de gas y líquido, el plato soporte "inyector de gas" mantiene un elevado espacio libre efectivo.

SELECCION APROPIADA DEL PLATO SOPORTE.

La selección apropiada del plato soporte para cada aplicación es específica no solo requiere de un conocimiento completo de las propiedades del líquido y el gas manejados en cada diseño, sino además el proceso. El diámetro de la torre, el número y la altura de los lechos empacados, y las velocidades del gas y el líquido que serán usadas, deben también ser tomados dentro de las consideraciones de diseño. Adicionalmente las condiciones corrosivas y algunos factores de peso, dictan los materiales de construcción del plato soporte. La capacidad y eficiencia de la torre y en general su buen funcionamiento, es altamente afectada por la selección inapropiada del plato soporte.

Los tipos de platos más comunes son:

A.- Platos soportes "inyectores de gas" tipo presa con aro.

B.- Platos soportes "inyectores de gas" tipo presa sin aro.

Este tipo de platos no se estandarizan debido a que son diseñados para dar un rango de aplicación muy variado, dependiendo de las condiciones requeridas como son la proporción de flujo, temperatura y diámetros de la torre. Para una diferenciación entre los dos tipos de soportes, la función del diámetro de la torre es el que propiamente los seleccionará, ya que los platos soporte multi-viga "inyectores de gas" con aro se utilizan para un rango menor de diámetros, dado que se pueden usar hasta un máximo de 47 1/2 pulgadas de diámetro interno de la torre, mientras que las segundas tienen un rango de 4 pulgadas - hasta 144 pulgadas o más. Ambos tipos de platos soportes pueden ser diseñados con diferentes materiales, tomando en cuenta las condiciones requeridas en el sistema.

A continuación se dan varios ejemplos de estos tipos de soporte.

A.1.- PLATOS SOPORTE "INYECTORES DE GAS" TIPO PRESA CON ARO.

Al.a.- Plato soporte de metal (12-47 1/2").

Este plato soporte está disponible para torres cuyos diámetros internos van de 12" a 47 1/2". Estos platos proveen una área libre

igual al 100% del área de la selección transversal de la columna y pueden manejar velocidades de flujo para el lado del líquido de 60 GPM/ft².

Construcción: Por conveniencia para su instalación estos platos soporte para torres de 12 a 35" son suministrados en dos secciones, mientras que, para torres de 35 1/2" a 47 1/2", se suministran en tres secciones.

Los platos soportes para torres hasta de 17 1/4" de diámetro interno se diseñan para empaques cuyo tamaño nominal es de 5/8" o más, mientras que para platos soportes de 17 1/2" o mayores los empaques son mayores a 1" (fig. IV-15).

Carga máxima permisible y características de diseño:

Las siguientes tablas muestran las características para este tipo de platos soporte: (tabla IV-2).

A.1.b.- Plato Soporte Termoplástico (12-47 1/2").

Este tipo de plato soporte presenta las mismas características del plato anterior metálico, con excepción de que en este tipo de plato soporte la carga máxima permisible a mayores temperaturas de 80°F se reduce proporcionalmente. La carga máxima permisible a 80°F se muestra en la tabla IV-3 (ver fig. IV-15).

A.2.- Plato soporte metálico para servicio moderado (4-32").

Este modelo es un plato soporte tipo corrugado, para usarse en torres de 4 a 32" de diámetro interno. El espacio libre disponible es de más de 80%. Es un plato de "pseudo-inyección de gas", diseñado para usarse con empaques de metal o plástico de poro pequeño, en torres donde la carga del lecho no es elevada y los problemas de corrosión no son serios (fig. IV-16 y tabla IV-4).

Construcción: Este modelo se suministra para torres hasta de 7 3/4" de diámetro interno en una sola pieza, mientras que para torres de 8 a 32" se suministra en dos piezas.

B.1.- PLATOS SOPORTES "INYECTORES DE GAS" TIPO FRESA SIN ARO.

B.1.a. Plato soporte metálico (para 48" o más).

Es un plato soporte de gran versatilidad, construido con unos materiales de excelente calidad. Puede ser considerado, excepto para condiciones muy especiales para toda clase de torres mayores a 4 ft. de diámetro interno.

El diseño de los brazos perforados que presenta, proveen una capacidad grande para el manejo del gas y líquido, dado que produce la máxima intersección de los dos fluidos.

Las unidades estandar proveen una área libre en exceso al 100%, y pueden ser usados con velocidades de líquido superiores a 80 GPM/ft², pudiéndose hacer modificaciones a la unidad para velocidades de líquido mayores. Es recomendado cuando se utilizan empaques con dimensiones muy grandes (fig. IV-17 y tabla IV-5).

B.1.b.- Plato soporte termoplástico (48" o mayor).

Este plato soporte está diseñado para abarcar diámetros internos en la torre de 48" a 120", sin embargo, para platos soporte de 72 1/2" a 120" de diámetro interno, la torre deberá estar provista de una placa de soporte intermedio para asegurar el sostén del peso soportado. Debido a su construcción seccionada pueden ser instalados fácilmente, dado que debe equiparse a la torre con toberas de mantenimiento hasta de 17" de diámetro interno. Se fabrican en una gran variedad de materiales. Provee un espacio libre de 80% como mínimo, no debe ser usado con empaques más pequeños a 1 1/2", no es recomendable cuando el empaque es de cerámica (fig. IV-18 y tabla IV-6).

Construcción: El material estandar de construcción es una resina vinil-éster con reforzamiento de fibra de vidrio no debiendo exceder la temperatura del sistema a 210°F.

B.2.- Plato soporte termoplástico (24-47 1/2").

Se fabrica en diferentes materiales como son vinil-éster-epoxi, furano o resinas poliéster reforzadas con vidrio o resinas sintéticas. Puede ser instalado mediante toberas de 10" de diámetro, provee un 80% como mínimo de espacio libre, no debe ser usado con empaques de tamaño menor a 1 1/2".

Carga máxima y temperatura: Aunque fué desarrollado para usarse en empaques de plástico, puede usarse en empaques más pesados siempre y cuando la carga permisible no exceda de 400 lb/ft². La temperatura máxima a que puede ser cargada no debe exceder a 210^oF (fig. IV-19 y tabla IV-7).

Soportes de rejilla de barras.

Otro tipo de soportes del empaque son las rejillas de barras -- las cuales presentan características diferentes a los platos soporte antes mencionados, dado que no separan el flujo de gas del líquido.

Los platos soporte de rejillas de barra se recomiendan para -- usarse en absorbedores de ácido sulfúrico, secadores y muchas aplicaciones altamente corrosivas y en diámetros grandes de las columnas. Pueden ser usados con arreglos del empaque apilado. Los anillos de partición cruzada, son apilados primeramente sobre la parte superior de la rejilla de barra de acuerdo con la tabla IV-8 y fig. IV-20 y 21.

A continuación mostramos las características físicas y mecánicas de un soporte del tipo rejilla de barras.

Este soporte utiliza como material de fabricación cerámica Aludur Alumina, la cual es cuatro veces más resistente mecánicamente que la mejor porcelana química conocida. Esta excepcional resistencia permite el uso de barras delgadas, pudiéndose incrementar el área libre disponible hasta un 70% , más.

Carga máxima permisible y temperatura: las cargas permisibles -- en la tabla son para servicios superiores de 300^oF. Entre 300^oF y 600^oF la carga máxima permisible es de 66% de los valores mostrados. Los pesos mostrados en la tabla están basados en barras de -- 10". Las barras de 6" su peso aproximado es del 66% del peso señalado y las barras de 8" alcanzan un 80% del peso señalado.

Las cargas máximas en la tabla, están basadas sobre espaciamientos estandar de las barras de 6", tomándolas de centro a centro, -- pueden ser usadas en otros espaciamientos de acuerdo a requerimien

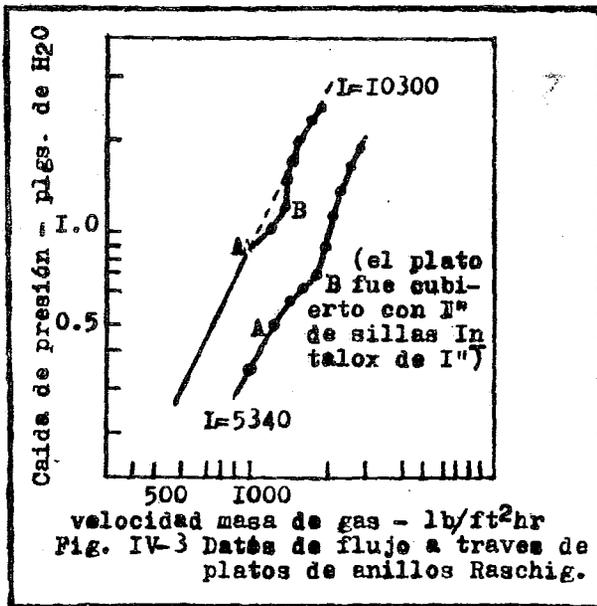
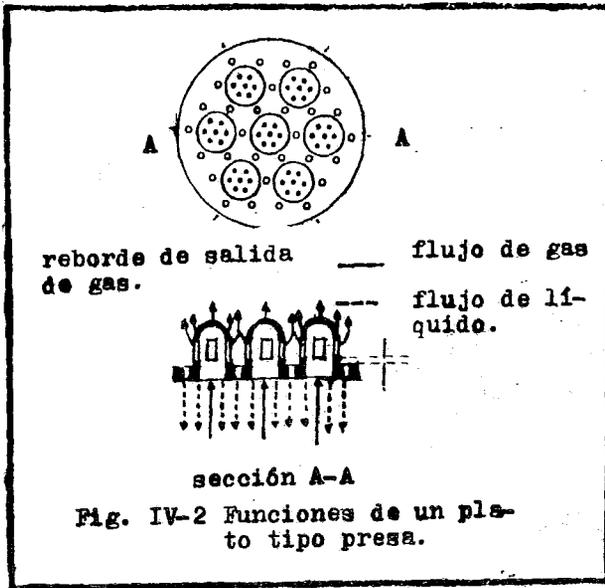
es especiales. La longitud de espaciamento entre las rejillas --
ne una tolerancia del orden de $1/8$ ". Aunque el límite de la long
tud máxima de una barra individual es de 84", muchas veces se --
en barras de casi cualquier diámetro interno usando soportes de_
co que le dan mayor resistencia a las barras de rejillas. Las ca
racterísticas de diseño de las barras de rejillas de acuerdo a la_
lumna utilizada se muestran en las tablas IV-9, 10, 11 y 12 y --
g. IV-22, 23, 24 y 25.

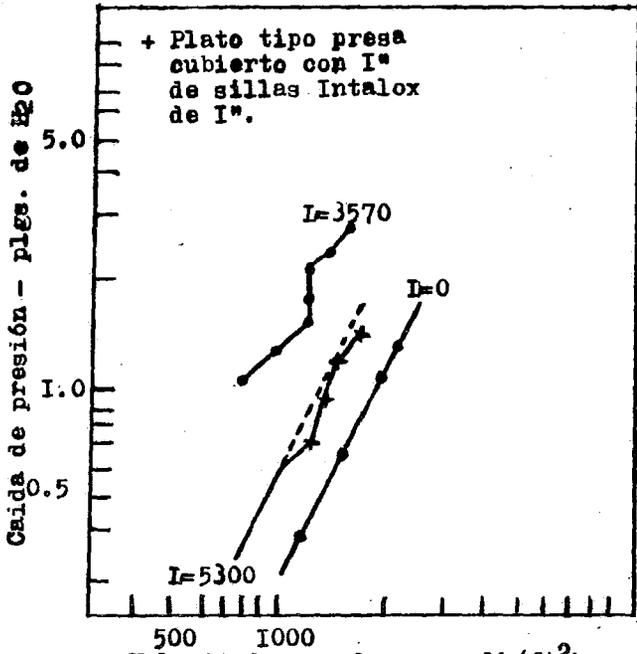
Plato	Diametro plg	Espesor plg	No de hoyos	Tamaño de ho- yos plg	No de rebor- des	Altura de re- borde plg	Diámetro del re- borde plg
de cerámica	15 3/4	1 3/8	61	7/8	---	---	---
de metal	15 3/4	3/16	198	3/4	---	---	---
los Raschig sin- zados.	15 3/4	1 3/8	(135 anillos Raschig de I 1/4")				
presa de cerámica	14 3/4	3/4	131	1/2	4	6	4
ura presa, 0.5")							
presa de metal	15 3/4	3/16	90	3/4	4	3	4
ura presa, 0.25")							
de alambre							(tela de alambre de acero de 3/8" de apertura)

Ranu- ra/re borde	Tamaño de ranuras plg	No de ho- yos en cachuchas	Tamaño de hoyos en cachuchas plg	% espa- cio libre
---	---	---	---	20
---	---	---	---	45
	(135 anillos Raschig de I 1/4")			58
8	2 5/8 X 3/4	56	1/4	60
10	2 3/4 X 5/8	37	1/4	60
	(tela de alambre de acero de 3/8" de apertura)			92

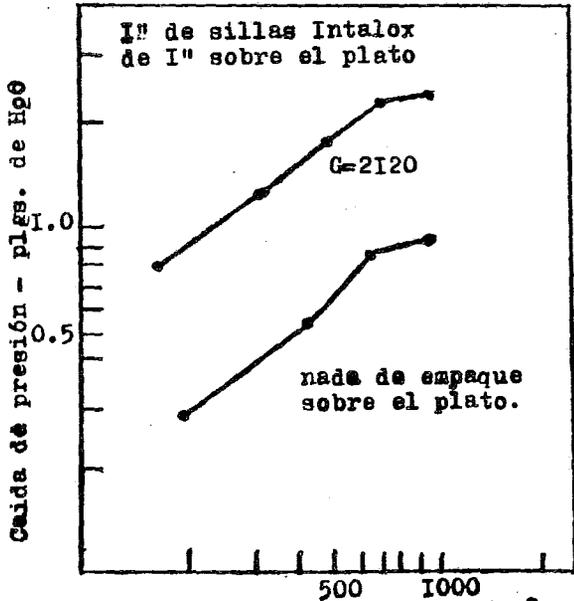
Tabla IV-I



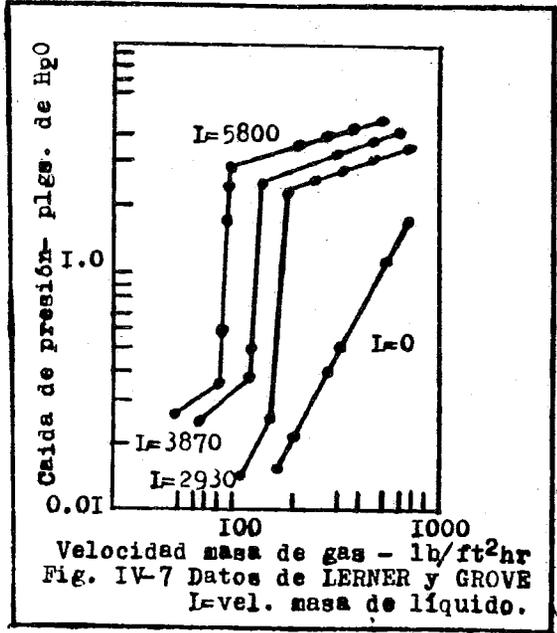
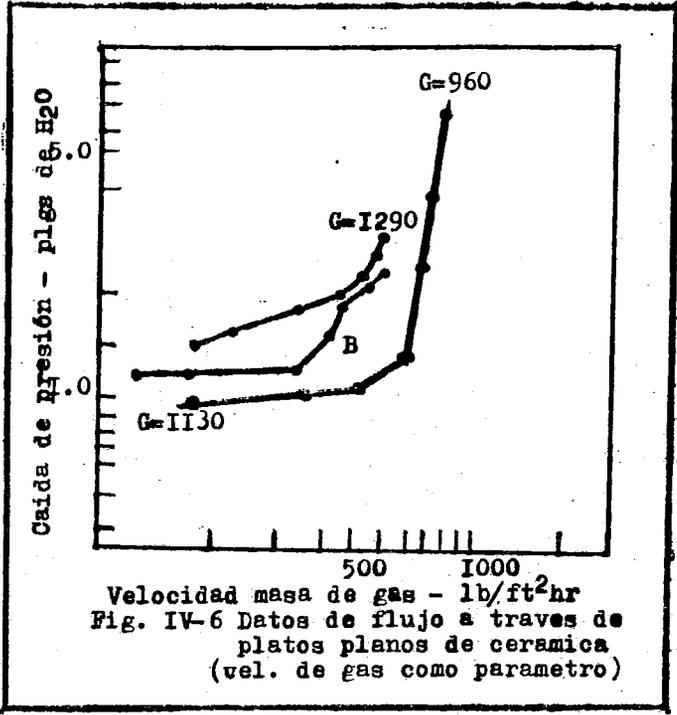


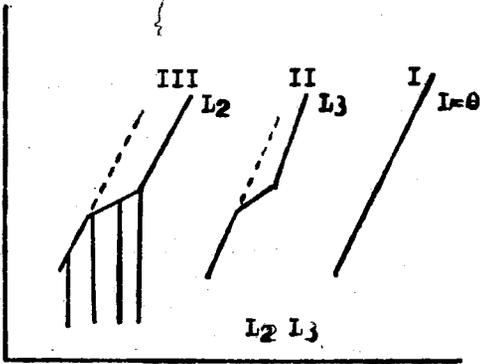


Velocidad masa de gas - lb/ft²hr
 Fig. IV-4 Datos de flujo a través de platos planos de cerámica (vel. de líquido como parametro)



Velocidad masa de gas - lb/ft²hr
 Fig. IV-5 Datos de flujo a través de platos de anillos Raschig. (vel. de gas como parametro)





Proporción de flujo de gas ---
 Fig. IV-8 Etapas de operación de los platos soporte.

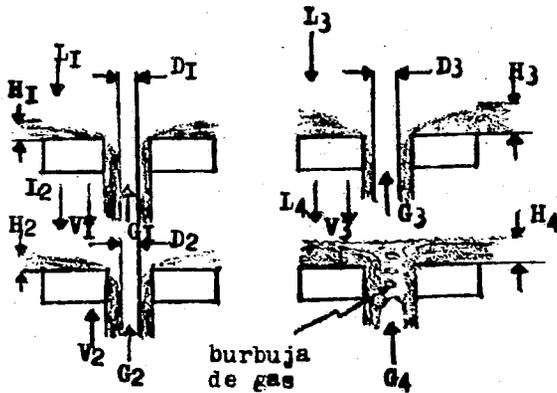
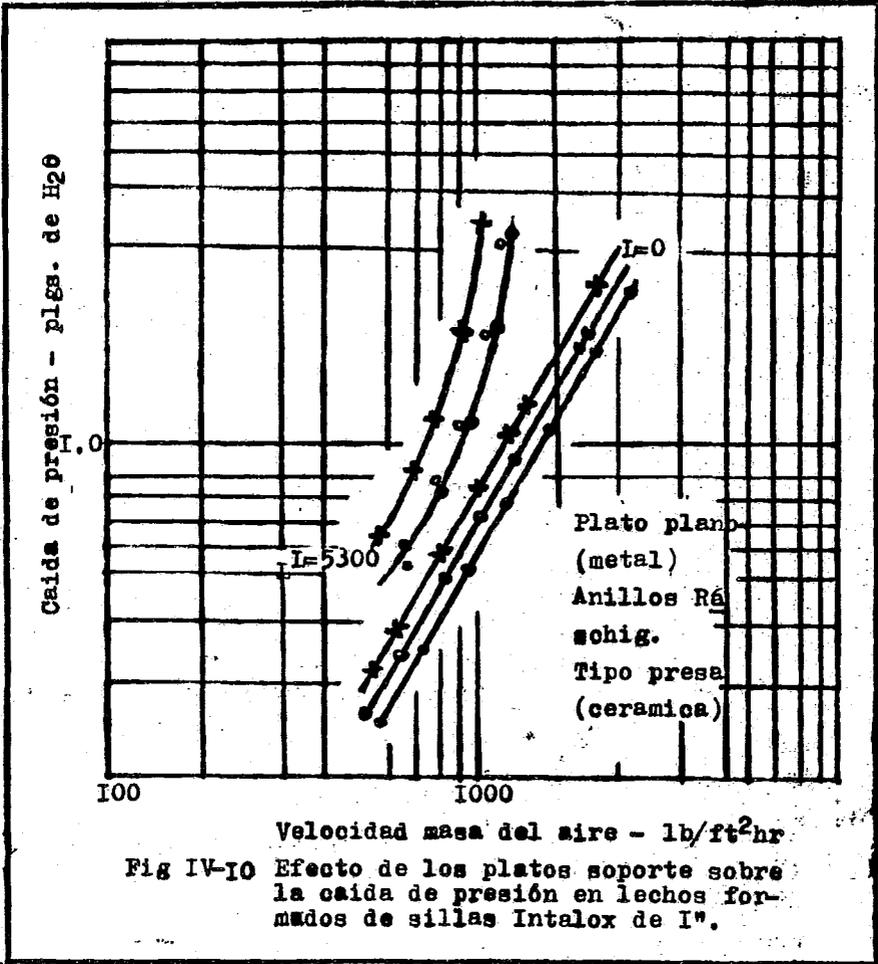


Fig. IV-9 Interpretación de los datos de carga de flujo sobre la formación de cabeza hidrostática.



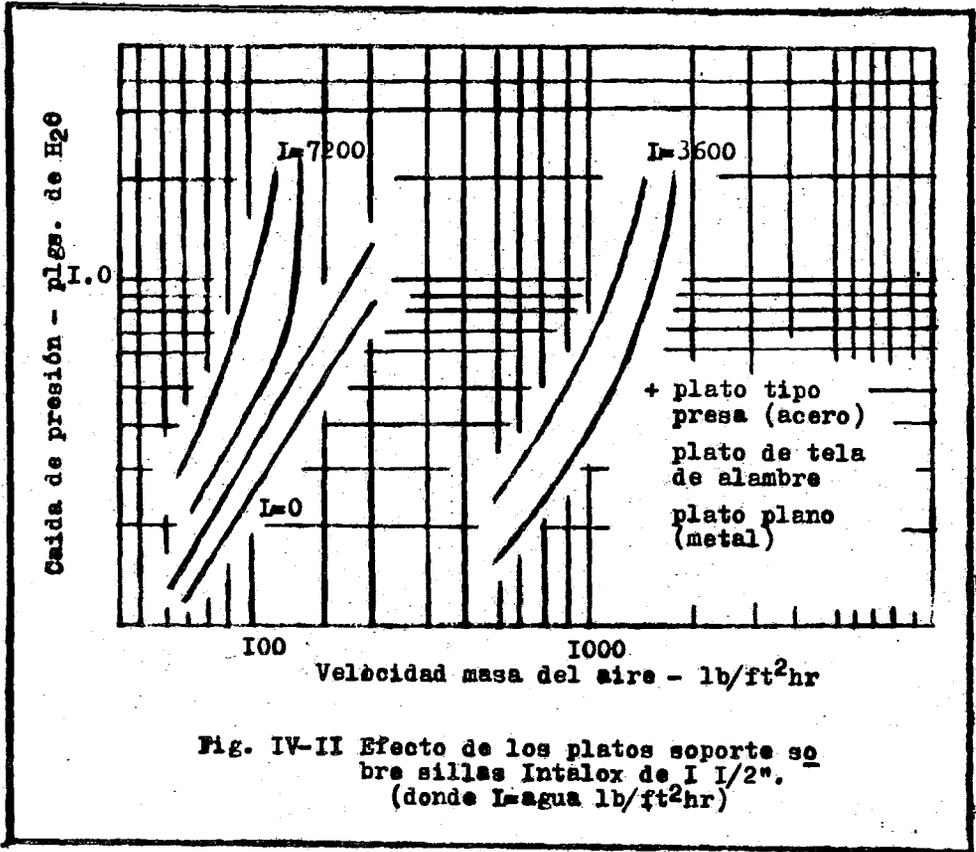


Fig. IV-II Efecto de los platos soporte sobre sillas Intalox de 1 1/2".
(donde I=agua lb/ft²hr)

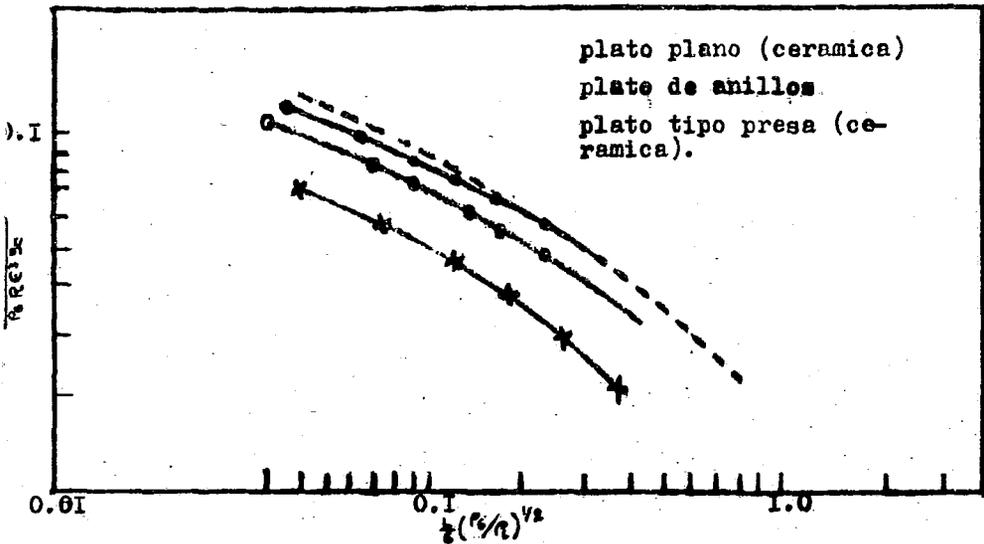


Fig. IV-12 Efecto de los platos soporte sobre los limites de inundación de lechos con sillas Intalox de I".

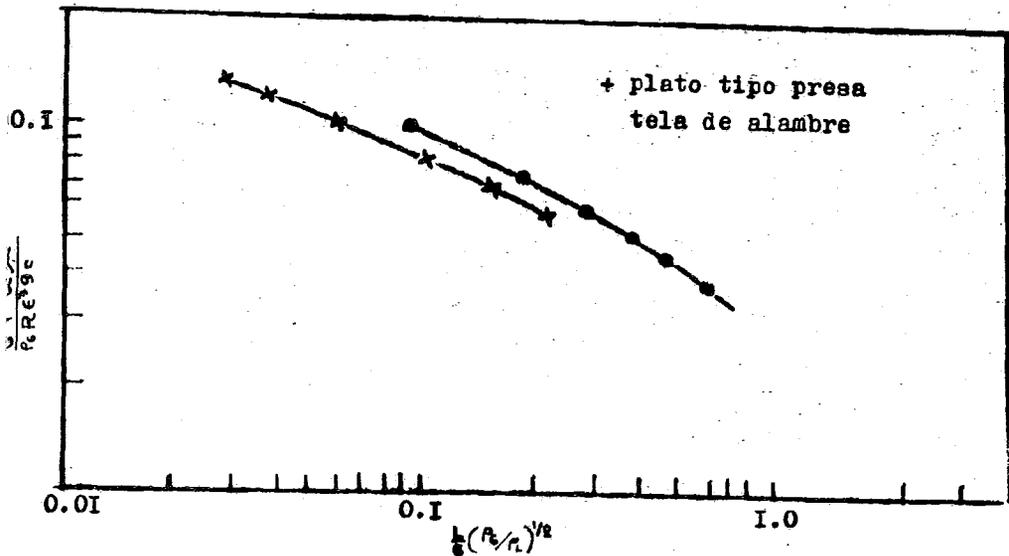


Fig. IV-13 Efecto de los platos soporte sobre los limites de inundación de lechos con sillas Intalox de I 1/2".

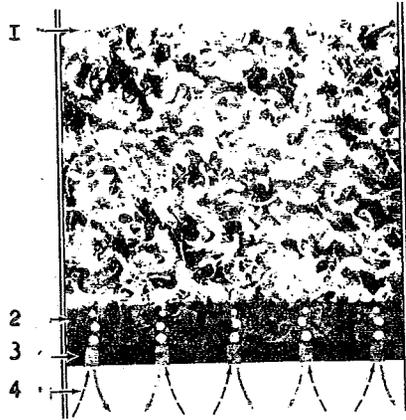


Fig. IV-I4a
Plato soporte plano.

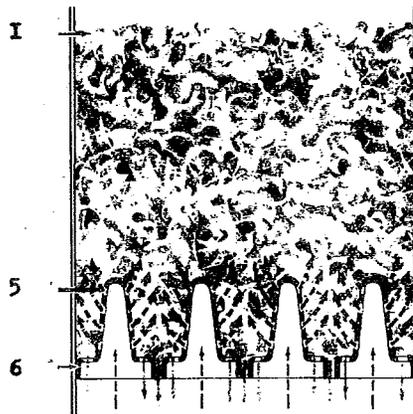


Fig. IV-I4b
Plato soporte inyector de gas

Fig. IV-I4

I limite superior del empaque 2 cabeza hidrostática de la torre
3 plato soporte plano 4 flujo de gas y líquido 5 separadores
de flujo 6 plato soporte inyector de gas.

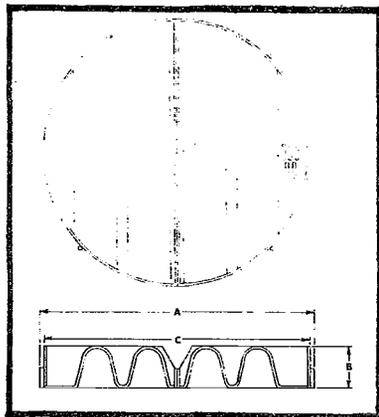
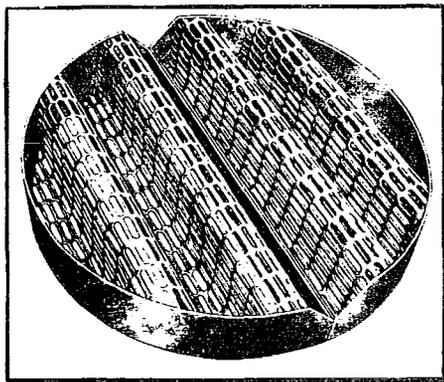


Fig. IV-15 Plato soporte con aro para D.I. de 12 a 47 1/2", para metal o material termoplastico.

Diámetro interno de torre plg mm	Diámetro sobre espacios dores (A) plg	Altura (B) plg	Diámetro de plato (C) plg	Borde soporte (min) plg	Diámetro de accesos plg	Peso neto aproximado lbs
I2 305	---	4 1/2	II 3/4	3/4	8	7
I3 1/4 337	---	4 1/2	I2 3/4	3/4	9	8
I4 1/4 362	---	4 1/2	I3 3/4	3/4	9	9
I5 1/4 388	---	4 1/2	I4 3/4	3/4	10	10
I7 1/4 438	---	4 1/2	I6 3/4	3/4	10	11
I9 1/4 489	---	4 1/2	I8 3/4	3/4	11	12
2I 1/4 540	---	4 1/2	20 3/4	3/4	12	17
23 1/4 591	---	4 1/2	22 3/4	3/4	13	19
29 1/4 743	---	4 1/2	28 3/4	I	14	25
36 914	---	4 1/2	34 3/4	I	16	40
42 IO67	---	4 1/2	40 3/4	I	16	52

Tabla IV-2 Plato soporte con aro para D.I. de 12 a 47 1/2" para metal

Diámetro interno de torre plg mm	Diámetro de plato (A) plg	Número de vi- gas	Borde soporte (min) plg	Peso neto aproximado lbs
24 610	23 1/2	3	I	12
30 762	29 1/2	5	I	17
36 914	35	6	I 1/2	25
42 IO67	41	7	I 1/2	35

Tabla IV-3 Plato soporte con aro para D.I. de 12 a 47 1/2" para material termoplastico.

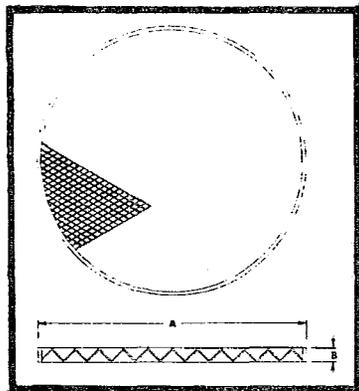
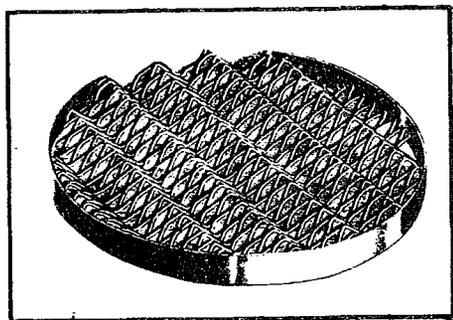


Fig. IV-16 Plato soporte metalico para servicio moderado (4-32").

Diámetro interno de la torre plg mm	Diámetro de plato (A) plg	Altura (B) plg	Tamaño de empaque (min) plg	Borde soporte (min) plg	Diámetro accesos (dos piezas) plg	Peso neto aproximado lbs
4	I02	3 3/4	I/4	3/8	---	2
6	I52	5 3/4	I/4	3/8	---	3
8	203	7 3/4	I/4	I/2	6	4
I0	250	9 3/4	I/4	I/2	6	5
I2	305	II 3/4	I	3/4	7	6
I3 I/4	337	I2 7/8	I	3/4	8	7
I4 I/4	362	I4	I	3/4	9	8
I5 I/4	388	I5	I	3/4	9	9
I7 I/4	438	I7	I	3/4	I0	I0
I9 I/4	489	I9	I	I	II	II
2I I/4	540	2I	I	I	I2	I2
23 I/4	59I	23	I	I	I2	I5
29 I/4	743	28 I/2	I I/2	I	I5	20

Tabla IV-4 Plato soporte metalico para servicio moderado (4-32").

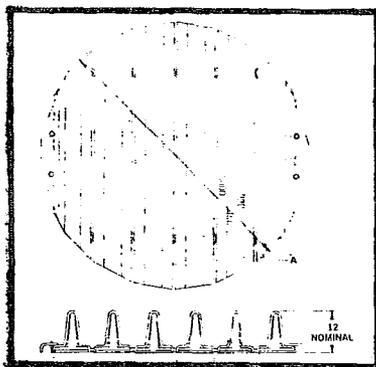
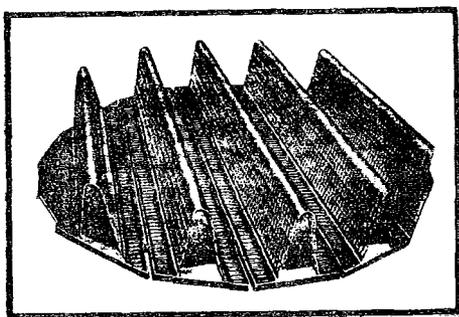


Fig. IV-17 Plato soporte metalico para D.I. de 48" o mayores.



Diámetro interno de torre plg mm		Diámetro del plato plg (A)	Carga permisible lb/ft ² ac. al carbón ac. in-oxidable		Borde soporte (min) plg	Peso neto aproximado lbs
48	1219	47 1/4	1300	1000	1 1/2	95
54	1372	53 1/4	1300	1000	1 1/2	130
60	1524	59 1/4	1300	1000	1 1/2	160
66	1676	65 1/4	1300	1000	2	195
72	1829	71 1/4	1300	1000	2 1/2	245
78	1981	77 1/4	1300	980	2 1/2	290
84	2134	83 1/4	1220	845	2 1/2	335
90	2286	89 1/4	1065	735	2 1/2	385
96	2438	95	935	645	2 1/2	435
102	2591	101	830	570	2 1/2	490
108	2743	107	740	510	2 1/2	550
114	2896	113	660	460	2 1/2	610
120	3048	118 1/2	600	415	2 1/2	675
126	3200	124 1/2	540	375	3	750
132	3353	130 1/2	495	340	3	820
138	3505	136 1/2	450	310	3	900
144	3658	142 1/2	415	285	3	975

Tabla IV-5 Plato soporte metalico para D.I. de 48" o mayores.

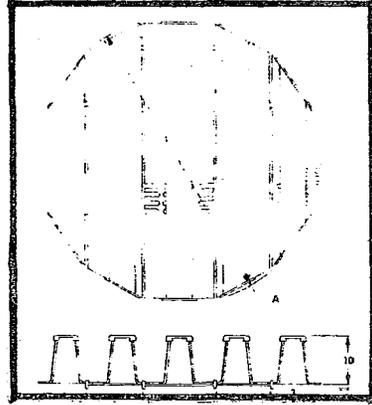
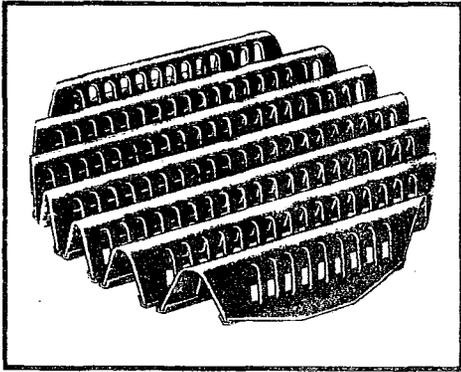


Fig. IV-18 Plato soporte termoplastico para D.I. de 48" o mayores.

Díametro interno de torre plg mm	Díametro plato (A) plg	Numero de vi- gas	Borde soporte (min) plg	Carga permisible lb/ft ²	Peso neto aproximado lbs
48 I2I9	47	4	I I/2	400	37
54 I372	53	4	I I/2	300	46
60 I524	59	4	2	250	60
66 I676	65	5	2	200	70
72 I829	71	6	2 I/2	I50	85
78 I98I	77	6	2 I/2	400	97
84 2I34	83	7	2 I/2	400	II5
90 2286	89	7	2 I/2	400	I30
96 2438	94 I/2	8	2 I/2	400	I50
I02 259I	I00 I/2	8	2 I/2	350	I67
I08 2743	I06 I/2	9	2 I/2	300	I74
II4 2896	II2 I/2	9	2 I/2	275	208
I20 3048	II8 I/2	I0	2 I/2	250	222

Tabla IV-6 Plato soporte termoplastico para D.I. de 48" o mayores.

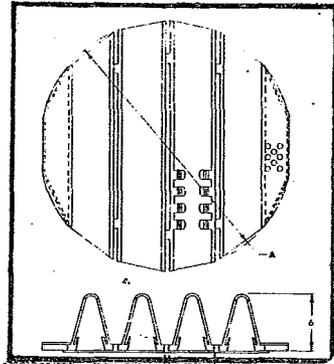
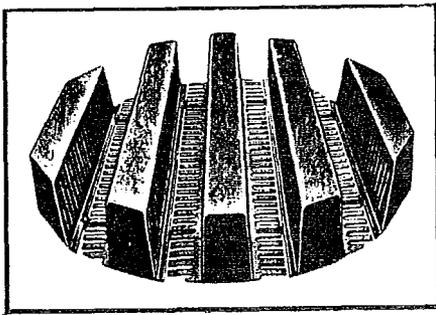


Fig. IV-19 Plato soporte termoplástico para D.I. de 24-47 1/2".

Diámetro interno de la torre plg mm(m)	Diámetro entre espacios dores plg	Altura (B) plg	Diámetro platos (C) plg	Borde soporte (min) plg	Diámetro de los accesos plg	Carga permisible cible lb/ft ²	Peso neto aproximado lbs
I2 305	---	4	II 3/4	3/4	8	300	2 1/2
I3 1/4 337	---	4	I2 3/4	3/4	9	300	3
I5 1/4 388	---	4	I4 3/4	3/4	10	300	3 1/2
I7 1/4 438	---	4	I6 3/4	3/4	10	250	4
I9 1/4 489	---	4	I8 3/4	3/4	11	250	4 1/2
21 1/4 540	---	4	20 3/4	3/4	12	250	5
23 1/4 591	---	4	22 3/4	3/4	13	200	7
29 1/4 743	---	4	28 3/4	3/4	16	200	10
36 914	---	4	34 3/4	3/4	14	200	16
42 1067	41 1/2	4	40 3/4	3/4	18	200	21

Fig. IV-7. Plato soporte termoplástico para D.I. de 24-47 1/2".

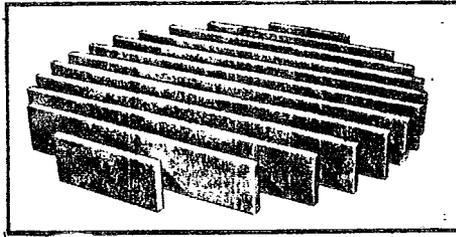


Fig. IV-20 Soporte de rejillas de barras.

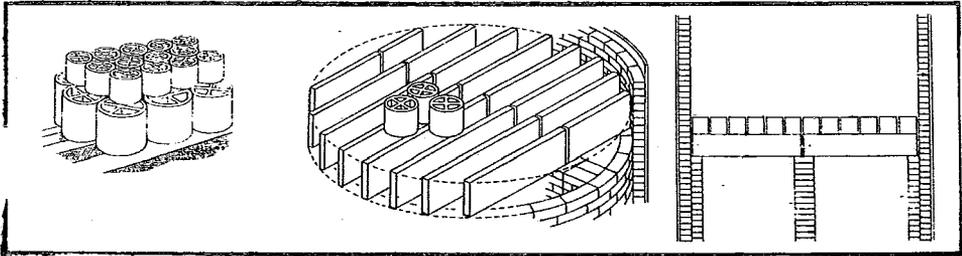


Fig. IV-21 Arreglo tipico de las rejillas de barras con anillos de partición - cruzada

Tamaño del empaque amontonado.	Anillos de partición cruzada recomendables	
	1er método	2o método
3 pulgadas	6"X6" ; El conjunto de anillos en un arreglo cuadrado.	Ninguno
2 pulgadas	6"X6" ; El conjunto de anillos en un arreglo cuadrado	4"X4" ; El conjunto de anillos en un arreglo en diamante
1 1/2 pulgadas	6"X6" ; El conjunto de anillos en un arreglo cuadrado.	4"X4" ; El conjunto de anillos en un arreglo en diamante

Tabla IV-8 Arreglo tipico de las rejillas de barras con anillos de partición - cruzada.

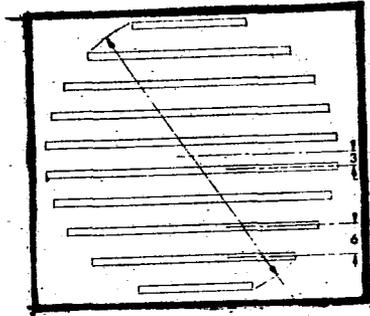


Fig. IV-22 Arreglo de las rejillas cuando son de una pieza.

Diámetro interno de la torre		Carga máxima permisible lb/ft ²			Peso neto aproximado
plg	mm	viga 6"	viga 8"	viga 10"	lbs
33-38	838-965	1500	1500	1500	220
39-44	991-1118	1300	1500	1500	310
45-50	1143-1270	1000	1500	1500	410
51-56	1295-1422	800	1400	1500	510
57-62	1448-1575	650	1150	1500	650
63-68	1600-1727	---	950	1450	770
69-74	1753-1880	---	800	1300	900
75-80	1905-2032	---	700	1100	1060
81-86	2057-2184	---	600	950	1240

Tabla IV-9 Soporte de barras de rejillas de 1 pieza

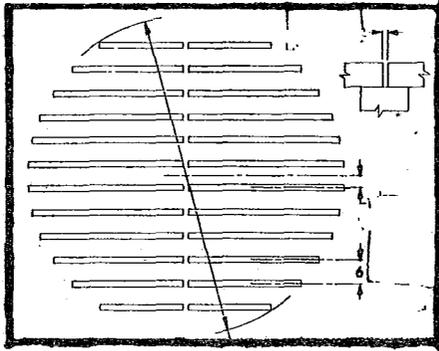


Fig. IV-23 Arreglo de las rejillas cuando son de dos piezas.

Diámetro interno de la torre		Carga máxima permisible lb/ft ²			Peso neto aproximado
plg	mm	viga 6"	viga 8"	viga 10"	lbs
63-68	1600-1727	1500	1500	1500	770
69-74	1753-1880	1500	1500	1500	900
75-80	1905-2032	1500	1500	1500	1060
81-86	2057-2184	1350	1500	1500	1230
87-92	2210-2337	1150	1500	1500	1420
93-98	2362-2489	1050	1500	1500	1610
99-104	2515-2642	900	1500	1500	1830
105-110	2667-2794	800	1450	1500	2050
111-116	2819-2946	700	1300	1500	2290
117-122	2972-3090	650	1150	1500	2540
123-128	3124-3251	---	1050	1500	2800
129-134	3277-3404	---	950	1500	3030
135-140	3429-3556	---	850	1400	3370
141-146	3581-3708	---	800	1250	3680

Tabla IV-10 Soporte de barras de rejillas de 2 piezas

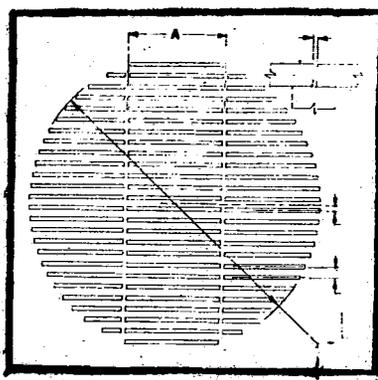


Fig. IV-24 Arreglo de las rejillas cuando son de tres piezas.

Diámetro interno de la torre plg mm	Carga máxima permisible lb/ft ²			Peso neto aproximado lbs	A plg
	viga 6"	viga 8"	viga 10"		
I29-I34 3277-3404	I000	I500	I500	3060	48
I35-I40 3429-3556	I000	I500	I500	3350	48
I41-I46 3581-3708	I000	I500	I500	3640	48
I47-I52 3734-3861	800	I450	I500	5000	54
I53-I58 3886-4013	800	I450	I500	5370	54
I59-I64 4039-4166	800	I450	I500	5750	54
I65-I70 4191-4318	650	II50	I500	6150	60
I71-I76 4343-4470	650	II50	I500	6550	60
I77-I82 4496-4623	650	II50	I500	6970	60
I83-I88 4648-4775	---	950	I500	7410	66
I89-I94 4801-4928	---	950	I500	7850	66
I95-200 4953-5080	---	950	I500	8100	66
201-206 5105-5232	---	800	I250	8310	72
207-212 5258-5385	---	800	I250	8525	72
213-218 5410-5537	---	800	I250	8790	72
219-224 5563-5690	---	700	I050	9270	78
225-230 5715-5842	---	700	I050	9583	78
231-236 5867-5994	---	700	I050	9770	78
237-242 6020-6147	---	600	950	10280	84
243-248 6172-6299	---	600	950	10800	84
249-254 6325-6432	---	600	950	11340	84

Tabla IV-II Soporte de barras de rejillas de 3 piezas.

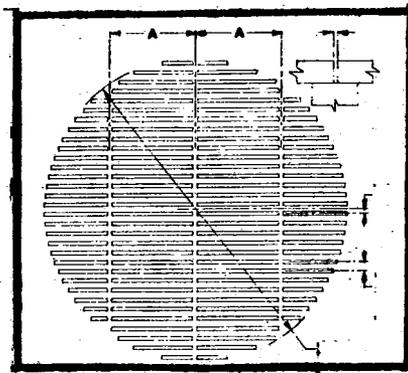


Fig IV-25 Arreglo de las rejillas cuando son de 4 piezas.

Diámetro interno de la torre plg mm	Carga maxima permisible lb/ft ²			Peso neto aproximado lbs	A plg
	viga 6"	viga 8"	viga I02		
I83-I88 4648-4775	I000	I500	I500	6I00	48
I89-I94 480I-4928	I000	I500	I500	6530	48
I95-200 4953-5080	800	I450	I500	6950	54
20I-206 5I05-5232	800	I450	I500	7370	54
207-2I2 5258-5385	800	I450	I500	78I0	54
2I3-2I8 54I0-5537	800	I450	I500	8270	54
2I9-224 5563-5690	650	II50	I500	8770	60
225-230 57I5-5842	650	II50	I500	9250	60
23I-236 5867-5994	650	II50	I500	9740	60
237-242 6020-6I47	650	II50	I500	I0250	60
243-248 6I72-6299	---	950	I500	I0750	66
249-254 6325-6452	---	950	I500	II320	66
255-260 6477-6604	---	950	I500	II870	66
26I-266 6629-6756	---	950	I500	I2430	66

Tabla IV-I2 Soporte de barras de rejillas de 4 piezas.

CAPITULO V

PLATOS DISTRIBUIDORES Y REDISTRIBUIDORES DE FLUJO.

- Platos distribuidores de flujo.

La distribución del líquido juega un papel muy importante en la operación eficiente de todo lecho empacado. Un buen empacado desde el punto de vista de proceso, puede ver reducida su efectividad debido a una distribución pobre de el líquido que atraviesa el área de la parte superior de el lecho empacado. Una distribución pobre de el líquido reduce el área húmeda efectiva de el empaque y además promueve el acanalamiento de el líquido.

Los distribuidores del líquido pueden ser usados en cualquier sitio de el lecho empacado en donde sea introducida desde el exterior una corriente de líquido.

El distribuidor debe estar localizado a una altura de 6 a 12 -- pulgadas sobre el empacado de la parte superior, ésta práctica proporciona suficiente espacio libre para el flujo de el gas en la columna y además permite que el gas se pueda desprender de el lecho posterior y pasar a través de el plato distribuidor.

Para una distribución inicial adecuada, la corriente de alimentación de el líquido puede ser subdividida en un número de corrientes separadas igual a $(Dt/6)$, donde Dt, es el diámetro interno de la torre en pulgadas.

Un plato distribuidor ideal de líquido debe reunir las siguientes características:

- A.- Debe proporcionar una distribución de el líquido uniforme.
- B.- Debe poseer resistencia al taponamiento e incrustación.
- C.- Debe proporcionar una relación de retorno descendente alta.
- D.- Debe proporcionar una área libre para el flujo del gas alta.
- E.- Debe ser muy versátil y poderse fabricar de muchos materiales.
- F.- Debe ser de construcción seccionada para su fácil instalación.

- Tipos de platos distribuidores de flujo.

Comunmente se utilizan dos tipos básicos de platos distribuidores.

2.A.- Platos distribuidores de tipo orificio.

2.B.- Platos distribuidores de tipo represa.

2.A.- Platos distribuidores de tipo orificio.

Los distribuidores de tipo orificio se encuentran disponibles - en dos diseños básicos.

2.A.1.- Platos distribuidores de tipo orificio diseño de cacerola.

2.A.2.- Platos distribuidores de tipo orificio diseño de escalera.

2.A.1.- Platos distribuidores de tipo orificio diseño de cacerola.

Los distribuidores de tipo orificio diseño de cacerola se usan con más frecuencia en torres de diámetro interno pequeño que oscile entre 6 y 47 1/2 pulgadas. Usando este tipo de plato distribuidor la alimentación se hace en el centro de el plato, de tal manera que se forma una cabeza hidrostática uniforme sobre todos los orificios.

Los distribuidores de tipo orificio diseño de cacerola se pueden adaptar a un rango muy amplio de velocidades de flujo, variando simplemente el tamaño y número de los orificios de la cacerola. Este tipo de distribuidores proporcionan una relación de retorno descendente de 4 a 1. En este distribuidor la cacerola es soportada por levantadores igualmente espaciados los cuales forman un espacio anular entre el plato distribuidor y la pared de la columna, provocando que el gas ascienda parcialmente a través del espacio anular y parcialmente a través de los levantadores.

Los platos distribuidores de este tipo son fabricados en metal, cerámica y plástico. Los distribuidores metálicos generalmente están construídos en una pieza para las torres cuyo diámetro interno oscila entre 6 y 11 3/4 pulgadas, y son soportados por cuatro levantadores igualmente espaciados; para torres cuyo diámetro interno va de 12 a 34 pulgadas, este mismo plato distribuidor generalmente esta fabricado en dos piezas y es soportado por cuatro levantadores igualmente espaciados; finalmente para torres cuyo diámetro interno va de 35 a 47 1/2 pulgadas el plato distribuidor de este diseño ge-

neralmente es fabricado en tres piezas y es soportado por seis levantadores igualmente espaciado.

Los platos distribuidores de este tipo, que son contruidos de materiales plásticos -vinilester, poliester, resinas epoxicas reforzadas con fibra de vidrio- su construcción estandar es en dos piezas y es soportado por cuatro cargadores igualmente espaciados. La temperatura máxima de operación para estos platos distribuidores es tá limitada a sólo 140 °F, ya que están unidos por tornillos y tuercas de P.V.C.

Estos platos distribuidores también se fabrican en P.V.C. y poli propileno, cuyas temperaturas máximas de operación son de 140 °F y de 150 °F respectivamente.

Los platos distribuidores de este tipo también son fabricados en porcelana química y cerámica Aludur Alumina, se reduce la caída de presión a través de el plato distribuidor y además proporciona un retardo en la velocidad de flujo de el líquido ya que el efecto de el gradiente hidráulico sobre el líquido es pequeño, y además proporciona una distribución de el líquido más uniforme.

2.A.2.- Platos distribuidores de tipo orificio diseño de escalera.

Los platos distribuidores de tipo orificio diseño de escalera, - proporcionan una distribución de el líquido bastante uniforme sobre la sección transversal íntegra de la torre, además proporcionan una área libre para el flujo de el gas elevada.

Se pueden fabricar de cualquier metal o plástico que pueda tubularse, su construcción es seccionada para facilitar su ensamble en el interior de la torre. Proporciona relaciones de retorno descendentes bajas y no son recomendables para el manejo de líquidos que solidifiquen a la temperatura de operación.

Son recomendables para torres cuyo diámetro interno va de 17 1/4 a 117 1/4 pulgadas. Este plato distribuidor está diseñado para ser usado donde la alimentación de el líquido es a presión y cuando la velocidad mínima de el líquido caiga en un 40% como mínimo de la velocidad máxima permisible mostrada en las tablas finales.

Este tipo de plato distribuidor es particularmente efectivo donde a través de el lecho empacado se localizan velocidades másicas - de el gas elevadas y donde se hace necesario un espacio libre neto en exceso de un 70%, para prevenir la inundación local de la columna. El número, las dimensiones y la posición de los orificios se determina por la velocidad de el líquido y el arreglo específico.

El uso de este plato distribuidor está limitado a el manejo de líquidos libres de sólidos o equipado con un filtro adicional especialmente diseñado para remover cualquier partícula que pueda bloquear o taponear los orificios.

La velocidad máxima de el líquido no debe ser mayor de 10 GPM/ - Ft².

Tal velocidad proporciona una distribución de el líquido excelente. A velocidades más elevadas de el líquido este plato distribuidor se ve afectado adversamente en su funcionamiento, ya que a velocidades más altas que la recomendada, este plato distribuidor causa niebla y salpicaduras de consideración.

Se recomienda que este tipo de platos distribuidores estén localizados entre 6 y 8 pulgadas de altura sobre la parte superior de el lecho empacado. Las laterales de estos distribuidores tienen en sus partes terminales rosca con el propósito de permitir su fácil instalación y ensamble en el interior de la columna.

2.B.- Platos distribuidores de tipo represa.

Los platos distribuidores de este tipo son ampliamente usados ya que difícilmente se incrustan y ofrecen una relación de retorno descendente elevada.

Los platos distribuidores de tipo represa se encuentran en dos diseños básicos.

2.B.1.- Platos distribuidores de tipo represa diseño de cacerola.

2.B.2.- Platos distribuidores de tipo represa diseño de tina.

2.B.1.- Platos distribuidores de tipo represa diseño de cacerola.

Un plato distribuidor de este tipo proporciona aproximadamente -

la misma área libre para el flujo de el gas que un plato distribuidor de tipo orificio diseño de cacerola.

Estos distribuidores poseen elevaciones cilíndricas con represas en "V", las cuales sirven como bajadas para el líquido, lo que permite el manejo de flujos de líquido más grandes a medida que se incrementa la cabeza hidrostática.

Estos platos distribuidores son muy usuales en columnas hasta de 47 1/2 pulgadas de diámetro interno. La estructura de estos platos distribuidores está soportada por tres levantadores igualmente espaciados para torres cuyo diámetro interno es menor de 20 pulgadas, los cuales están contruidos en una pieza. Para torres cuyo diámetro interno va de 20 a 35 pulgadas, los platos distribuidores son contruidos en dos piezas y están soportados por cuatro levantadores igualmente espaciados. Para torres cuyo diámetro interno va de 36 a 47 1/2 pulgadas, los platos distribuidores son contruidos en tres piezas y son soportados por cuatro levantadores igualmente espaciados. Los levantadores proporcionan un espacio anular entre el plato distribuidor y la pared de la columna, provocando que el gas suba parcialmente a través de el espacio anular y parcialmente a través de los levantadores. Si a la cacerola se le practican ranuraciones de goteo en la base de cada elevación cilíndrica se auxilia a la operación de transferencia en el lecho empacado inmediatamente inferior, ya que estas ranuras mantienen una distribución de el líquido más uniforme.

Las velocidades de el líquido mostradas en las tablas para este tipo de platos distribuidores son para velocidades de el gas equivalentes a un Fs. igual a 1.0; las velocidades máximas de el líquido se reducen a velocidades de el gas elevadas. La velocidad máxima de el líquido en la alimentación es de 10 Ft./Seg.

Estos platos distribuidores son para ser utilizados cuando la alimentación se hace en la parte central de la sección transversal de la columna y con la corriente de 2 a 8 pulgadas sobre el borde de la cacerola.

2.B.2.- Platos distribuidores de tipo represa diseño de tina.

Los platos distribuidores de este tipo son recomendables para torres de diámetro interno grande. Estos platos distribuidores ofrecen una área libre para el flujo de el gas elevada.

Las tinas y compartimento de separación son fabricados en piezas individuales separadas para facilitar su instalación a través de las toberas de mantenimiento. Estos platos distribuidores proporcionan una relación de retorno descendente y una resistencia a las incrustaciones excelente, por lo que pueden ser usados donde las corrientes de el líquido contengan sólidos en suspensión o los fluidos puedan solidificar a la temperatura ambiente. Esto capacita a estos platos distribuidores para funcionar eficientemente durante el arranque de la operación cuando las temperaturas de congelación de los líquidos manejados son mayores a la temperatura ambiente.

Estos platos distribuidores son muy versátiles ya que incorporan un diseño de represa compuesto que lo capacita efectivamente para el manejo de el flujo de el líquido en un amplio rango. Estos platos distribuidores son particularmente efectivos en torres empacadas grandes que manejan volúmenes de gas y líquido elevados.

Estos platos distribuidores consisten en una serie de tinas selladas en el fondo. El líquido es alimentado a uno o más compartimientos de separación y desde allí a las tinas. El número de compartimientos de separación son una función de el diámetro interno de la torre y de el flujo de el líquido. Este plato distribuidor proporciona una relación de retorno descendente de 4 a 1.

La velocidad máxima de alimentación de el líquido es de 12 Ft/Seg.

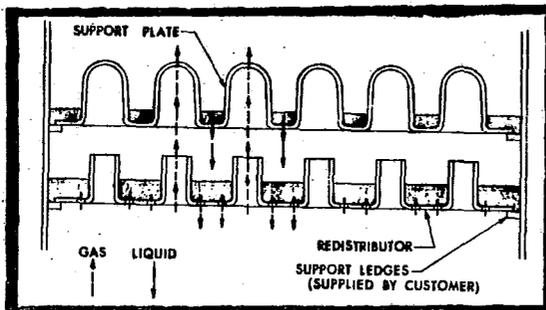
Para columnas cuyo diámetro interno es mayor de 120 pulgadas equipadas con este tipo de plato distribuidor metálico es necesario proporcionar a el sistema un soporte intermedio.

La instalación de estos platos distribuidores se hace a través de toberas de mantenimiento de 16 pulgadas de diámetro interno. Se fabrican de materiales metálicos, de plástico y de porcelana química.

.- Platos redistribuidores de flujo.

El líquido que desciende a través de el lecho empacado y sobre -- las paredes de la torre debe ser redistribuido, su redistribución le permitirá a este líquido ser dirigido a el área central de la torre, para tal operación es necesario equipar a la torre con un plato re-- distribuidor que recolecte a el líquido descendente y lo distribuya uniformemente a el lecho inmediatamente inferior. Esta operación ocasiona que la porción de el líquido que es recolectado de las paredes de la torre pueda ser aprovechado nuevamente para efectuar la operación de transferencia de masa. El plato redistribuidor igualmente corrige la coalescencia de el líquido descendente, éste fenómeno se -- presenta hasta con el tipo de empaque más eficiente.

El criterio de diseño que se sigue en el diseño de un plato redistribuidor, inicialmente es el mismo que se sigue en el diseño de un plato distribuidor, adicionalmente el plato redistribuidor debe ser compatible con el plato soporte bajo el cual se encuentra. La figura ilustra el uso de el conjunto plato soporte-plato redistribuidor.



En la figura se observa la alineación que guardan las elevaciones de el plato redistribuidor para el flujo de el gas, con las elevaciones para el flujo de el gas de el plato soporte, con esto se previene que el líquido entre por los pasajes de el gas con lo cual el conjunto provoca una caída de presión mínima. Es aconsejable que la instalación de el plato soporte sea de tal forma que la distancia entre la parte superior de las subidas para el flujo de el gas de el plato redistribuidor y la parte inferior de las subidas para el flu-

jo de el gas de el plato soporte, no sea mayor de 3 pulgadas. Si esta distancia es mayor de 3 pulgadas se recomienda el uso de cubiertas o tapaderas en las elevaciones para el flujo de el gas, con esto se evita que pase líquido a través de ellas.

De lo anterior se concluye que el propósito de el plato redistribuidor es la de eliminar los factores que causen una pérdida en la eficiencia de el lecho empacado y restablecer una trayectoria de irrigación uniforme de el líquido.

La construcción de los platos redistribuidores es seccional para permitir su fácil instalación a través de las toberas de mantenimiento. Para la instalación de el plato redistribuidor debe equiparse a la columna con bordes soporte. Para torres cuyas dimensiones van de 12 a 47 1/2 pulgadas de diámetro interno el plato soporte y el plato redistribuidor pueden estar soportadas por el mismo borde soporte. En columnas cuyas dimensiones sean mayores de 48 pulgadas de diámetro interno deben estar equipadas con un borde soporte para el plato soporte y con un borde soporte para el plato redistribuidor.

- Ecurridores de pared.

Existe una clase de equipo interno de la torre que frecuentemente se les llama redistribuidores. A este tipo de equipo se le conoce como escurridores de pared. Generalmente se requiere de este tipo de equipo en torres empacadas donde la eficiencia está siendo reducida debido a el gran porcentaje de líquido que descende por la pared de la columna. Estos problemas son típicos de las torres de diámetro interno pequeño. Este equipo puede ser instalado en cualquier punto de el lecho empacado entre el empaque, encima de el empaque, sobre los platos distribuidores ordinarios, ya sea en un borde soporte instalado en la columna o entre secciones bridadas de la columna.

Este equipo proporciona las siguientes ventajas de operación.

4.A.- Aumento de la capacidad de el lecho para el manejo de el flujo de el líquido.

- 4.B.- Elimina la vaporización de el líquido sobre las paredes de la columna.
- 4.C.- Su diseño no permite que se incruste.
- 4.D.- Permite un espaciamento entre los platos distribuidores mayor.
- 4.E.- Proporciona un porcentaje de espacio libre para el flujo de el gas constante sin tomar en cuenta el diámetro de la columna.

5.- Platos especiales.

- 5.A.- Plato distribuidor-redistribuidor tipo orificio diseño de cacerola.

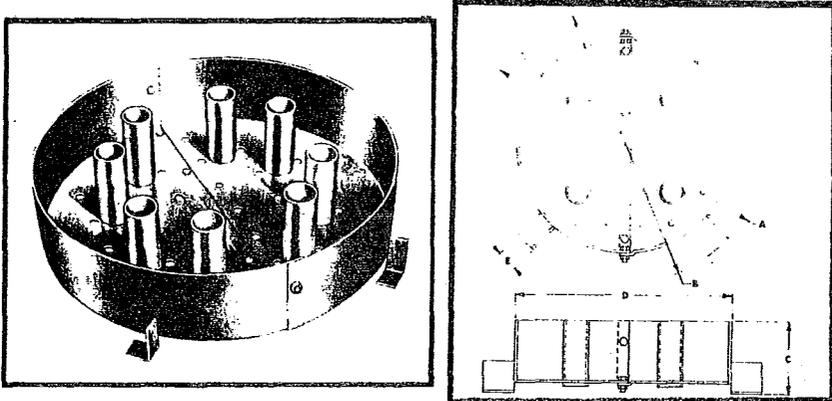
Un plato distribuidor-redistribuidor de tipo orificio es usado cuando un distribuidor de tipo orificio es necesario ó -- cuando un redistribuidor de tipo colector es necesario para distribuir la corriente de alimentación introducida entre dos lechos empacados.

- 5.B.- Plato soporte dispersor.

Un plato soporte dispersor es utilizado en extracción líquido-líquido. El plato funciona como un plato soporte o bien como dispersor.

2.A.1.-Platos distribuidores de tipo orificio diseño de cacerola.

a.-Construcción Estandar en metálico.



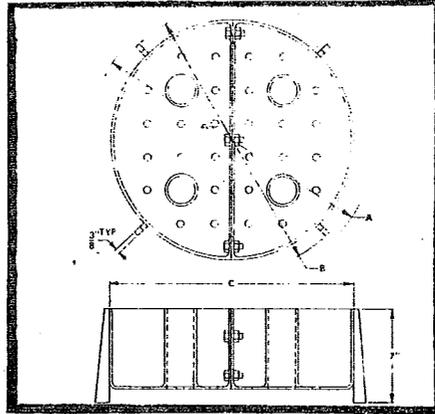
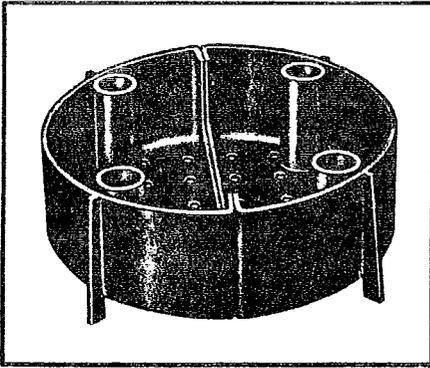
a.1.-Figura y Diagrama.

a.1.-Tabla de características físicas.

Diametro in terno de la torre. A	Diámetro de el plato B	Altura C	Diámetro de caca rola. D	Ancho del levantador E	Borde soporte Min.	Diametro de acce so Min.	Flujo en G.P.M.	Peso aprox lbs.	
Plg.	mm.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.	Min. Max.		
6	152	5 3/4	7	5 1/4	1/4	3/4	6	10	5
8	203	7 3/4	7	7	1/4	3/4	8	17	7
10	254	9 3/4	7	8 5/8	1/4	3/4	10	27	9
12	305	11 3/4	7	10 1/2	1 1/2	3/4	9 1/4	41	12
13 1/4	337	13	7	10 1/2	1 1/2	3/4	9 1/4	41	14
14 1/4	362	14	7	12 1/4	1 1/2	1 3/4	9 3/4	54	14
15 1/4	388	15	7	12 1/4	1 1/2	3/4	9 3/4	54	16
17 1/4	438	17	7	15 1/8	1 1/2	3/4	10 1/2	82	18
19 1/4	489	19	7	16 3/4	1 1/2	1	11 1/4	96	27
21 1/4	540	21	7	18	1 1/2	1	11 3/4	110	30
23 1/4	591	23	7	20 3/4	1 1/2	1	12 3/4	96	32
29 1/4	743	28 3/4	7	26 1/2	1 1/2	1	15 1/4	137	48
36	914	35 1/2	8	31 3/4	1 1/2	1	14 1/4	195	63
42	1067	41 1/2	8	37	1 1/2	1 1/2	16	264	80
47 1/2	1206	47	8	42 3/4	1 1/2	1 1/2	18 1/4	367	100

b.-Construcción Estandar en material plástico y termoplástico.

-F.R.P., P.P., P.V.C.-

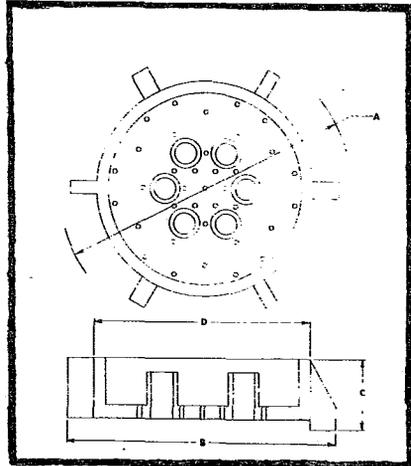
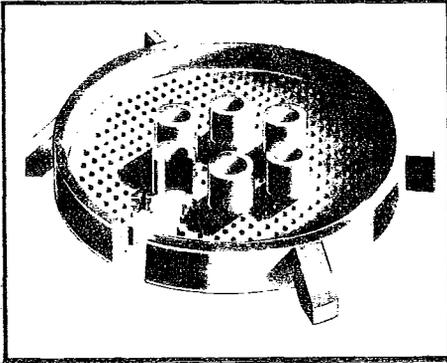


b.1.-Figura y Diagrama.

b.1.-Tabla de características
Físicas.

Diámetro interno de el plato A	Diámetro externo de el plato B	Diámetro de la cacerola C	Borde soporte Min.	Diámetro de acero min. para 2 P.G.	Flujo en G.P.M.			Peso neto aprox. (Lbs.)		
					Min.	Max.		FRP	PP	PVC
Fig. mm.	Fig.	Fig.	Fig.	Fig.	1 PC.	2 PC.				
12 305	11 3/4	10 3/8	3/4	9	3/4	1 1/2	41	5	4	6
14 356	13 3/4	12 1/4	3/4	10	1	1 1/2	54	6	4.5	5.6
15 381	14 3/4	12 1/4	3/4	10	1 1/4	2	75	6	4.5	5.6
16 406	15 3/4	13 3/4	3/4	10	1 1/2	2 1/2	82	7	5	7.5
18 457	17 3/4	14 3/8	3/4	11	1 3/4	2 3/4	96	8	6	9
20 508	19 3/4	18	1	12	2 1/4	3 1/2	110	12	9	13.5
22 559	21 3/4	19 3/8	1	12	2 1/2	4	137	13	9.5	14.2
24 610	23 3/4	20 3/4	1	13	3	4 3/4	96	14	10	15

c.-Construcción Estandar en Porcelana Química y Ceramica Aludur
Alumina.



b.1.-Figura y Diagrama.

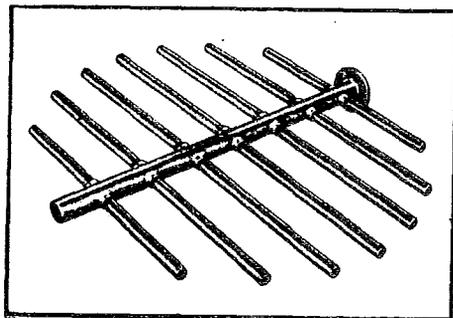
b.1.-Tabla de características

Físicas.

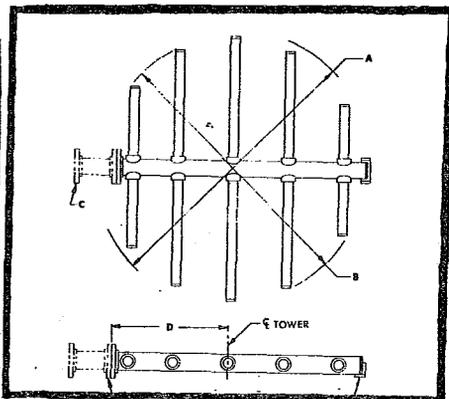
Diámetro interno de la torre A.	Diámetro externo de el plato B.	Altura C.	Diámetro de la cacerola D.	Borde soporte Min.	Flujo en GPM.		Peso neto aprox. Lbs.	
					Min.	Max.		
Fig.	mm.	Fig.	Fig.	Fig.	Fig.	Fig.	Fig.	
8	203	7 1/2	3	6 1/2	3/4	1	4 1/4	6
9	229	8 1/2	3 1/2	8	3/4	2	7 1/2	8
10	254	9 1/2	3 1/2	8	3/4	2	7 1/2	8
12	305	11 1/2	3 1/2	9	3/4	2 1/2	10	12
14	356	13 1/2	3 1/2	11	1	5	20	15
15	381	14 1/2	3 1/2	11	1	5	20	20
16	406	15 1/4	3 5/8	12 1/2	1	6	26	22
18	457	17 1/4	5 1/8	14	1	6 1/2	37	25
20	508	19 1/4	5 1/4	16	1	7 1/2	45	40
22	559	21 1/4	5 3/4	20	1	10	60	45

2.A.2.-Platos distribuidores de tipo orificio diseño de escalera.

a.-Construcción Estandar en metálico.



a.1.-Figura y Diagrama.



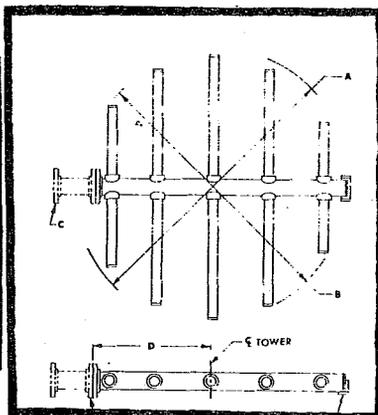
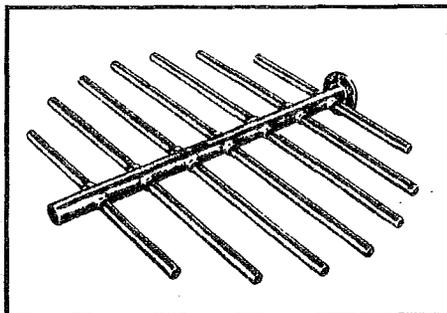
a.1.-Tabla de características

Físicas.

Diámetro interno de la torre A		Diámetro externo de el plato B		Tamaño de la tapa C	Distancia de el centro de la torre a el frente de la brida. D	No.de rales por lado	Flujo en GPM	Peso neto aprox.
Plg.	mm.	Plg.	Plg.	Plg.	Plg.		Max.	Lbs.
17	1/4	438	15	3/4	2	6	18	14
23	1/4	591	21	3/4	2	9	30	17
29	1/4	743	27	3/4	2	12	46	22
36		914	34	1/2	2	15	70	30
42		1067	40	1/2	2	18	96	45
48		1219	46	1/2	3	20	125	75
54		1372	51	3/4	3	23	160	82
60		1524	57	3/4	3	25	196	95
66		1676	63	3/4	4	29	235	125
72		1829	69	3/4	4	32	282	150
84		2134	81	3/4	4	37	380	175
96		2438	93	3/4	6	43	500	250
108		2743	105	3/4	6	49	635	420
120		3048	117	3/4	6	55	785	455

b.-Construcción Estandar en material termoplastico.

-P.P.,P.V.C.-



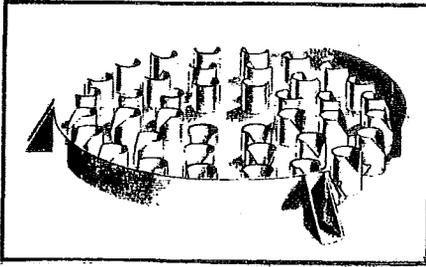
b.1.-Figura y Diagrama.

b.1.-Tabla de características
Físicas.

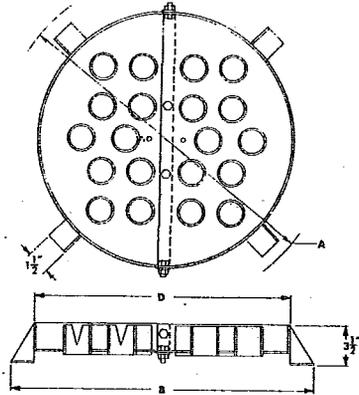
Diámetro interno de la torre	Diámetro externo de el plato	Tamaño de la tapa	Distancia de el centro de la torre a el frente de la brida.	No. de laterales por lado	Flujo en GPM	Peso neto aprox. Lbs		
						A	B	C
18	457	15 3/4	2	6 1/2	3	18	1 3/4	2.625
24	610	21 3/4	2	9 3/4	3	30	2	3
30	762	27 3/4	2	12 3/4	4	46	3	4.5
36	914	34 1/2	2	15 1/2	5	70	4	6
42	1067	40 1/2	2	18 1/2	6	96	6	9
48	1219	46 1/2	3	20 1/2	7	125	10	15
54	1372	51 3/4	3	23	7	160	12	18
60	1524	57 3/4	3	25 1/2	5	196	14	21
66	1676	63 3/4	4	29	5	235	17	25.5
72	1829	69 3/4	4	32	6	282	20	30
84	2134	81 3/4	4	37 1/2	6	380	24	36
96	2438	93 3/4	6	43 1/2	7	500	45	67.5
108	2743	105 3/4	6	49 1/2	8	635	54	81
120	3048	117 3/4	6	55 1/2	8	725	60	90

2.B.1.-Platos distribuidores de tipo represa diseño de cacerola.

a.-Construcción Estandar en metálico.



a.1.-Figura y Diagrama.

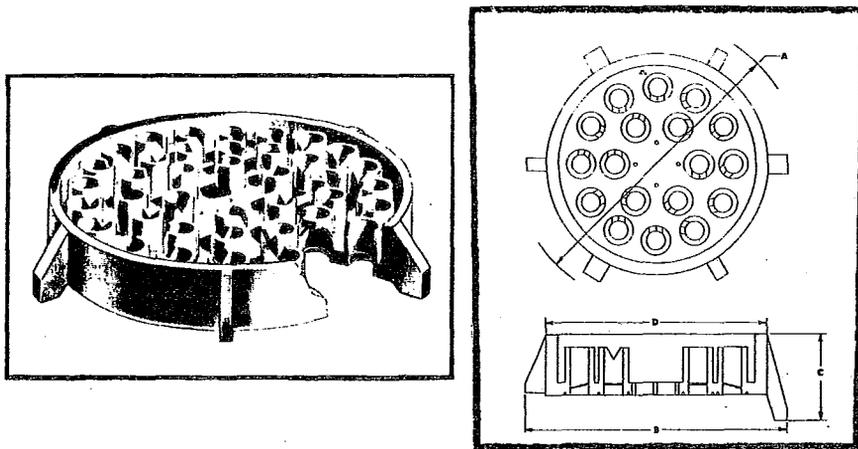


a.1.-Tabla de características

Físicas.

Diámetro interno de la torre A	Diámetro de el plato B	Diámetro de la cacerola D	Flujo en G.P.M.		Diámetro mínimo de acceso
			Min.	Max.	
12	a 16	10 1/2 a 11 3/8	1 1/4	8.5	D/2 + 1 3/8
16	1/4a 18	14 1/2	1 1/4	8.5	B/2 + 1 3/8
18	1/4a 20	16 1/2	2 3/4	20	9 1/2
20	1/4a 23	18	3 1/4	23	10 1/4
23	1/4a 24 1/2	20	4	29	11 1/2
24	1/2a 26	20	4	29	11 1/2
26	1/4a 27	22 1/2	4 1/2	32	12 1/2
27	1/4a 29	23 1/2	5 1/4	37	12 3/4
29	1/4a 30	25	5 3/4	40	13 1/2
30	1/4a 34	26	7 1/2	51	14
34	1/4a 35	30	9 1/2	66	16
35	1/4a 37	30	9 1/2	66	13
37	1/4a 38	32 1/2	10	69	13
38	1/4a 39	33 1/2	11	74	13
39	1/4a 40	34 1/2	12	86	13 1/4
40	1/4a 41	35 1/2	13	91	14
41	1/4a 42	36	13	91	14
42	1/4a 43	37	14	94	14 1/2
43	1/4a 44	38	15	100	14 3/4
44	1/4a 45	39	16	112	15 1/4
45	1/4a 46	40	17	120	15 3/4
46	1/4a 47	41	18	126	16
47	1/4a 47 3/4	42	19	132	16 1/2

b.-Construcción Estandar en Porcelana Química y Cerámica Aludur
Alumina.



b.1.-Figura y Diagrama.

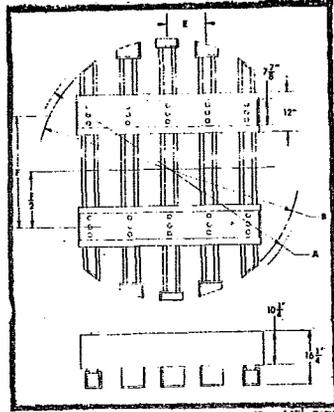
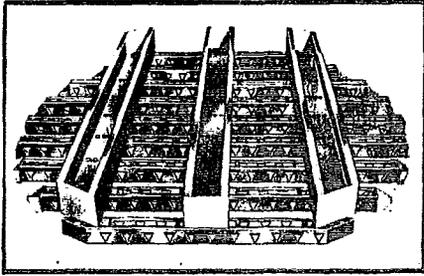
b.1.-Tabla de características

Físicas.

Diámetro interno de la torre		Diámetro externo de el plato		Altura	Diámetro de la cacerola	Número de re presas	Borde soporte	Flujo en G.P.M.		reso neto aprox. lbs.
A	mm.	B	Plg.					C	Plg.	
24	610	25	6 1/2	20	12	1 1/2	6	49	60	
30	762	29	6 3/4	25	18	1 1/2	8	77	75	
36	914	35	6 3/4	30	24	1 3/4	11	99	130	

2.B.2.-Plato distribuidor de tipo represa diseño de tina.

a.-Construcción Estandar en metálico.



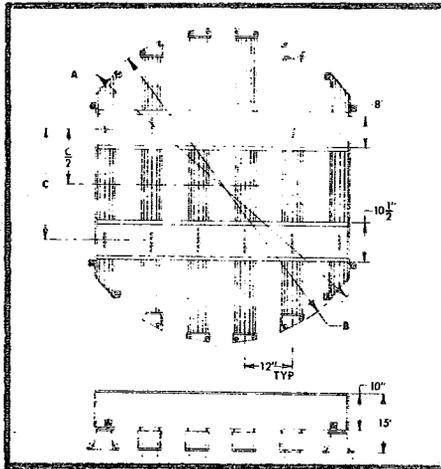
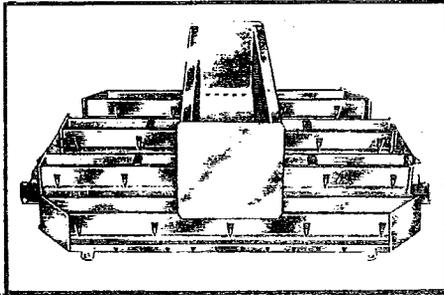
a.1.-Figura y Diagrama.

a.1.-Tabla de características

Físicas.

Diámetro interno de la torre A	Diámetro de el plato B	E	No. de tinajas F	Flujo en G.P.M. No.de cajas de separación					
				Una		Dos		Tres	
Fig.	Fig.	P/E.	Fig.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
36 a 46	35 1/4 a 45 1/4	12	2	10	373	---	---	---	---
46 1/2 a 58	45 3/4 a 57 1/4	12	3	20	556	136	712	---	---
58 1/2 a 70	57 3/4 a 69 1/4	12	4	24	770	188	1156	---	---
70 1/2 a 82	69 3/4 a 81 1/4	12	5	28	984	240	1716	---	---
82 1/2 a 94	81 3/4 a 93 1/4	12	6	34	---	55	2226	---	---
94 1/2 a 106	93 1/2 a 105	12	7	36	---	92	2568	---	---
106 1/2 a 118	105 1/2 a 117	12	8	40	---	102	2825	---	---
118 1/2 a 127	117 1/2 a 126	15	7	54	---	130	2654	---	---
127 1/2 a 142.5	126 1/2 a 141 1/2	15	8	60	---	147	2990	---	---
143 a 154	141 1/2 a 152 1/2	15	9	62	---	208	3250	---	---
143 a 154	141 1/2 a 152 1/2	15	9	76	---	---	---	780	4600

b.-Construcción Estandar en metal para "Flujo Lento"



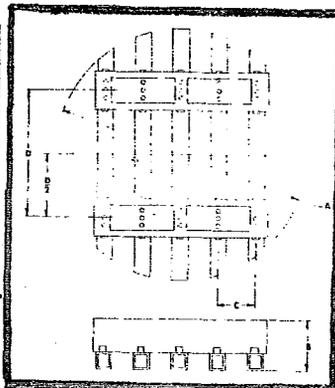
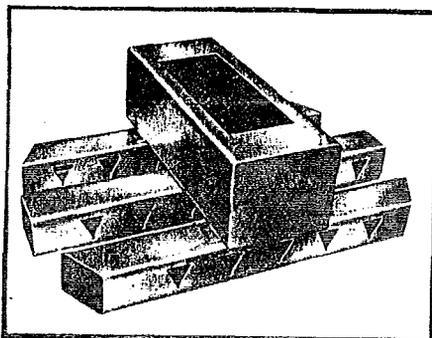
b.1.-Figura y Diagrama.

b.-Tabla de características
Físicas

Diametro interno de la torre.	Diametro de el plato B	Distancia de centro a centro de las ca- jas de se- paracion. C	No. de tinas	Borde de soporte Min.	Flujo en G.P.M.		Peso neto aprox. lbs.
					Fig. A	Fig. B	
48	1219	47 1/4	4	1 1/2	4	38	85
54	1572	53 1/4	4	1 1/2	5	48	95
60	1524	59 1/4	5	2	6	60	120
66	1676	65 1/4	5	2	7	68	130
72	1829	71 1/4	28	2 1/2	8	85	200
84	2134	83 1/4	34	2 1/2	12	115	260
96	2438	95	36	2 1/2	16	150	320

c.-Construcción Estandar en material plástico y termoplástico.

-F.R.P., P.P., P.V.C.-



c.1.-Figura y Diagrama.

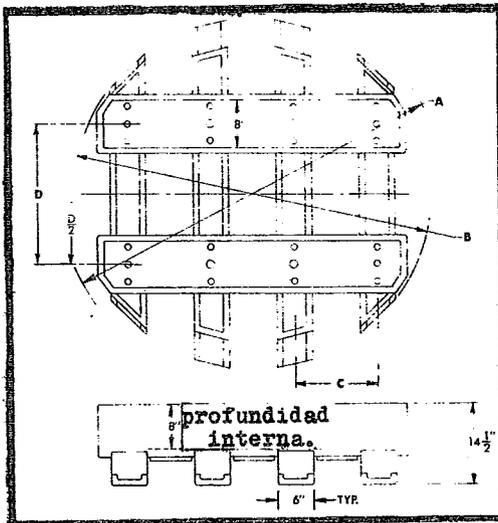
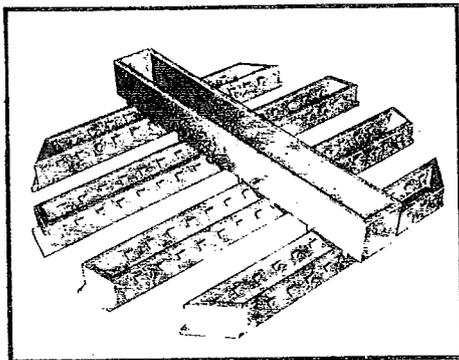
c.1.-Tabla de características

Físicas.

Diámetro interno de la torre	Diámetro externo de el plato		Distancia de centro a centro de Tin. Cajas				Borde superior	No de Tin	Número de cajas de separación						Peso neto aprox. (Lbs.)		
	A	B	C	D	Min.	Max.			Una		Dos		Tres		FRP	PP	PVC
	Plg. mm.	Plg.	Plg.	Plg. Plg.	Plg.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.				
30	762	29 1/4	10	12	---	1	2	6	100	---	---	---	---	12	9	13.5	
36	914	35 1/4	16	12	---	1	2	10	360	---	---	---	---	23	17	25.5	
42	1067	41 1/4	16	12	---	1 1/2	2	10	425	---	---	---	---	25	18	27	
48	1219	47 1/4	16	12	20	1 1/2	3	20	550	136	760	---	---	56	41	60.5	
54	1372	53 1/4	16	12	20	1 1/2	3	20	590	136	920	---	---	60	44	66	
60	1524	59 1/4	16	12	24	2	4	40	770	188	1180	---	---	85	62	93	
66	1676	65 1/4	16	12	24	2	4	40	770	188	1425	---	---	90	66	99	
72	1829	71 1/4	16	12	28	2 1/2	5	50	980	240	1700	---	---	115	85	127.5	
78	1981	77 1/4	16	12	28	2 1/2	5	50	980	240	1970	---	---	123	90	135	
84	2134	83 1/4	16	12	34	2 1/2	6	---	---	55	2225	---	---	153	112	168	
90	2286	89 1/4	16	12	34	2 1/2	6	---	---	55	2225	---	---	160	117	175.5	
96	2438	95	16	12	36	2 1/2	7	---	---	92	2570	---	---	190	140	216	
102	2591	101	16	12	36	2 1/2	7	---	---	92	2570	---	---	200	146	219	
108	2743	107	16	12	40	2 1/2	8	---	---	102	2825	---	---	235	172	258	
114	2896	113	16	12	40	2 1/2	8	---	---	120	2825	---	---	245	180	270	
120	3048	119	16	15	54	2 1/2	7	---	---	130	2650	---	---	232	170	255	
126	3200	125	16	15	54	3	7	---	---	130	2650	---	---	242	178	267	
132	3353	131	16	15	46	3	8	---	---	147	3000	---	---	280	205	302.5	
138	3505	137	16	15	46	3	8	---	---	147	3000	---	---	288	211	316.5	
144	3658	142 1/2	16	15	48	3	9	---	---	208	3250	---	---	328	240	360	
144	3658	142 1/2	16	15	76	3	9	---	---	---	---	780	4660	375	275	412.5	

d.-Construcción Estandar en Porcelana Química y Cerámica Aludur

Alumina.



d.1.-Figura y Diagrama.

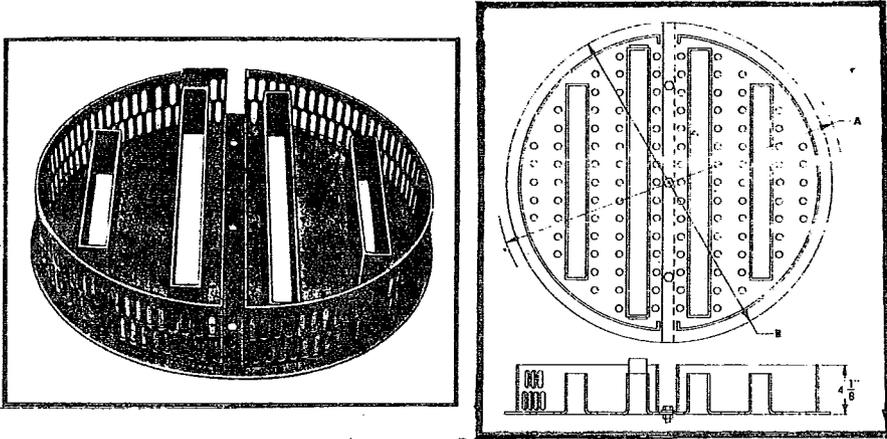
d.1v-Tabla de características

Físicas.

Diámetro interno de la torre	Diámetro externo de el plato	Distancia de centro a centro de		No. de	Borde de soporte	Número de separación		Peso neto aprox.	
		Fin	Bajas			Una	Dos		
A	B	C	D	Fin	Min.	Min.	Max.	Lbs.	
Plg.	mm.	Plg.	Plg.		Plg.	Flujo en G.P.H.			
36	914	34 1/2	15 1/2	---	2	1 3/4	15 200	---	150
42	1067	40 1/2	12	---	3	2	18 240	---	220
48	1219	46 1/2	12	---	3	2	20 270	---	250
54	1372	52 1/2	14 1/2	---	3	2	18 240	---	275
60	1524	58	13	---	4	2	25 340	---	360
66	1676	64	14	---	4	2	25 340	---	410
66	1676	64	14	24	4	2	---	92 690	540
72	1829	70	15 1/2	---	4	2 1/2	25 340	---	440
72	1829	70	15 1/2	24	4	2 1/2	---	92 690	580

3.-Platos Redistribuidores.

a.-Construcción Estandar en metálico.

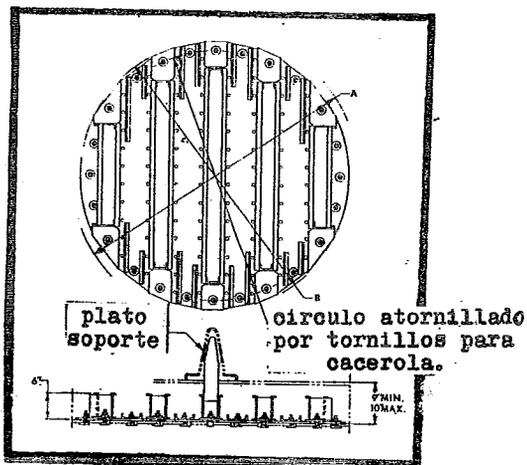
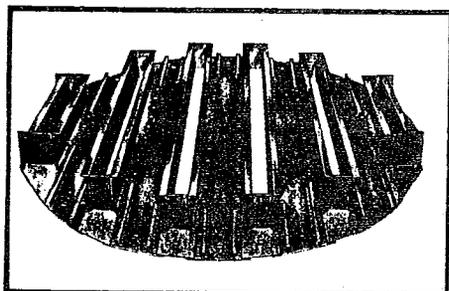


a.1.-Figura y Diagrama.

a.1.-Tabla de características Físicas.

Diámetro interno de la torre.		Diámetro externo de la torre		Borde soporte	Diámetro de acceso.		Flujo en G.P.M.		Peso neto aprox. Lbs.
A	B	Min.	Max.		Min.	Max.			
Fig.	mm.	Fig.	Fig.	Fig.	Fig.	Min	Max.	Lbs.	
12	305	11	3/4	3/4	8	2.3	84	9	
13	1/4 337	13		3/4	9	2.7	101	10	
14	1/4 362	14		3/4	9	2.7	101	12	
15	1/4 388	15		3/4	10	4.4	160	13	
17	1/4 438	17		3/4	10 1/2	5.3	193	16	
19	1/4 489	18	5/8	1	11 1/2	6.2	227	19	
21	1/4 540	20	5/8	1	12	7.1	260	25	
23	1/4 591	22	5/8	1	13	9.2	336	30	
29	1/4 743	28	5/8	1	16	16	596	43	
36	914	35	1/4	1	14 1/4	25	916	66	
42	1067	41	1/4	1 1/2	17 1/4	33	1218	90	
47	1/2 1206	46	3/4	1 1/2	20	45	1638	115	

b.-Construcción Estandar en metálico.



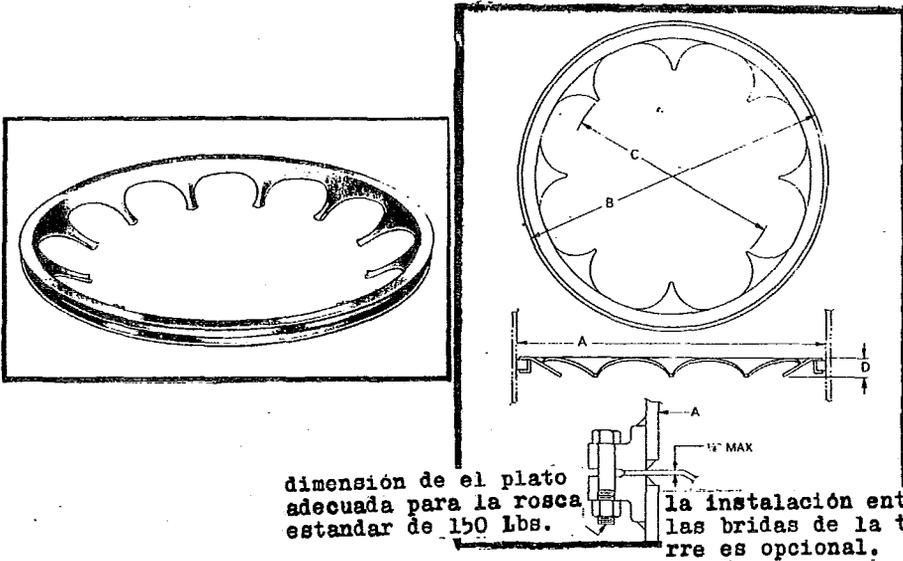
b.1.-Figura y Diagrama.

b.1.-Tabla de características Físicas.

Diámetro interno de la torre A	Diámetro externo de el plato B	Diámetro de el circulo atorni llado	Número de		Borde soporte Min.	Flujo en G.P.M.		Peso neto aprox. Lbs.	
			Piezas	Elevacio nes para el Gas		Min.	Max.		
Plg. mm.	Plg.	Plg.			Plg.				
48	1219	47	43 1/2	10	3	1 1/2	12	470	70
54	1372	53	49 1/2	13	4	1 1/2	17	700	88
60	1524	59	54 1/2	16	5	2	24	840	110
66	1676	65	60 1/2	16	5	2	24	1040	130
72	1829	71	65 1/2	19	6	2 1/2	38	1200	155
78	1981	77	71 1/2	19	6	2 1/2	38	1440	185
84	2134	83	77 1/2	22	7	2 1/2	52	1680	215
90	2286	89	83 1/2	22	7	2 1/2	52	1980	245
96	2438	94 1/2	89 1/2	25	8	2 1/2	66	2280	275
102	2591	100 1/2	95 1/2	25	8	2 1/2	66	2580	315
108	2743	106 1/2	101 1/2	28	9	2 1/2	83	2880	350
114	2896	112 1/2	107 1/2	28	9	2 1/2	83	3220	390
120	3048	118 1/2	113 1/2	31	10	2 1/2	89	3620	435

4.-Escurreidor de pared.

a.-Redistribuidor de flujo tipo escurridor de pared tipo "Rosette" construcción Estandar en metálico.



dimensión de el plato adecuada para la rosca estandar de 150 lbs. la instalación entre las bridas de la torre es opcional.

a.1.-Figura y Diagrama.

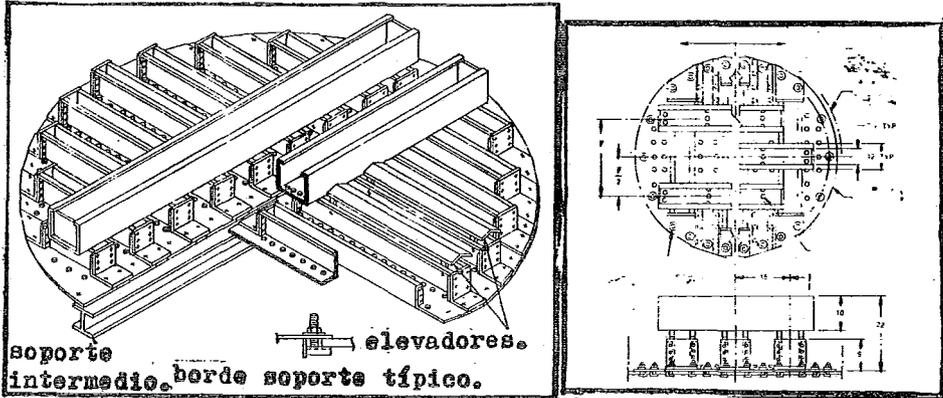
a.1.-Tabla de características Físicas.

Diámetro interno de la torre		Diámetro externo de el plato		Diámetro C	Altura D
A	B	C	D		
PLG.	mm.	PLG.	PLG.	PLG.	PLG.
4		102	El Diámetro	2 13/16	1/4
6	1/16	154	tro exte	4 1/16	1/4
7	15/16	202	no de la	5 7/8	7/16
10		254	banda de	7 5/8	3/8
11	15/16	303	sellado	8 1/2	9/16
13	1/8	333	será 1/16	9 1/2	5/8
15		381	de Pul.	11 1/4	11/16
16	7/8	429	mayor que	12 3/8	13/16
18	13/16	478	el Diámetro	13 3/8	1
21	1/4	540	tro inter	15 7/8	1
22	5/8	575	no de la	16 1/2	1 1/4
23		584	torre.	17 1/2	1 1/4

5.- Platos especiales.

5.A.- Plato distribuidor-redistribuidor.

a.- Construcción estandar en metálico.

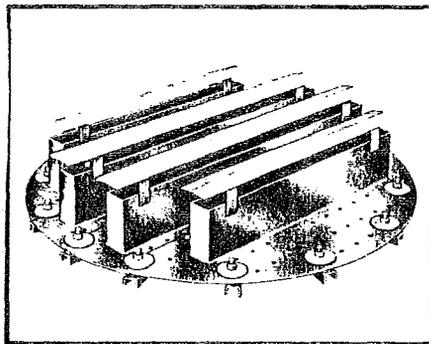


a.1.- Figura y Diagrama.

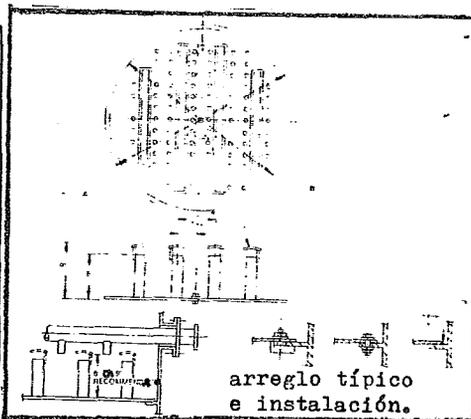
a.1.- Tabla de características Físicas.

Diámetro interno de la torre A Plg.	Diámetro externo de el plato B Plg.	Número de Pzas. Elev.	Borde soporte Min. Plg.	Diámetro mínimo de acceso Plg.	
				Tapas para las elevaciones de el gas Sin	Con
10 a 11 3/4	9 3/4 a 11 1/2	2 2	3/4	Diámetro interno	
12 a 18	11 3/4 a 17 3/4	2 2	3/4	B/2 +	3 3/4 4 7/8
18 1/4 a 19	18 a 18 3/4	2 2	1	B/2 +	2 3/8 3 3/8
19 1/4 a 21	18 5/8 a 20 3/8	2 2	1	B/2 +	2 3/8 3 3/8
21 1/4 a 31 1/4	20 5/8 a 30 5/8	2 4	1	B/2 +	2 1/4 3 1/4
31 1/2 a 35 3/4	30 7/8 a 35 1/8	3 6	1	(B-11)/2 +	2 3/4 3 5/8
36 a 41	35 1/4 a 40 1/4	3 6	1 1/2	(B-11)/2 +	1 3/4 2 5/8
41 1/4 a 47 3/4	40 1/2 a 47	3 8	1 1/2	(B-11)/2 +	1 3/4 2 5/8

b.- Construcción estandar en metálico.



b.1.- Figura y Diagrama.



arreglo típico e instalación.

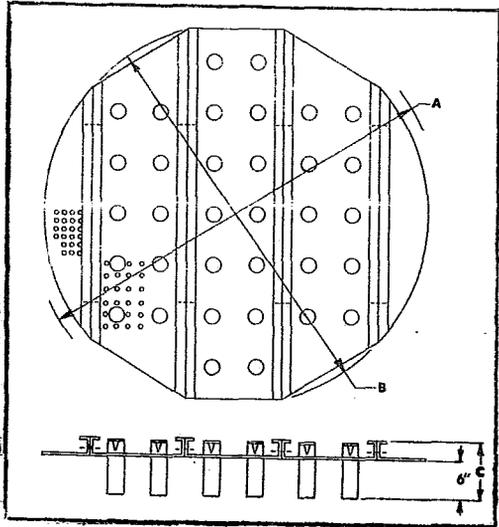
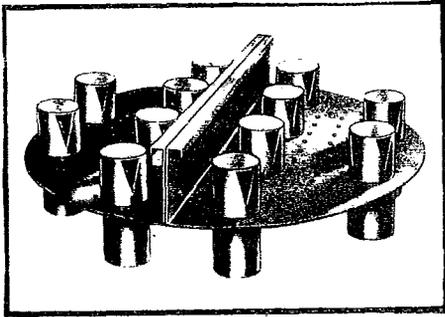
b.1.-Tabla de características

Físicas.

Diámetro interno de la torre		Diámetro externo de el plato		Nó.de elevaciones de el gas	Numero de cajas de separacion						
					Una		Dos		Tres		Dos Tres
A		B			Flujo en G.P.M.						
Plg.		Plg.			Min	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Plg.
48	a 66 1/2	47	a 65 1/2	3	38	860	---	---	---	---	---
61	a 66 1/2	66	a 80 1/2	4	62	1628	---	---	---	---	---
82	a 96 1/2	81	a 95 1/2	5	89	2548	---	---	---	---	---
112	a 119 1/2	110 1/2a	118	7	139	3482	1393	5054	---	---	38
97	a 111 1/2	95 1/2	a 110	6	120	2873	1149	3727	---	---	32
120	a 126 1/2	118 1/2	a 125	7	147	3482	1393	5388	---	---	38
127	a 141 1/2	125 1/2	a 140	8	190	3917	1567	6600	---	---	38
142	a 144	140 1/2	a 142 1/2	9	---	---	226	7852	---	---	40
144 1/2	a 156 1/2	142 1/2	a 154 1/2	9	---	---	226	7852	---	---	40
157	a 171 1/2	155	a 169 1/2	10	---	---	280	6933	2773	9646	40 72
172	a 186 1/2	170	a 184 1/2	11	---	---	335	7456	2982	11658	42 72
187	a 201 1/2	185	a 199 1/2	12	---	---	388	8731	3492	13879	44 90
202	a 216 1/2	200	a 214 1/2	13	---	---	453	9015	3606	16223	44 96
217	a 231 1/2	215	a 229 1/2	14	---	---	525	9400	3760	15114	48 100
232	a 239 1/2	230	a 237 1/2	15	---	---	561	9885	3951	15357	48 104

5.B.- Plato Dispensor.

a.- Construcción estandar en metálico.



a.1.-Figura y Diagrama.

a.1.- Tabla de características Físicas.

Diámetro interno de la torre		Diámetro externo de el plato		Altura	No.de Piezas	Borde soporte	Diámetro de acceso.		G.P.M. Dispersados.	Peso neto aprox.
A	mm.	B					Min.	Max.		
Fig.		Fig.		Fig.		Fig.	Fig.			
12		11	1/2	9	1	3/4	----	12	6	
13	1/4	12	3/4	9	1	3/4	----	17	7	
15	1/4	14	3/4	9	1	3/4	----	22	8	
17	1/4	16	3/4	9	2	1	16	28	12	
19	1/4	18	1/2	9	2	1	16	35	15	
23	1/4	22	1/2	9	2	1	16	50	25	
29	1/4	28	1/2	9	2	1	16	78	32	
36		35		9	3	1	17	110	60	
42		41		9	3	1 1/2	17	150	80	
48		47		9	3	1 1/2	17	200	110	
54		53		9	5	1 1/2	17	250	130	
60		59		11	5	2	18	310	175	
66		65		11	6	2	18	380	210	
72		71		11	6	2 1/2	18	450	255	
84		83		11	7	2 1/2	18	610	340	
96		94	1/2	11	8	2 1/2	18	800	450	

CONCIUCIONES

En el análisis realizado en este trabajo encontramos la importancia de contar con la información apropiada sobre el diseño total de una torre empacada. Es necesario contar con los datos de las condiciones que van a rejar al funcionamiento de la torre, para poder hacer la elección de los tipos y modelos de las partes internas de la torre.

Para realizar una elección apropiada del tipo y características que deben llenar las partes integrales de la columna se calculan las diferentes variables adherentes al diseño del equipo. Una vez realizada esta importante labor en el diseño de la torre, se pasa hacia el cálculo de dimensionamiento, así como la selección del tipo de material que se utilizará en el diseño de las partes internas relacionadas con la columna.

Para la selección del tipo de empaque que se va a utilizar, el fabricante de estos presenta datos y tablas relacionados con el funcionamiento y características que posee cada tipo diferente de los modelos que construye. Entre los datos que deberá mencionar se encuentran: el tamaño del empaque, porcentaje de espacio libre, superficie esférica, número de piezas por ft^3 , peso de volteo, y el tipo de material de construcción.

Es importante determinar que tipo y tamaño de empaque será utilizado en la columna ya que esto permitirá poder seleccionar las partes complementarias al empaque, como son el soporte del empaque, los retenedores del empaque, y los limitadores de lechos.

Una vez seleccionado el tipo de empaque se pasa a la selección de las demás partes integrales de la columna.

Los platos retenedores se seleccionan de acuerdo al tipo de empaque que se va a utilizar. El fabricante se encargará de mostrar datos de los platos retenedores dando instrucciones de uso de acuerdo al tipo de empaque. El área libre presentada en estos platos dependerá del tamaño del empaque, ya que su función es el de retener en un lugar determinado al empaque evitando que este se salga de su sitio, por lo que los hoyos o aberturas que determinan su espacio libre deberán ser menores que el tamaño del empaque.

La soportería del empaque también será construida en base al empaque utilizado. Es indispensable saber el tipo de empaque así como su peso por unidad de volumen, también el arreglo que va a tener en la columna, el peso total del empaque seco y su gradiente con

respecto a las partes o aditamentos que se invaluablen y que vayan a ser soportados.

El tamaño y arreglo del empaque tienen gran influencia en la elección de estas piezas, debido a que por ejemplo cuando se trata de los soportes de rejillas de barras, estas tendrán una separación menor al tamaño del empaque.

Otra parte importante de una torre de empaques son los distribuidores y redistribuidores de flujo, los cuales son importantes en el funcionamiento de la torre dado que distribuyen el flujo (generalmente la fase líquida) lo más uniformemente posible sobre toda la sección transversal de la columna, evitando de esta manera acanalamientos de flujo y por ende una menor eficiencia de contacto entre los flujos del proceso.

Por lo mencionado anteriormente observamos la importancia de seleccionar adecuadamente cada una de las partes que integran la parte interna de la columna, dado que todas tienen gran influencia para la eficiencia del proceso; aunque cabe mencionar una vez más que el empaque que determine grandemente la selección de los demás aditamentos internos de la columna empacada.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

- 1 Ernest E. Ludwig "Applied process design for chemical and petrochemical plants" vol. II
- 2 A. S. Foust, L. A. Wenzel "Principios de operaciones unitarias"
- 3 W. S. Norman "Absorption distillation and cooling towers"
- 4 Hobler "Mass transfer and absorbers"
- 5 I. E. Brownel "Process equipment design"
- 6 Van Winkle "Distillation"
- 7 R. E. Treybal "Mass transfer operations"

REVISTAS

- 8 L. B. Bragg "Semicomercial columns for close fractionation" Industrial and engineering chemistry Feb. 1941 vol. 33 No 2
- 9 M. Leva "Correlations in fixed bed systems" Chemical engineering Sept. 1957 pag. 245-248
- 10 L. B. Bragg "Goodloe column packing" Industrial engineering chemistry vol. 49 No 7 Jul. 1957 pag. 1066-1065
- 11 H. O. Mahon "Efficient packing for rectifying columns" Industrial and engineering chemistry vol. 39 No 6 pag. 712-718
- 12 M. Leva "Effect of supports on mechanical operation of packed towers" Industrial and engineering chemistry vol. 46 No 6
- 13 M. Leva "Variables in fixed bed systems" Chemical engineering Aug. 1957 pag. 263-266
- 14 R. L. Fiske "How to clean equipment" Chemical engineering Dic. 1956 pag. 187-190
- 15 R. E. Manning, M. R. Cannon "Distillation improvement by control of phase channeling in packed columns" Chemical engineering Dic. 1957 pag. 347-351

BOLETINES DE PROVEEDORES

- 16 Tower packings Bulletin TF-78 Norton Co.
- 17 Flexisaddles Bulletin FS-1 Koch engineering Co Inc.
- 18 Hy-Pak Bulletin HY-30 Norton Co.
- 19 Flexirings Bulletin KF-3 Koch engineering Co Inc.

- 20 Catalogo Ceilcote
- 21 Design information for packed towers Bulletin DC-II Norton Co.
- 22 Pall rings Bulletin PR-16 Norton Co.
- 23 Super Intalox Bulletin SI-72 Norton Co.
- 24 Towers packings and internal Bulletin No 2I7, 2^a ed.
Glitsch Inc.
- 25 Bulletin N-60-B Norton Co.
- 26 Bulletin N-60-A Norton Co.
- 27 Intalox saddles Bulletin CI-78 Norton Co.
- 28 Goodloe columns packing Bulletin No 6-7II Packed columns Co.
- 29 Column packings Bulletin Eglin
- 30 Tellerettes Bulletin IO-D Ceilcote Co.
- 31 Paked columns internals Bulletin No KI-4 Koch engineering Co.
- 32 ITHA polipropylene Bulletin No PI-2 Koch engineering Co.