



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

El Uso de las Computadoras Electrónicas en el Diseño Hidráulico de Torres de Destilación

254

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

José Magdaleno Olvera Trejo

Ciudad Universitaria

1974



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS. Tesis

AÑO 1974

FECHA 1974

PROG. 242



242

239



QUÍMICA

JURADO

PRESIDENTE	Ing. PABLO BARRONETA GONZALEZ
VOCAL	Ing. LUIS ROMERO CERVANTES
SECRETARIO	Ing. ALEJANDRO LOZADA CASIPE
1er. SUPLENTE	Ing. GUILLERMO RAMIREZ CASTILLO
2do. SUPLENTE	Ing. CERRATO RODRIGUEZ ALCOSO

A MIS PADRES

MAGDALENO OLIVERA PRADO

ANA M^a. TREJO DE OLIVERA

POR SU GRATITUD, RECONOCIMIENTO Y ESTIMULO

A MIS HERMANOS

A MI ESCUELA

A MIS PROFESORES

INDICE

CAPITULO I

Introducción

CAPITULO II

Generalidades

- 2.1) Conceptos generales
- 2.2) Tipos de platos perforados
 - 2.2.1) Introducción
 - 2.2.2) Flujo transversal
 - 2.2.3) Flujo opuesto
 - 2.2.4) Doble paso
- 2.3) Ventajas y desventajas de los platos perforados
 - 2.3.1) Ventajas
 - 2.3.2) Desventajas

CAPITULO III

Métodos de diseño

- 3.1) Introducción
- 3.2) Requisitos del proceso
 - 3.2.1) Cálculo de las cargas máximas y mínimas de vapor y líquido
- 3.3) Variables de diseño
 - 3.3.1) Diámetro de la columna
 - 3.3.2) Tipos de plato
 - 3.3.3) Aeración del líquido
 - 3.3.4) Longitud del vertedero
 - 3.3.5) Altura del vertedero de salida
 - 3.3.6) Altura del líquido sobre el vertedero de salida
 - 3.3.7) Vortedero de entrada
 - 3.3.8) Altura del líquido libre sobre el plato
 - 3.3.9) Espacio libre de la bajante a plato
 - 3.3.10) Pérdida de carga líquida a través de la bajante
 - 3.3.11) Zonas de calma y área para perforaciones
 - 3.3.12) Espesor del plato
 - 3.3.13) Perforaciones - Tamaño y espaciamento
 - 3.3.14) Gradiente líquido
 - 3.3.15) Caída de presión de plato seco
 - 3.3.16) Caída de presión residual
 - 3.3.17) Caída de presión total
 - 3.3.18) Altura del líquido en la bajante
 - 3.3.19) Distancia entre platos
 - 3.3.20) Estabilidad del plato y derrame

- 3.3.21) Arrastre
- 3.3.22) Eficiencia de plato
- 3.3.23) Vapor liberado en la bajante
- 3.3.24) Deflexión del plato y nivelación
- 3.4) Limitaciones prácticas en el diseño del plato
- 3.4.1) Requisitos para el acceso
- 3.4.2) Efectos de los soportes del plato
- 3.4.3) Corrosión
- 3.4.4) Las limitaciones de tolerancias estandares

CAPITULO IV

Secuencia de cálculo

- 4.1) Introducción
- 4.2) Diagrama de bloques

CAPITULO V

Análisis hidráulico

- 5.1) Introducción
- 5.2) Límites de operación
- 5.2.1) Carga mínima del líquido limitada por la altura mínima del líquido sobre el vertedero
- 5.2.2) Cargas máximas de líquido y vapor limitadas por la altura del líquido libre sobre el plato.
- 5.2.3) Cantidad máxima de flujo de vapor limitada por la inundación.
- 5.2.4) Cantidad máxima de flujo de vapor limitada por el arrastre excesivo
- 5.2.5) Cantidad mínima de flujo de vapor limitada por la operación estable

CAPITULO VI

Problemas y resultados

- 6.1) Descripción de los problemas
- 6.2) Resultados, tablas y gráficas obtenidas

CAPITULO VII

Conclusiones

CAPITULO VIII

Manejo de los programas

Bibliografía

CAPITULO I

INTRODUCCION

Los platos perforados son usados en muchas aplicaciones de contacto vapor-líquido con eficiencias y capacidades satisfactorias. Idea de esto está evidenciado en el hecho de que desde el día en que fue decidido, en el verano de 1949, investigar experimentalmente en platos perforados en la planta de Celanese Chemcel, - menos de nueve meses se requirieron para que la primera columna estuviera en operación, y dentro de los dos años siguientes los platos perforados han sido especificados para 68 columnas en las plantas diseñadas por la Celanese. Estas columnas se han variado en el diámetro de 2 a 11 pies y los platos se han variado en un número arriba de 70. Su selección, en preferencia a los platos con cachuchas, ha estado basado en su alta eficiencia, una capacidad un poco más alta, y un bajo costo. Particularmente debido a - el mantenimiento se prefiere a los platos perforados que a los platos con cachuchas, por su alta facilidad de trabajo dentro de las columnas aún cuando el mismo grado de acceso interno es permitido con distancias entre platos cercanas para platos perforados que para platos con cachuchas.

La eficiencia de plato está influenciada por el arreglo del plato y este factor sería considerado en el diseño. Sin embargo, la cantidad de información disponible sobre la eficiencia de plato en este tiempo no permite una correlación general. Por consiguiente la discusión sobre la eficiencia de plato será cualitativa más que cuantitativa.

La determinación de un arreglo óptimo de plato desde un punto de vista dinámico de plato produciría lo siguiente:

1) Asegurar las condiciones requeridas para los requisitos dados en el proceso.

2) Proporciona flexibilidad para encontrar cambios futuros posibles en los requisitos del proceso.

3) Logrado lo anterior a un costo mínimo de construcción.

[La aplicación de una computadora de alta velocidad como herramienta de trabajo facilitará, por supuesto, la selección de su diseño óptimo(18); pero los cálculos pueden ser ejecutados manualmente dentro de un intervalo razonable de tiempo con la ayuda de cartas, tablas y nomogramas.]

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1) CONCEPTOS GENERALES.

La acción de contacto líquido-vapor de un plato perforado es similar al de un plato con cachuchas. En operación normal, el flujo de vapor a través de las perforaciones expande el líquido en una masa turbulenta llamada espuma. Moviéndose a través del piso del plato, esta masa provee un área interfazial alta para una eficiente transferencia de masa vapor-líquido. Un diagrama esquemático del plato perforado está representado en la figura 2.1.

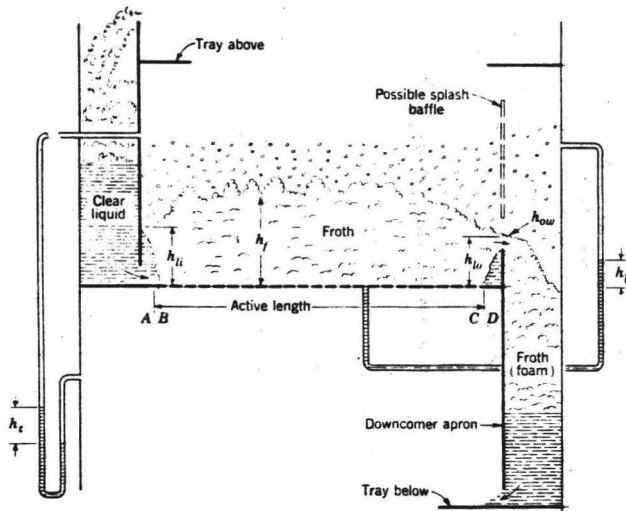


Fig. 2-1. Diagrama esquemático del plato perforado.

El líquido desciende de el plato superior a través de la bajante y sobre el plato en el punto A. Un vertedero separador (no - mostrado) puede ser usado para asegurar un sello líquido en A pa-

ra todas las condiciones. Entre los puntos A y B, esencialmente - el líquido libre está en flujo transversal, por lo tanto esta porción del plato no está perforada. La distancia entre A y B variará de acuerdo a las condiciones de diseño. Entonces la aereación puede ocurrir de inmediato y adyacente a la bajante (o a el vertedero de entrada si es usado). La altura del líquido libre h_1 es el equivalente del líquido en la masa aereada.

La porción activa del plato está entre los puntos B y C. (La aereación ocurre fuera de la actual zona perforada a causa de la turbulencia.) El área activa del plato está caracterizada por la masa aereada, ó la espuma. La altura observable de esta masa está designada como h_f . La densidad de la masa varía con la altura, - siendo más grande cerca del piso del plato; sin embargo, es conveniente utilizar una densidad promedio de ρ_f . Hay también una - carga hidrostática efectiva de la masa aereada h_f la cual puede - ser medida por un manómetro como se muestra en la figura 2-1. Si el peso de la porción de vapor de la masa es despreciada, h_f puede ser considerada como una altura fija de el líquido libre teniendo una densidad de ρ_l .

El volumen de masa aereada sobre el plato es de importancia primaria en los cálculos de transferencia de masa.

La masa aereada se mueve a través del plato, y el derrame empieza cuando las perforaciones terminan en el punto C. Una sección de calma entre el Punto C y el vertedero de salida (punto D) puede ser proveída para un derrame parcial de la espuma pero generalmente no se necesita. Entonces, la aereación a menudo ocurre de inmediato y adyacente a el vertedero de salida, y el material des

bordado es en realidad masa aereada. Hay, sin embargo, una altura equivalente en el líquido libre h_l , entre los puntos C y D, calculada como la suma de la altura del vertedero de salida más la -- cresta del líquido fluyente sobre el vertedero.

La formación secundaria de espuma normalmente ocurre en la -- bajante como un resultado del chapoteo del líquido y condiciones -- generales de turbulencia. El diseño de la bajante debe responder -- de esta condición y permitir espacio para la espuma derramada; -- por otro lado, la densidad de la espuma puede ser demasiada baja -- para un flujo adecuado de líquido. El resultado de ésto es que -- hay una eficiencia muy alta y un aumento en la caída de presión.

El vapor que asciende del plato inferior pasa a través de -- las perforaciones y hace contacto con el líquido en la masa aerea -- da. En este flujo de vapor se hallan dos diferencias importantes -- entre platos perforados y platos con cachuchas.

1) Para el plato perforado, el vapor emerge de un gran número de aberturas pequeñas principalmente en una dirección vertical

2) Para un plato perforado, no hay un sello líquido incorporado y solamente el flujo de vapor previene que el líquido pase a través de las perforaciones.

Como está anotado anteriormente, esta descripción del plato -- es idealizado. Como un resultado, las simplificaciones dadas aquí son conocidas como razonables aproximaciones para el fenómeno observado.

2.2) TIPOS DE PLATOS.

2.2.1) INTRODUCCION.

Un plato fraccionador debe ser diseñado para encontrar ciertos requisitos:

a) Tiene que proporcionar un alto grado de contacto entre el vapor y el líquido para que el equilibrio entre el vapor y el líquido pueda ser aproximado.

b) Debe causar una mínima caída de presión por toda la columna y a la vez suministrando el contacto necesario entre las fases

c) Tiene que proporcionar trayectorias para el flujo de líquido en el plato y en las bajantes.

Para satisfacer estos requisitos, un número de arreglos de plato han sido usados.

El patrón de flujo del líquido en un plato fraccionador es seleccionado para dar el mejor contacto con el vapor, con el mínimo gradiente hidráulico o acumulación de líquido a través del plato. El "mejor" contacto es aquél que proporciona el tiempo de contacto óptimo y el área para dar una aproximación más cercana a el equilibrio. Los principales arreglos de plato son mostrados en la figura 2-2.

A continuación se describirán los diferentes patrones de flujo del líquido a través del plato.

2.2.2) FLUJO TRANSVERSAL.

Flujo transversal con un vertedero rectangular es de lo más común. Este patrón de flujo representa el más simple y el más económico plato de construcción. Entonces el líquido fluye directamente a través del plato, su larga trayectoria contribuye a una alta eficiencia de plato.

2.2.3) FLUJO OPUESTO.

Para una carga baja de líquido y una carga alta de vapor, un plato de flujo opuesto es el más deseable. Las bajantes están lo-

calizadas sobre un lado del plato. El líquido fluye alrededor de un baffle central, invirtiéndose su dirección en el otro lado del plato.

2.2.4) DOBLE PASO.

En un plato de doble paso, la carga total del líquido es separado en dos porciones, cada una fluyendo a la mitad del plato. Este tipo de plato tiene una gran capacidad de líquido y consecuen-
temente es más conveniente para cargas altas de líquido y cargas bajas de vapor. Un plato de triple paso puede ser usado para una relación alta líquido-vapor.

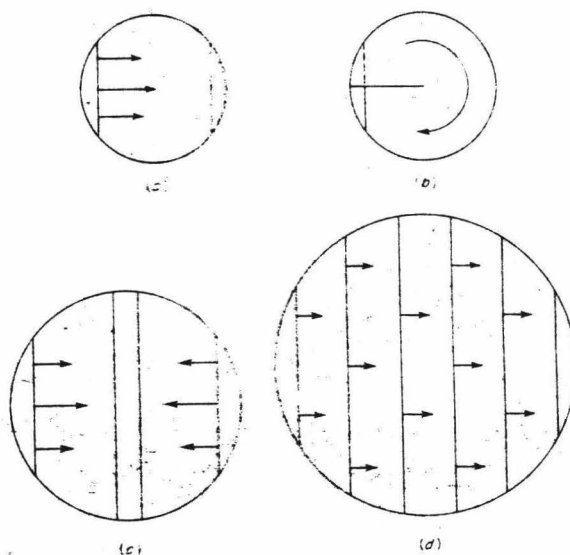


Fig. 2-2. Patrones de flujo en platos fraccionadores. (a) Flujo transversal (b) Flujo opuesto (c) Doble paso (d) Cascada múltiple.

La selección preliminar de el tipo de plato está usualmente basada en dos factores, principalmente, la relación de cargas líquido-vapor, y el diámetro de la columna. Una guía(4) para una selección tentativa está dada gráficamente en la figura 2-3. La selección final de tipo de plato sería hecha después de los cálculos dinámicos de plato que estén completos.

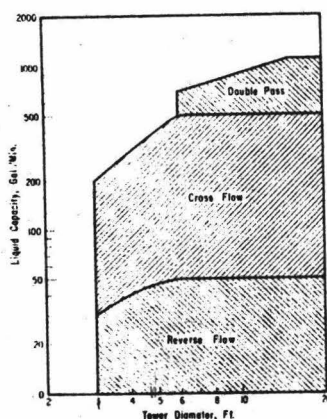


Fig. 2-3. El tipo de plato está usualmente basado en las cargas de líquido y vapor y el diámetro de la torre. Aquí está una guía para su selección.

2.3) VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PLATOS PERFORADOS.

2.3.1) VENTAJAS.

- 1) Costo inicial más bajo(15,26).
- 2) Cantidad de vapor más alta(26).
- 3) Gradiente hidráulico despreciable y cantidad de líquido - más alta(16).

- 4) Eficiencia de plato más alta(16).
- 5) Arrastre de líquido más bajo(15,17,26,28,29,34).
- 6) Construcción, más simple, reemplazo y mantenimiento.

2.3.2) DESVENTAJAS.

- 1) Rango estrecho de operaciones estables(33,34,36).
- 2) Sensibilidad a la corrosión(15).
- 3) Colección de moho y sedimentos(15).
- 4) Nivelación perfecta(1).

CAPITULO III

MÉTODOS DE DISEÑO

3.1) INTRODUCCION.

Los procedimientos de diseño para columnas de etapas en equilibrio ó columnas fraccionantes de platos no han sido estandarizados, ya que dentro de compañías particulares y compañías asociadas es común que sigan un método de diseño basado en las experiencias de la compañía. El criterio de diseño es similar al de la selección de los procedimientos de diseño que van a ser evaluados - varían ampliamente entre ingenieros dedicados a el diseño de columnas de destilación. La selección del método de diseño es generalmente de preferencia personal, es decir, cada compañía tiene preferencia sobre algún método en particular basado en experiencias y disponibilidad de las correlaciones necesarias de diseño e información.

Existen varios métodos de diseño, todos un poco similares, - presentados en la literatura. En general todos los métodos de diseño comprenden una proyección en el plato perforado en el cual ni derramará ni inundará bajo las condiciones para la cual es esperado que opere. Por consiguiente los diseños intentan minimizar la caída de presión para conseguir una alta capacidad, todavía -- mantener suficiente caída de presión a través del plato para prevenir un derrame ó un excesivo derrame.

3.2) REQUISITOS DEL PROCESO.

Una de las funciones de los cálculos de fraccionación y absorción es la de determinar las cargas de vapor y líquido y sus -

condiciones sobre el plato. De las condiciones conocidas del vapor y del líquido, propiedades físicas de ambas fases, tales como densidad y tensión superficial, se pueden determinar.

El efecto del arrastre sobre la eficiencia del plato y el funcionamiento de la columna ha sido discutido por varios investigadores(2,5,7,8,11,27,37,38,39,40). La mayoría de sus ecuaciones resultan en expresiones complejas. Colburn(11) presentó una forma simplificada para calcular un arrastre óptimo obteniendo una columna a mínimo costo. Para el plato en una columna de fraccionamiento, Hunt(22), consideró que la relación de arrastre molar es aproximadamente igual a la relación de peso, y el propuso la siguiente forma, como una extensión de la ecuación de Colburn:

$$e_s = \frac{L/V}{E} \quad (1)$$

Las cargas de vapor y líquido en moles por hora son representados por V y L respectivamente, E es la eficiencia de plato seco.

3.2.1) CALCULO DE LAS CARGAS MAXIMAS Y MINIMAS DE VAPOR Y LIQUIDO

Es aconsejable decidir sobre un rango propio de cargas máximas y mínimas según las circunstancias particulares. Si los rangos no son especificados, consideraciones arbitrarias pueden ser hechas. Un plato cuyo diámetro es 5 pies ó más pequeño sería capaz de manejar (100 ± 30) por ciento de los requisitos del proceso presente, platos cuyo diámetro es mayor de 5 pies, (100 ± 15) por ciento.

Operación normal

$$V = \frac{V_m}{(3600)(\rho_v)} \quad (2)$$

$$Q = \frac{L_m(7.48)}{(60)(\rho_L)} \quad (3)$$

Cargas máximas

$V_{\max} = V \cdot 1.30$	para $D \leq 5.0$ pies ✓	(4)
$V_{\max} = V \cdot 1.15$	para $D > 5.0$ pies	(4a)
$Q_{\max} = Q \cdot 1.30$	para $D \leq 5.0$ pies ✓	(5)
$Q_{\max} = Q \cdot 1.15$	para $D > 5.0$ pies	(5a)

Cargas mínimas

$V_{\min} = V \cdot 1.30$	para $D \leq 5.0$ pies ✓	(6)
$V_{\min} = V \cdot 1.15$	para $D > 5.0$ pies	(6a)
$Q_{\min} = Q \cdot 1.30$	para $D \leq 5.0$ pies ✓	(7)
$Q_{\min} = Q \cdot 1.15$	para $D > 5.0$ pies	(7a)

Donde V flujo de vapor, pies³/seg.

V_m flujo de vapor, lbs./hr. ✓

Q flujo de líquido, G.P.M.

Q_m flujo de líquido, lbs./hr.

D diámetro de la columna, pies

ρ_v densidad del vapor, lbs./pie³

ρ_L densidad del líquido, lbs./pie³

Estas ecuaciones son las utilizadas en el diseño del plato - porque ofrecen un amplio rango de operación.

3.3) VARIABLES DE DISEÑO. ^{Nº}

Cálculos dinámicos de plato deben ser hechos para asegurar -

un funcionamiento satisfactorio de un diseño de plato propuesto. Cada una de las partidas las cuales serían consideradas serán discutidas en las siguientes secciones.

3.3.1) DIAMETRO DE LA COLUMNA.

La primera variable del plato a ser determinada es su diámetro aproximado. Existen unas pocas relaciones empíricas(5,7,30) - que relacionan diámetros de columnas y cargas de líquido y vapor.

Para la determinación del diámetro aproximado del plato, el método de Brown y Souders(7) puede ser usado. Este método es el clásico, y es recomendado por varios autores(19,20,32), por lo tanto es el utilizado en el diseño del plato dando un buen criterio de diseño, que permite una flexibilidad adecuada en la operación de la torre.

✓ Primero, se calcula la velocidad masa máxima del vapor permisible

$$G = K \sqrt{\rho_v(\rho_L - \rho_v)} \quad (8)$$

$K_g / hr \cdot ft$

donde G velocidad masa máxima permisible del vapor, lbs./hr.-pie²

K constante empírica, es obtenida como una función de la tensión superficial y la distancia entre platos.

ρ_L, ρ_v densidades del líquido y vapor respectivamente, lbs./pie³

Finalmente, el diámetro aproximado de la columna es estimado por la ecuación

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{V_m}{G}}$$

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{V_m}{G}}$$

(9)

$G = \frac{V_m}{A} = \frac{V_m}{\frac{\pi D^2}{4}}$

El diámetro del plato calculado por la ecuación(4) es conservador. Existen otros métodos(41,43) para el cálculo del diámetro, éstos hacen uso de la correlación de Fair y Matthews(14) en lugar de la constante K.

3.3.2) TIPOS DE PLATOS.

Esta variable está definida en el capítulo anterior.

3.3.5) AERACION DEL LIQUIDO.

El fenómeno de aeración es el resultado del burbujeo del vapor a través del líquido. El grado de aeración es un factor importante del plato. Hutchinson y sus colaboradores(23) han señalado que es la altura efectiva del líquido y la densidad efectiva del líquido las que influyen en la operación del plato tales como la eficiencia del plato, caída de presión, gradiente líquido y arrastre. Otros investigadores(16) han usado la altura de la espuma como una variable en correlación. Sin embargo, no hay una estimación confiable de la densidad de la espuma, en el presente.

Observación cualitativa demostró que la profundidad del líquido libre sobre el plato es una de las principales variables -- que afectan el grado de aeración. Hunt y colaboradores(19) reportaron que la densidad de la espuma estaba entre $1/3$ y $1/2$ de la densidad del líquido libre, estos valores son comparables con los obtenidos por otros. El valor promedio de 0.4 fue usado para determinar la altura de la espuma sobre el plato.

Debido a la dificultad en la estimación correcta del grado de aeración, las alturas del líquido en discusiones posteriores están en términos del líquido libre a menos que se establezca otra cosa.

3.3.4) LONGITUD DEL VERTEDERO.

✓ Hay varios rangos de valores en los cuales la longitud del vertedero es calculado en función del diámetro del plato. Por ejemplo, Van Winkle(43) recomienda un rango de 0.5 a 0.8 veces el diámetro de la torre para vertederos segmentados, de 0.6 a 0.75 veces el diámetro de la torre para platos tipo cross flow, de 0.5 a 0.6 veces el diámetro de la torre para platos de doble paso. Huang y Hodson dan un rango de 55 a 85% el diámetro del plato para platos tipo cross flow. Solo nos interesa el rango para platos tipo-cross flow porque son de uso general. El rango que se utilizará será el propuesto por Huang y Hodson(19) por ser más flexible.

$$Lw = F \cdot D \qquad F = 0.55 \text{ a } 0.85 \qquad (10)$$

3.3.5) ALTURA DEL VERTEDERO DE SALIDA.

Para el cálculo de la altura del vertedero (hw) se dispone de la siguiente ecuación

$$4.0 - how \geq hw \geq 2.0 - how \qquad (11)$$

La altura mínima recomendada(19) del líquido sobre el vertedero - (how) es 0.5 de pulgada, por lo tanto la altura del vertedero nunca debe ser más alta de 3.5 pulgadas, ni menos de 1.5 pulgadas.

Altura máxima

$$hw \text{ max} = 4.0 - how \qquad (12)$$

Altura mínima

$$hw \text{ min} = 2.0 - how \qquad (13)$$

A estas condiciones(ec. 11) es forzado el diseño del plato, tomando en consideración las recomendaciones dadas por Huang y Hodson-(19) y Leibson(32)

3.3.6) ALTURA DEL LIQUIDO SOBRE EL VERTEDERO DE SALIDA.

La formula de Francis ha sido utilizada ampliamente para calcular la altura del líquido sobre el vertedero rectangular:

$$h_{ow} = \left[\frac{Q}{2.98 Lw} \right]^{2/3} \quad (14)$$

La altura del líquido sobre el vertedero calculada a a bas cargas de líquido deberán estar dentro de los siguientes límites:

$$0.5 \leq h_{ow} \leq 4.0 - h_w \quad (15)$$

Altura máxima del líquido sobre el vertedero

$$h_{ow \max} = \left[\frac{Q_{\max}}{2.98 Lw} \right]^{2/3} \quad (16)$$

Altura mínima del líquido sobre el vertedero

$$h_{ow \min} = \left[\frac{Q_{\min}}{2.98 Lw} \right]^{2/3} \quad (17)$$

3.3.7) VERTEDERO DE ENTRADA.

El vertedero de entrada es especificado generalmente como - 1/4 de pulgada más alto que el de salida. Puede servir como medio útil de colección de sedimentos y óxidos; es necesario cuando el espacio libre de la bajante al plato es mayor que la altura del líquido libre sobre el plato porque produce un sello líquido el cual impide que el vapor regrese.

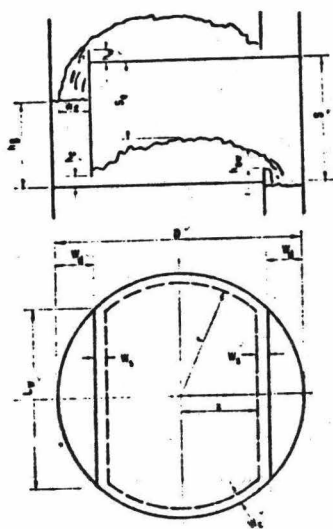


Fig. 3-1.

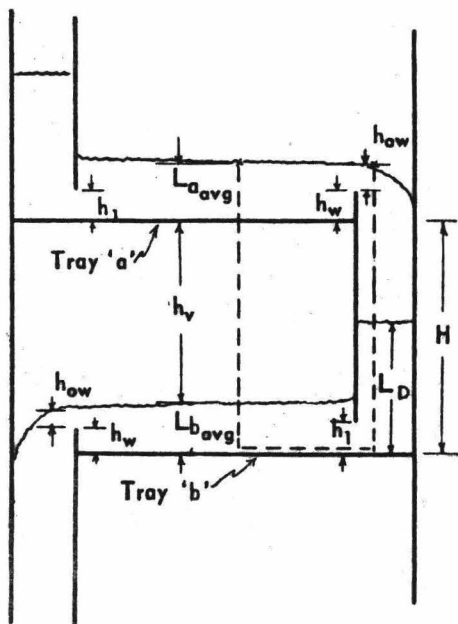


Fig. 3-2.

✓ 3.3.8) ALTURA DEL LÍQUIDO LIBRE SOBRE EL PLATO.

Para obtener la ecuación que nos dé la altura del líquido libre sobre el plato hacemos uso de las figuras 3-1 y 3-2. Como se puede ver, la altura del líquido libre en el vertedero de salida es la suma de la altura del vertedero y la altura del líquido sobre el vertedero:

Huang y Hodson(19) proponen

$$h_l = h_w + h_{ow} \quad (\text{ver fig. 3-1}) \quad (18)$$

Leitson, Kalley y Bullington la siguiente

$$La_{avg} = h_{ow} + f h_w \quad (\text{ver fig. 3-2.}) \quad (19)$$

donde La_{avg} altura del líquido estático, pulgadas

f factor de aereación (para propósito de diseño $f=1$)

3.3.9) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO.

Para impedir que el vapor regrese a través de la bajante, un sello líquido debería ser administrado en la parte inferior de la bajante durante la operación. Por esta razón el espacio libre de la bajante a plato generalmente es especificado que se cuando menos $1/4$ ó $1/2$ de pulgada menor que el vertedero de entrada no existe. La ecuación que se obtiene para el espacio libre es

$$h_w - h_c = 1/4 \quad \text{ó} \quad 1/2.$$

$$h_c = h_w - (1/4 \quad \text{ó} \quad 1/2) \quad (20)$$

Este factor afecta también la pérdida de carga líquida a través de la bajante.

✱

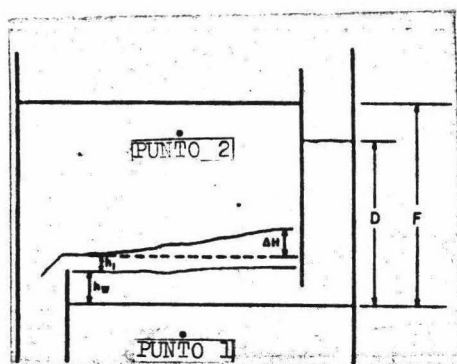


Fig. 3-3.

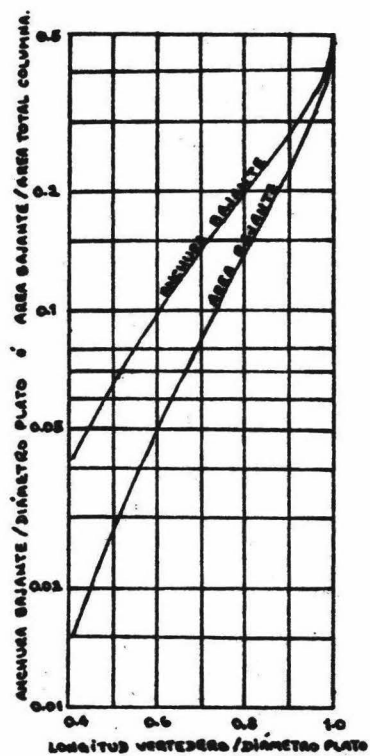


Fig. 3-4.

3.3.10) PÉRDIDA DE CARGA LÍQUIDA A TRAVÉS DE LA BAJANTE

Edminster(13) y Cicalese (9) Derivarán ecuaciones para determinar el cálculo de esta pérdida. La carga del líquido requerido para vencer la caída de presión en la bajante sobre el plato.- Puede ser calculada por la ecuación de Cicalese. Varios métodos existen(13,20,32,43) que hacen uso de esta ecuación con pequeñas variaciones. Disponemos de las siguientes ecuaciones según:

Edminster y O'Connell.

$$h_2 = 0.56 \left[\frac{Qb}{449 A_o} \right]^2 \quad (\text{ver fig. 3-3}) \quad (21)$$

Donde A_o área de flujo más pequeña en la parte inferior de la bajante, pies²

b anchura del plato, pies. (Para platos circulares, ésta es una anchura promedio entre el diámetro de la torre y la longitud del vertedero)

Leibson, Kelley y Bullington

$$P_{dc} = 0.057 \left[\frac{Q}{A_1} \right]^2 \quad (\text{ver fig. 3-2}) \quad (22)$$

Donde A_1 espacio libre entre la bajante y el plato. Pulgadas²

Si un vertedero de entrada es provisto, la ecuación (22) sufre una modificación que es recomendada

$$P_{dc} = 0.068 \left[\frac{Q}{A_1} \right]^2 \quad (23)$$

Donde A_1 área libre ya sea entre la bajante y el plato o entre la bajante y el vertedero de entrada, la que sea más pequeña, pulgadas².

Huang y Rodson, Van Winkle:

$$h_d = 0.03 \left[\frac{Q}{100 A_p} \right]^2 \quad (24)$$

Donde A_p El área en pies², es el espacio libre entre la bajante y el plato o el área de la bajante, cualesquiera de los dos el que sea más pequeña.

La máxima caída de presión permisibles en todas esta ecuaciones es de 10 pulgada de líquido.

La ecuación(24) es la que se empleará para el cálculo de la caída de presión en la bajante, porque nos proporciona la información necesaria para el calculo de A_p . Para calcular el área del espacio libre entre la bajante y el plato se utiliza la siguiente ecuación:

$$ADC = hc = Lw / 144.0 \quad (25)$$

Mientras que para el cálculo del área de la bajante se sigue la siguiente secuencia:

$$RLWDC = Lw / (D \cdot 12.0) \quad (26)$$

$$AT = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (27)$$

Finalmente

$$AD = AT \cdot Y \quad (28)$$

$$VD = AD \left[\frac{S + hw}{12} \right] \quad (29)$$

donde S Distancia entre platos, pulgadas.

RLWDC relación de la longitud del vertedero a el diámetro de la columna.

AT Área de la sección transversal de la columna, pies².

AD Área de la bajante, pies².

VD Volumen de la bajante, pies³.

Y relación de AD/AT, es leído de la figura 3-4.

Por lo tanto el área disponible para el flujo de vapor en la columna es

$$Ac = AT - AD \quad (30)$$

3.3.11) ZONAS DE CALMA Y AREA PARA PERFORACIONES.

La porción no perforada del plato cerca del vertedero de salida es usualmente de 3 a 4 pulgadas de ancho dependiendo del flujo y diámetro de la torre. Lo siguiente es recomendado:

$$\begin{aligned} \text{Cuando } D \geq 5 \text{ pies, usar } Ws &= 4 \text{ pulgadas} \\ D < 5 \text{ pies, usar } Ws &= 3 \text{ pulgadas} \end{aligned} \quad (31)$$

donde Ws anchura de la zona de calma, pulgadas.

Por otro lado el espacio libre entre la pared y la perforación más cercana debería ser tan pequeño como sea posible para -- permitir la máxima utilización del área del plato. Huang y Hodson

Recomiendan que $W_d = W_c$, de donde W_c representan la distancia de la torre a la perforación más cercana.

Finalmente el área dejada para perforaciones puede ser calculada por

$$A_a = A_T - \sum A_D - A_S - A_W \quad (32)$$

Donde A_a Área disponible para perforaciones

$\sum A_D$ Área de las bajantes.

A_S Área total de la zona de calma

A_W Área libre de la pared

Para un tipo de plato de flujo transversal, el área dejada para perforaciones puede ser expresada por la siguiente ecuación

$$A_a = A_T - 2A_D - A_S - A_W \quad (33)$$

$$A_a = 2 \left[x \sqrt{r^2 - x^2} + r^2 \text{Sen}^{-1} \frac{x}{r} \right] \quad (33a)$$

$$\text{Donde } x = \frac{D}{2} - \frac{W_d + W_s}{12}, \text{ pies}$$

$$r = \frac{D}{2} - \frac{W_c}{12}, \text{ pies}$$

$$\text{Sen}^{-1} \frac{x}{r} = \text{ArcSen en radianes}$$

$$W_d = D * 6.0 - 0.5 \sqrt{144 * D^2 - Lw^2} \quad (34)$$

W_d anchura de la bajante, pulgadas.

El rango recomendado de n es

$$2.5 \leq n \leq 4.0$$

(35)

El área total de perforación puede ser calculado de la geometría de el espaciamento entre perforaciones y el diámetro de perforación. Para perforaciones espaciadas con un pitch triangular - equilátero, la ecuación siguiente es usada para obtener el área - total de perforación:

$$\frac{A_o}{A_a} = \frac{\frac{\pi}{4} DHO}{(n DHO)(DHO \cdot \text{Sen } 60^\circ)} = \frac{0.9065}{n^2} \quad (36)$$

Donde A_o Área total de las perforaciones, pies²
 A_a Área disponible para perforaciones, Pies²
 DHO Diámetro de perforación, pulgada
 n Relación del pitch de perforación a diámetro de perforación



Las relaciones para varios valores de n han sido computados y reportados en la tabla (3-1).

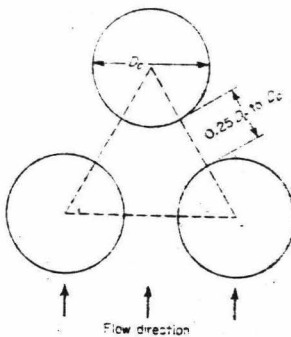


Fig. 3-5. Pitch trian-
gular equilátero.

Relación área de perforación

n	A_o/A_a
2.5.....	0.1450
3.0.....	0.1007
3.5.....	0.0740
4.0.....	0.0556
4.5.....	0.0417

Tabla 3-1.

3.3.12) ESPESOR DEL PLATO.

Los platos usados en aplicaciones comerciales deberían de -- ser de espesor suficiente para asegurar una resistencia mecánica-suficiente y proporcionar una larga vida contra la corrosión. Para platos perforados de aleación de cobre ó acero al carbón, el -- plato no debería ser más grueso que el diámetro de la perforación (esta condición fue la tomada para el diseño) y el límite para un plato de acero inoxidable es $1/2$ ó $2/3$ del diámetro de la perforación.

3.3.13) PERFORACIONES - TAMAÑO Y ESPACIAMIENTO.

Los tamaños de las perforaciones más populares en aplicaciones industriales son $3/32$, $1/8$ y $3/16$ de pulgada de diámetro. Arnold(1) y Hunt(22) Mandi y Marim(35) reportaron que la eficiencia de plato aumenta a medida que el diámetro de perforación disminuye. Friend y Linieux(15) dijeron que la mayoría de los platos diseñados por la Kellog tenía perforaciones de $3/32$ de pulgada. La razón por esta preferencia no fue dada, pero ellos declararon que el tamaño de la perforación no limita la flexibilidad de la operación en platos diseñados propiamente. Payfield recomendó(34) perforaciones de $3/16$ de pulgada. En platos perforados de diámetro -- de perforación muy pequeño, un error pequeño en el diámetro de -- perforación cuando se perfora introduciría un efecto grande sobre la caída de presión. Los diámetros de perforación recomendados aquí como estándares son $3/32$, $1/8$ y $3/16$ de pulgada.

Definiremos "n" como la relación del pitch entre perforaciones al diámetro de perforación. Un pitch triangular equilátero es mostrado en la fig. 3-5, el cual parece ser el más usado en la -- práctica, por lo tanto será el utilizado para el diseño del plato

✓ Leibson(31,32) desarrolló una correlación la cual relaciona el coeficiente de orificio C_o en platos con perforaciones de 3/16 de pulgada, con el área de la perforación a el área activa y la relación espesor del plato a diámetro de perforación. Esta correlación es buena ya que el coeficiente obtenido es lo suficiente - mente exacto para propósitos de diseño. La ecuación(36) es la que se empleará estando sujeta a los límites dados por la ecuación(35).

El área total de perforaciones se calcula a partir de la ecuación(36)

$$A_o = (A_o A_a) (A_a) \quad (37)$$

mientras que el pitch se calcula con la siguiente ecuación

$$PITCH = (n)(DHO) \quad (38)$$

* Donde DHO Diámetro de perforación, pulgada.

3.3.14) GRADIENTE LIQUIDO.

Esta variable de diseño no fue tomada en consideración por - los siguientes razones: 1) El gradiente hidráulico que observó -- Hayfield(34) fue despreciable en un plato de 6.5 pies de diámetro; 2) Arnold(1) reportó lo mismo pero para platos más pequeños.

3.3.15) CAIDA DE PRESION DE PLATO SECO.

La caída de presión de vapor debido a el flujo de vapor a través de las perforaciones ha sido estudiada extensivamente(1,22,34) Una ecuación de orificio ha sido usada para correlacionar la caída de presión a través del plato seco. Claypool reportó para platos con una sola perforación que el espesor de el plato - -

no es una variable en la correlación de la caída de presión si la relación del espesor de el plato al diámetro de perforación, t/d_o es 0.9 ó más grande.

✓ Para platos de perforaciones múltiples, Hunt (22) correlacionó la caída de presión de plato seco por la siguiente ecuación donde $t/d_o = 1$

$$h_p = \eta_2 \left[\frac{\rho_v}{\rho_L} \right] (1.14) \left[\frac{U_o}{2g_c} \right] \left[0.4 \left[1.25 - \frac{A_o}{A_c} \right] + \left[1 - \frac{A_o}{A_c} \right]^2 \right] \quad (39)$$

donde U_o velocidad del vapor a través de las perforaciones, pies/seg.

g_c factor de conversión, 32.2 lbm./lbf.

A_o área total de las perforaciones, pies²

Buglietti y O'Connell proponen la siguiente

$$\Delta P_D = \frac{0.003 F_s^2 (1 - \beta)}{C_o} \quad (40)$$

donde $F_s = \mu_o \sqrt{\rho_v}$

β fracción de área libre del plato activo.

C_o coeficiente de orificio.

Leibson Kelley y Bullington encontraron la siguiente

$$P_d = 0.186 \left[\frac{U_o}{C_o} \right]^2 \left[\frac{\rho_v}{\rho_L} \right] \quad (41)$$

La ecuación (39) será la utilizada para el cálculo de la caída de presión de plato seco ya que puede ser usada sin error a menos de

que t/do sea muy pequeño además puede correlacionar los datos experimentales reportados por otros autores(1,34) dentro de un 30% de error. La ecuación(40) contiene variables que no nos dice como poder calcularlas ó donde se pueden encontrar por lo que su cálculo resulta incómodo, mientras que la ecuación(41), está en función de la ecuación de orificio y se calcula de acuerdo a los datos disponibles en la literatura(1,22,26,27,34), que están restringidos a la siguiente condición: la caída de presión debe ser muy pequeña comparada con la caída de presión absoluta.

A partir de la velocidad del vapor a través de las perforaciones se pueden calcular las otras variables necesarias para el diseño y son las siguientes:

$$U_o = V_{max} / A_D \quad (42)$$

$$NP = V \cdot 144 / U_o \cdot A_H \quad (43)$$

$$A_H = 3.1416 \left[\frac{D_{HO}}{2} \right]^2 \quad (44)$$

Donde NP número de perforaciones.

* AH área de una perforación, pulgadas².

3.3.16) CAIDA DE PRESIÓN RESIDUAL.

La caída de presión residual es comparativamente pequeña, un pequeño error en su estimación es insignificante. Arnold(1) observó que la caída de presión total a través de un plato húmedo es más grande en un 10% aproximadamente de la caída de presión de plato seco. Mayfield(34) observó caída de presión residual de 0 a 0.2 pulgadas de agua. El trabajo de Hunt confirmó las magnitudes reportadas por Arnold(1) y Mayfield(34). Según Hunt, la caída de

✓ presión residual, h_r , puede ser aproximada por:

$$\begin{aligned} h_r &= 0.5 * \left(\frac{\rho_{\text{agua}}}{\rho_L} \right) \\ h_r &= 31.2 / \rho_L \end{aligned} \quad (45)$$

3.3.17) CAIDA DE PRESION TOTAL.

Finalmente, la caída de presión total de vapor a través del plato húmedo puede ser calculado por:

$$h_t = h_l + h_p + h_r \quad (46)$$

Leibson, Kelley y Bullington desarrollaron otra ecuación para el cálculo de la presión total

$$\begin{aligned} P_T &= L_{a\text{avg}} + 0.186 \left[\frac{U_o}{C_o} \right]^2 \left[\frac{\rho_v}{\rho_L} \right] \\ L_{a\text{avg}} &= h_w + h_{ow} \end{aligned} \quad (47)$$

La ecuación(46) será la utilizada para el cálculo de la caída de presión total ya que está en función de caídas de presión escogidas para el diseño.

3.3.18) ALTURA DEL LIQUIDO EN LA BAJANTE.

El control de la altura del líquido en la bajante es importante puesto que la columna debería estar inundada si el nivel del líquido mereado en la bajante alcanza la parte superior del vertedero de salida. La altura del líquido en la bajante está dada por

$$h_b = h_l + h_t + h_d \quad (48)$$

Otra ecuación que nos relaciona esta altura(51) es

$$L_D = P_{dc} + L_{b\text{avg}} + P_D + L_{a\text{avg}} \quad (49)$$

$$L_D = P_{dc} + L_{b\text{avg}} + P_T \quad (49a)$$

- donde P_{dc} suma de la caída de presión líquida a través del área libre entre la bajante y el plato "b" (ver figura 3-2.).
- $L_{b\text{avg}}$ altura estática del sello líquido en una sección promedio del plato "b".
- P_D caída de presión de plato seco a través del plato "b"
- $L_{a\text{avg}}$ altura estática del sello líquido en una sección promedio del plato "a".

La ecuación(48) es la utilizada por la misma razón que la ecuación (48), h_B tiene un margen de seguridad para un buen diseño y éstos es

$$h_B \leq 1/2 (S + hw) \quad (50)$$

$$CS = 1/2 (S + hw) \quad (\text{para fines de cálculo}) \quad (51)$$

3.3.19) DISTANCIA ENTRE PLATOS.

La ecuación(50) puede ser rearmada para formar la siguiente ecuación:

$$S \geq 2h_B - how \quad (52)$$

$$\star \quad RS = 2h_B - how \quad (\text{para fines de cálculo}) \quad (53)$$

Los platos deberían estar espaciados lo suficiente para prevenir inundación y exceso de arrastre. Las distancias entre platos más frecuentemente usadas en columnas comerciales son de 10 a 48 pulgadas.

3.3.20) ESTABILIDAD DEL PLATO Y DERRAME.

Basada en la observación de Mayfield(34), la siguiente ecuación es sugerida para la mínima caída de presión de plato seco requerida para una operación estable

$$h_{pw} = 0.2 + 0.05h_l \quad (54)$$

Para asegurar una buena operación estable del plato, la caída de presión de plato seco del vapor, h_{pm} , calculado a el mínimo flujo de vapor anticipado debería ser más grande que h_{pw} obtenido por la ecuación(54)

Para un plato estable

$$h_{pm} \geq h_{pw} \quad (55)$$

$$h_{pm} = h_p (U_{\min})^2 / (U_o)^2 \quad (56)$$

$$U_{\min} = V_{\min} / A_o \quad (57)$$

3.3.21) ARRASTRE.

El arrastre fue observado que es independiente de la velocidad del vapor a través de las perforaciones pero es proporcional a una función exponencial de velocidad del vapor de la columna dividida por la distancia efectiva entre platos.

$$e = 0.22 \left[\frac{73}{\sigma} \right] \left[\frac{u_c}{Se} \right]^{3.2} \quad (58)$$

$$u_c = V_{\max} / A_c \quad (59)$$

donde u_c velocidad del vapor en la columna, pies/seg.

La distancia efectiva entre platos es definida como la distancia entre la superficie de la espuma y el plato superior. Considerando que la densidad promedio del líquido espumoso sobre el plato es 0.4 veces la densidad del líquido libre, la distancia efectiva entre platos es fácilmente calculada por:

$$Se = S + 2.5h_l \quad (60)$$

El arrastre de un plato perforado es más bajo que la de un plato con cachuchas a la misma velocidad de vapor de la columna y distancia efectiva entre platos.

3.3.22) EFICIENCIA DE PLATO.

Sobre esta variable la información disponible es muy pobre. - Una discusión cualitativa se hará más que cuantitativa, varios investigadores han trabajado sobre esto. Gerster(16) indicó que la eficiencia del plato depende de la velocidad del vapor en la columna que através de las perforaciones. En un estudio realizado por Umbholtz y Van Winkle(45) en una pequeña columna perforada demostraron que existe una velocidad óptima de vapor la cual da la máxima eficiencia del plato, Mandi y Karin(35) reportaron la existencia de una máxima eficiencia del plato a un cierto rango de flujo de vapor.

3.3.23) VAPOR LINEADO EN LA BAJANTE.

Para proporcionar un camino para el vapor liberado, Davis(18) y Bolles(4) recomendaron la siguiente limitación:

$$W_l \leq 0.6 W_d \quad (61)$$

donde W_l representa el máximo descargue de líquido sobre el vertedero y W_d la anchura de la bajante. Para calcular el descargue de líquido sobre el vertedero Bolles obtuvo la siguiente ecuación

$$W_l = 0.8 \sqrt{h_o w (S + h_w - h_b)} \quad (62)$$

El mínimo tiempo de residencia del líquido descendente en la bajante fue recomendado, a ser de 5 segundos, por Bolles. De lo -

contrario, no todo el vapor arrastrado en este flujo descendente puede liberarse.

3.3.24) DEFLEXION DEL PLATO Y NIVELACION.

Una inclinación del plato produce una altura del líquido desigual y una caída de presión a través del plato y además el arrastre en el plato superior aumenta. Una deflexión excesiva del plato -bajo el mismo peso del plato y el líquido pueden causar problemas similares como los mencionados anteriormente. La máxima deflexión permisible o tolerancia para la nivelación del plato es de cerca de $1/3$ de pulgada medido desde el punto más bajo a el punto más alto.

3.4) LIMITACIONES PRACTICAS EN EL DISEÑO DEL PLATO(24).

Además de las variables de proceso tales como el diámetro, espaciamiento, y área de la bajante, ciertas limitaciones físicas deben ser consideradas en el diseño de torres de destilación completas. Mientras los cálculos de las variables de proceso han recibido mucha atención en la literatura, estas limitaciones físicas son raramente escritas y usualmente aprendidas a través de la experiencia.

En particular, un diseño práctico debe permitir accesos dentro de una torre para inspección y mantenimiento: debe incluir soportes mecánicos para los platos cuyas dimensiones han sido calculadas; la corrosión debe ser tomada en cuenta; y debe haber flexibilidad para incluir tolerancias estándares.

3.4.1) REQUISITOS PARA EL ACCESO.

Para entrar en la coraza de una torre de destilación se hace

por medio de accesos angostos. Ordinariamente, estos accesos son el espaciamiento superior de cada décimo plato. Alrededor de 18 a 20 pulgadas de diámetro, ellos requieren una distancia entre platos de 24 pulgadas (el cual es a menudo más que el espaciamiento -- arriba en otros platos en la columna).

Para permitir a los trabajadores subir ó bajar de un acceso al siguiente, los platos deben ser de tal manera de que al menos una sección del plato pueda fácilmente ser removida ya sea de arriba o de abajo. Estos accesos al plato son en su mayoría rectangulares, con una anchura mínima de 14 pulgadas para un pasaje razonablemente libre.

Después de sumar todas las dimensiones para los soportes de los anillos del plato, soportes del acceso al plato, y bajantes -- de entrada y salida, el diámetro mínimo de una torre será alrededor de 30 pulgadas (fig. 3-6a). Además, para platos de múltiple paso, un acceso al plato es requerido por cada paso en el plato, -- porque las bajantes restringen el acceso a través de toda la cubierta del plato (fig. 3-6b). Consecuentemente, restricciones mínimas del diámetro basados en los requisitos del acceso son aún más -- fuertes en platos de múltiple paso.

3.4.2) EFECTOS DE LOS SOPORTES DEL PLATO.

La figura 3-7 demuestra el arreglo típico de los miembros de los soportes y anillos del plato. Estos soportes ocupan arriba de el 15% del área de sección transversal del plato. La pérdida de -- área activa de burbujeo debido a los soportes es real, si alguna -- vez, un factor en la eficiencia del plato porque la rapidez con -- que se mueve la espuma llena el fondo de arriba de los soportes so

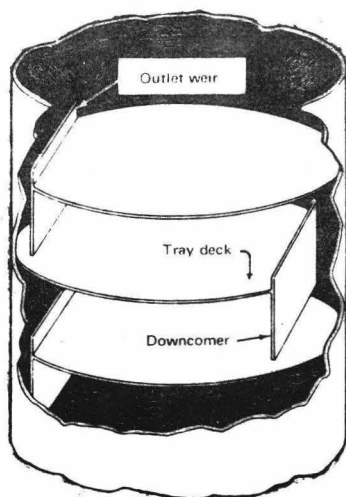


Fig. 3-6a. Platos de un solo paso.

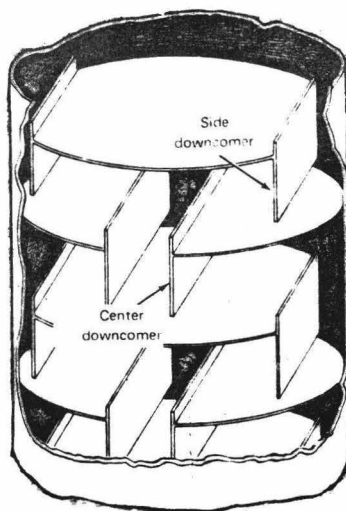


Fig. 3-6b. Platos de doble paso.

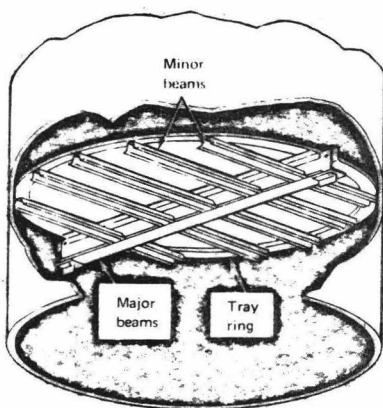


Fig. 3-7. Los soportes de las vigas limitan el espacio arriba del plato.

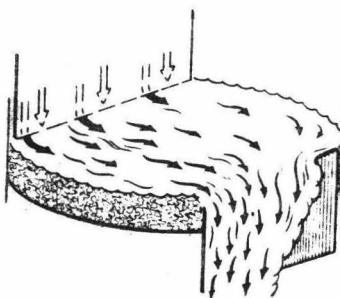


Fig. 3-8. Las tolerancias de los niveles pueden resultar en una pobre distribución del líquido en vertederos rectangulares.

bre el plato superior.

Por lo tanto los soportes hacen algunas restricciones o limitaciones a el flujo de vapor arriba en una columna por la disminución del área de flujo disponible, la caída de presión de plato seco y por lo tanto la caída de presión total son aumentadas. Este efecto puede ser vencido, sin embargo, ajustando el pitch entre los artefactos de flujo de vapor (cachuchas, válvulas, perforaciones, etc.) así que el número óptimo de estos están localizados en el plato.

El espacio libre entre la cubierta del plato y cualquier soporte de viga para el plato de arriba debería de ser de cuando menos 14 pulgadas para permitir que cuando un hombre esté trabajando dentro alcance áreas remotas del plato. Si esta mínima dimensión no es encontrada, accesos al plato deben ser instalados en cada lado de todas las vigas bajas, por lo tanto aumenta la distancia mínima entre platos.

3.4.3) CORROSION.

El espesor extra especificado para materiales sujetos a corrosión es normalmente más grande que las tolerancias para la mayoría de las dimensiones del plato. Por esta razón, un material de plato resistente a la corrosión es a menudo requerido, aún en servicios medianamente corrosivos.

En otros casos, la corrosión podría causar una declinación en la operación del plato, y esto debe ser considerado como una materia de economías. Las variables son:

a) Costo inicial relativo del material resistente a la corrosión contra el material menos resistente.

- b) Cantidad esperada de corrosión.
- c) Grado de seguridad en la corrosión esperada.
- d) Efecto de la declinación en la operación del plato en una planta en operación.
- e) Costo de pérdida de producción (si la hay) debido a la necesidad de cambiar platos.

3.4.4) LAS LIMITACIONES DE TOLERANCIAS ESTANDARES.

Las variaciones dimensionales dentro de las tolerancias especificadas plantean limitaciones en aspectos del diseño del plato. Considerar, por ejemplo, un plato que está relativamente cargado de líquido, con la cresta del líquido de salida diseñada para -- 0.15 de pulgada arriba del nivel del vertedero. La tolerancia sobre el nivel del vertedero es típicamente 1/16 de pulgada. Por lo tanto, a través de un vertedero de 3 pies de longitud, la cresta actual variará casi 50% a través del plato.

Puesto que el flujo de líquido sobre el vertedero es más que proporcional a la altura de esta cresta, el flujo por pulgada de longitud de vertedero variará por un factor de 2, y la eficiencia de plato será perjudicada (figura 3-8).

Un medio para reducir significativamente este efecto de desnivelación del vertedero sobre los platos con un poco de líquido descendente es mostrado en la figura 3-9, por ejemplo vertederos ramurados triangulares. La ventaja es sencillamente que un aumento en el flujo a través de un vertedero dentado resultará en un pequeño aumento en el porcentaje en la cresta que si se quisiera con un vertedero resto.

En el ejemplo anterior, un vertedero dentado con 16 dientes igualmente espaciados y a 90 grados reduciría la variación de la-

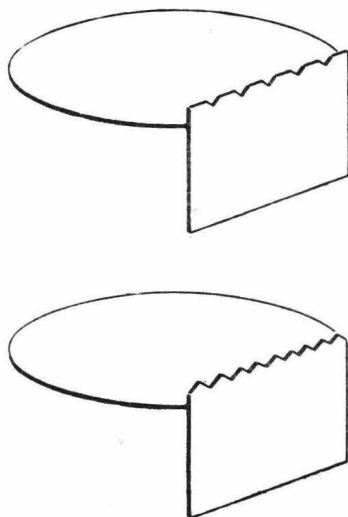


Fig. 3-9. Vertederos dentados.

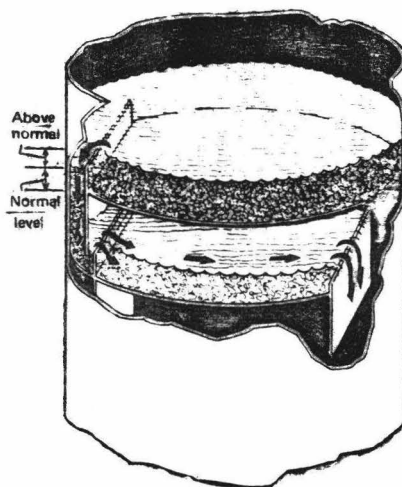


Fig. 3-10. Espacio reducido entre la bajante arqueada y el vertedero de entrada pue den causar inundación.

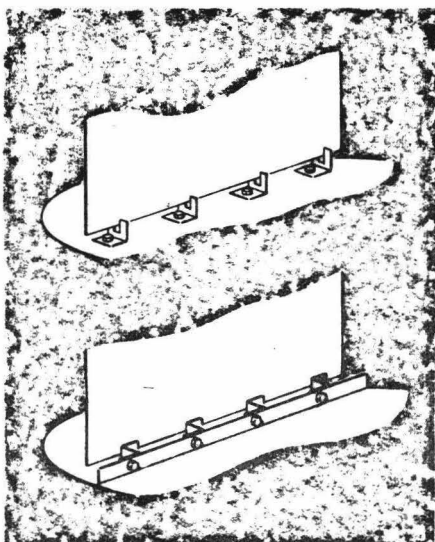


Fig. 3-11. Los brazos de las bajantes aseguran un flujo - libre del líquido.

cresta a un 15%. El flujo por pulgada de vertedero con el cual sería reducido a una variación a través del plato de no más del 30%, el cual compara con una variación para un vertedero recto de 100%.

Otro problema que se puede suscitar fuera de las tolerancias dimensionadas es bajantes arqueadas. Esto puede resultar de:

a) Una deformidad en la coraza de la torre (pero dentro de las tolerancias) que atrae hacia una redondez perfecta cuando está sujeta a elevadas temperaturas de proceso.

b) Una diferencia entre los coeficientes de expansión térmica del plato y los materiales de la coraza.

Bajantes arqueadas no son un problema ellas mismas; la máxima desviación de una bajante arqueada en extremo de su posición - especificada rara vez excede de 1 a 1.5 pulgadas para grandes torres y es proporcionalmente menor para pequeñas torres. Por lo tanto, este efecto sobre el tiempo de residencia del líquido es despreciable.

Sin embargo, cuando un vertedero de entrada está presente sobre el plato debajo de la bajante, y si la bajante se arquea hacia ese vertedero (figura 3-10), el flujo de líquido entre la bajante y el vertedero puede ser soportado lo suficiente para retroceder - el líquido a el plato de arriba, y la inundación de la torre en ese punto.

Para eliminar esta posibilidad, es buena práctica prevenir - el uso de vertederos de entrada siempre que sea posible. Cuando ellos sean requeridos, los brazos de la bajante (figura 3-11) minimizan el efecto del arqueamiento.

CAPITULO IV

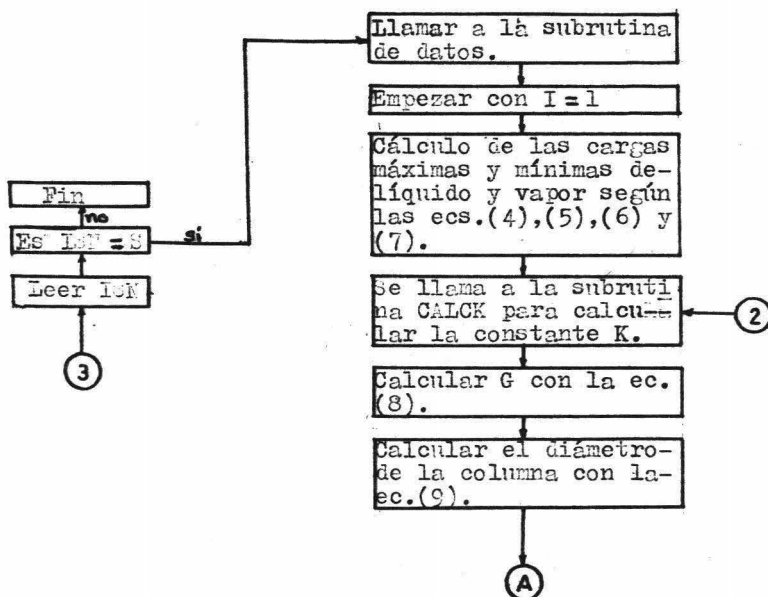
SECUENCIA DE CALCULO

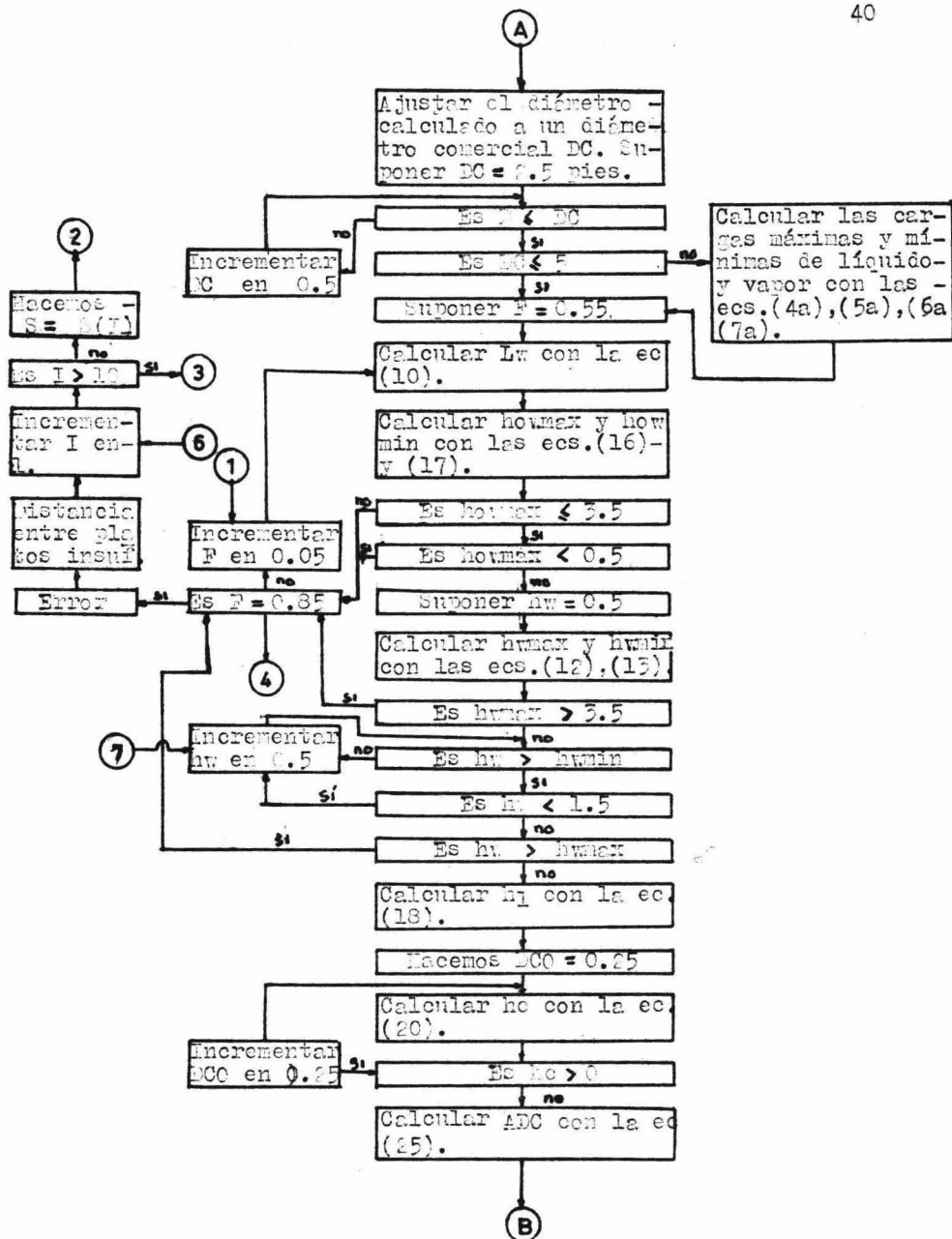
4.1) INTRODUCCION.

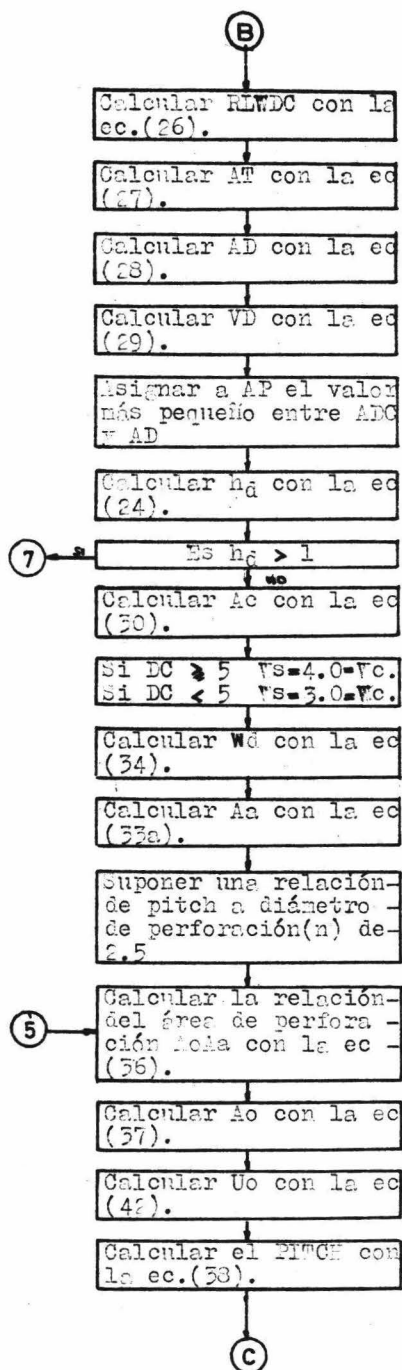
El objetivo de este capítulo es describir la secuencia de -- cálculo para el diseño del plato perforado mediante diagramas de bloques. Un diagrama de bloques muestra simbólicamente como se -- realiza un trabajo. Se emplean principalmente:

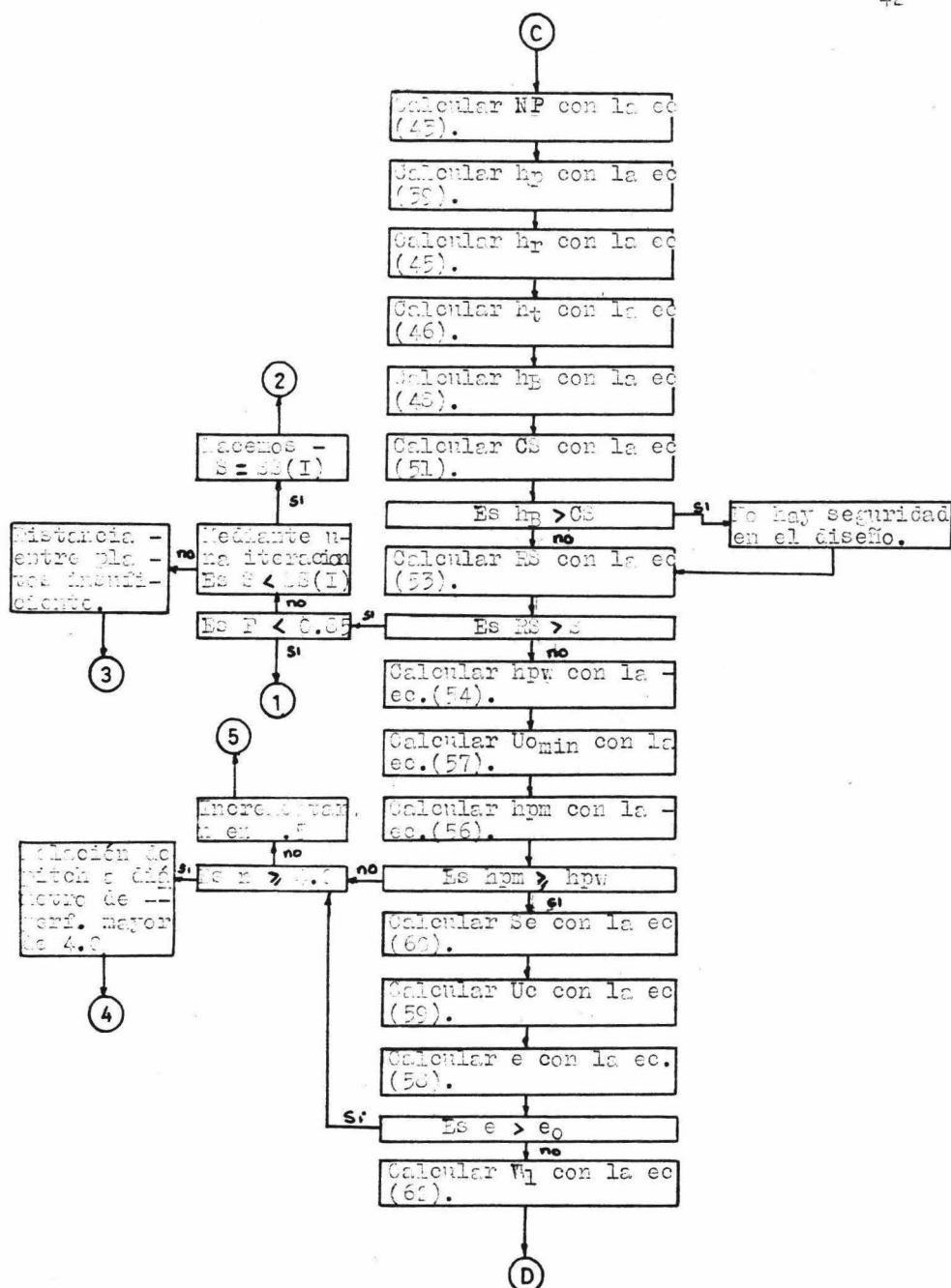
- Como una ayuda para desarrollar el programa.
- Como una guía para la codificación.
- Como documentación del programa.

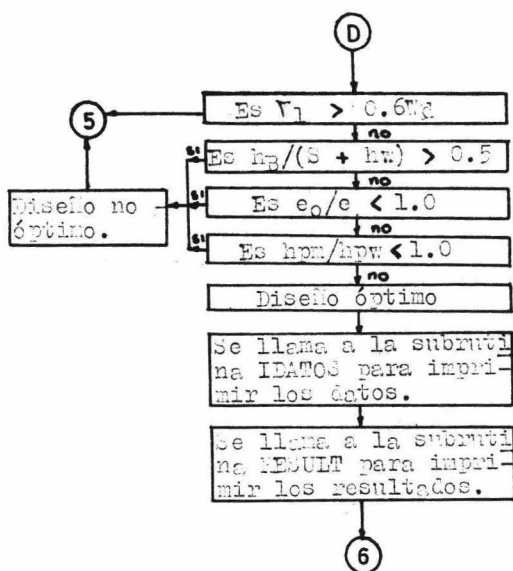
4.2) DIAGRAMA DE BLOQUES.











CAPITULO V

ANALISIS HIDRAULICO

5.1) INTRODUCCION.

El método de Huang y Hodson es el utilizado aquí para el análisis hidráulico de platos perforados. Los datos y cálculos obtenidos del diseño de un plato en particular, son aplicados aquí para su análisis.

Después de realizarlo, una carta de operación (Fig. 5-1), nos indicará si el punto de operación calculado está dentro de los límites de una operación estable satisfactoria del plato; si éste no cae dentro de éste rango, habrá que cambiar o modificar las condiciones del proceso.

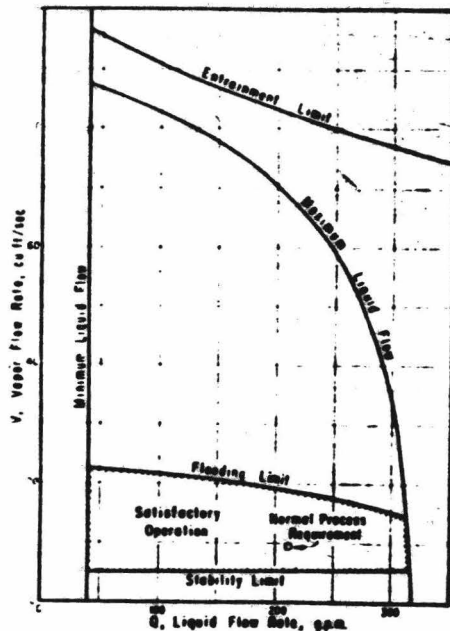


Fig. 5-1. Carta de operación.

Para que el diseño obtenido sea un buen diseño, su rango de operación debe ser grande, es decir, que se puedan efectuar cambios en las condiciones de operación, principalmente, las del flujo de líquido y flujo de vapor, y el punto de operación todavía esté dentro de los límites de una buena operación del plato.

La preparación de una carta de operación para el diseño de un plato en particular se ilustrará en el siguiente punto, que contendrá los límites de operación que usualmente van incluidos en una carta.

5.2) LIMITES DE OPERACION.

5.2.1) CARGA MINIMA DEL LIQUIDO LIMITADA POR LA ALTURA MINIMA -- DEL LIQUIDO SOBRE EL VERTEDERO.

Para proveer una buena distribución del líquido sobre el -- vertedero debería ser mantenido cuando menos a 0.5 de pulgada de alto. Entonces el mínimo flujo de líquido para producir esta altura del líquido puede ser calculado por

$$Q = 2.98 L_w (h_{ow})^{3/2}$$

donde Q flujo de líquido, G.P.M.

L_w longitud del vertedero, pulgadas.

h_{ow} altura del líquido sobre el vertedero, pulgadas.

La contribución del arrastre del plato inferior es despreciada aquí. La línea vertical en la Fig. 5-1 representa el límite de operación de la carga mínima de líquido.

5.2.2) CARGAS MAXIMAS DE LIQUIDO Y VAPOR LIMITADAS POR LA ALTURA DEL LIQUIDO LIBRE SOBRE EL PLATO.

La máxima altura del líquido sobre el plato es alrededor de

4 pulgadas. Este criterio, en turno, limita la máxima la máxima altura de el líquido sobre el vertedero de acuerdo a la siguiente -- ecuación:

$$\text{how max} = 4.0 - \text{hw}$$

donde hw altura de el vertedero, pulgadas.

Por lo tanto, la carga líquida para proveer esta how max puede ser calculada por

$$Q_{\text{max}} = 2.98 Lw (\text{how max})^{3/2}$$

Para establecer cada curva de operación, las cantidades limitantes de flujo de vapor, V_i pies³/seg., correspondientes a diferentes Q_i deberán ser calculados. Además, se tomarán diferentes valores de (how)_i entre 0.5 y (4.0-hw) usando la siguiente ecuación

$$(\text{how})_i = 0.5 + (3.5 - \text{hw}) * 0.02 * XI$$

$$XI = i - 1 \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Los correspondientes valores de Q_i serán calculados usando la siguiente ecuación

$$Q_i = 2.98 Lw (\text{how})_i^{3/2}$$

La carga máxima del líquido calculada anteriormente, a how = 4.0-hw está basada sobre la consideración de que la contribución del arrastre a la altura de el líquido libre sobre el plato es despreciable. Pero esta consideración no es válida a cantidades altas de flujo de vapor, y la contribución del arrastre del plato inferior debería ser tomado en cuenta.(22). Por lo tanto, a una cantidad neta de flujo líquido, Q_i , debería haber una cantidad suficientemente alta de vapor, V_i , la cual produce arrastre suficiente pa-

ra hacer la altura del líquido libre sobre el plato igual a 4.0-pulgadas. La ecuación para calcular el V_i correspondiente a un- Q_i neto es:

$$0.22 \left[\frac{73}{\sigma} \right] \left[\frac{V_i}{A_c} \frac{1}{S_e} \right]^{3.2} [V_i \rho_v] = (\Delta Q_i) \left(0.1338 \frac{1}{60} \right) (\rho_l)$$

$$V_i = (1.39 \times 10^{-4}) (\Delta Q_i) (\sigma) (A_c)^{3.2} (S-10)^{3.2} \frac{\rho_l}{\rho_v}$$

donde $\Delta Q_i = Q_n - Q_r$

A_c Area de la sección transversal de la columna disponible para el flujo de vapor, pies².

σ Tensión superficial, dinas/cm.

S Distancia entre platos, pulgadas.

ρ_l Densidad del líquido, lbs./pie³.

ρ_v Densidad del vapor, lbs/pie³.

La gráfica de V_i vs Q_i para esta limitación como está mostrada en la figura 5-1 está generalmente en algún lugar arriba - de la curva limitante de inundación.

5.2.3) CANTIDAD MAXIMA DE FLUJO DE VAPOR LIMITADA POR LA INUNDACION.

a) Para prevenir la inundación del plato:

$$h_b \leq 1/2 (S + h_w)$$

donde h_b Altura del líquido libre acumulado en la bajante, pulgadas.

S Distancia entre platos, pulgadas.

b) El valor obtenido de h_b en la ecuación anterior y sustituido en la ecuación (46) del capítulo III forma:

$$h_p = h_b + 2h_l + h_r + h_d$$

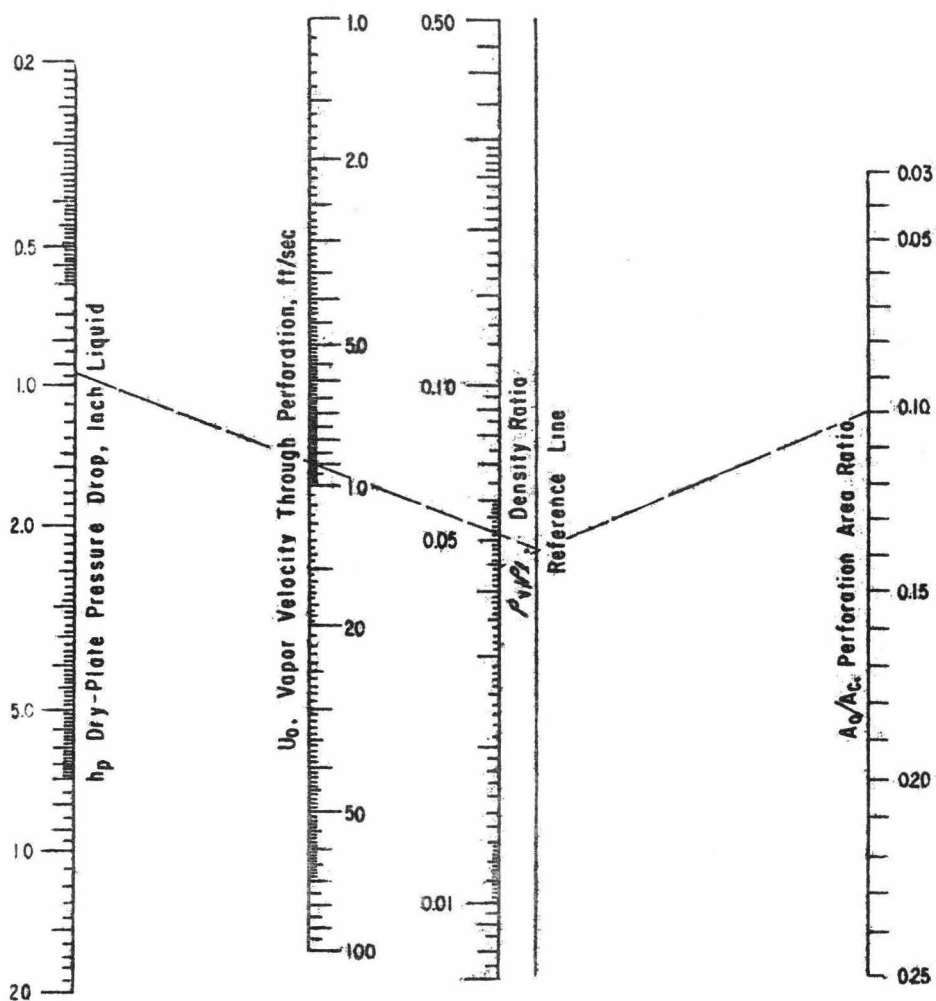


Fig. 5-6. Nomograma para calcular la caída de presión de plato seco

donde h_p Caída de presión de plato seco, pulgadas de líquido. ---
 h_l Altura del líquido libre sobre el plato, pulgadas(&). ---
 h_r Caída de presión residual, pulgadas de líquido. (&). --
 h_d Pérdida de carga líquida en la bajante, Pulgadas de ---
 líquido.(&).

El lado derecho de la ecuación es función solamente de la --
 cantidad de flujo líquido, Q_l , para un diseño de plato en parti--
 cular y sistema vapor-líquido.

c) La caída de presión de plato seco (h_p) calculada es fi---
 nalmente sustituida en la ecuación (39)&), o la figura 5-2 es u--
 sada, para determinar la cantidad máxima de flujo permisible de--
 de el punto de vista de inundación.

$$V_i = U_o A_o$$

donde U_o Velocidad del vapor a través de la perforación, pies/Seg
 A_o Area total de las perforaciones, pies². (&)

Los valores calculados V_i son las cantidades limitantes de--
 flujo de vapor por inundación a cada cantidad de flujo líquido.

5.2.4) CANTIDAD MAXIMA DE FLUJO DE VAPOR LIMITADA POR EL ARRASTRE EXCESIVO.

La cantidad de arrastre al plato superior no debería ser más
 del valor óptimo especificado por los requisitos del proceso.

a) Para cada cantidad de flujo de líquido, la correspondiente
 altura del líquido libre sobre el plato, y la distancia efectiva
 entre platos pueden ser calculados.

$$h_l = h_w + (h_{ow})_i$$

(&) Ver el capítulo III.-

$$S_e = S - 2.5 h_1$$

50

donde S_e Distancia efectiva entre platos, pulgadas.

b) La sustitución de S_e y G en la ecuación (58)& resulta en el límite superior de la cantidad del flujo de vapor fuera de la cual la cantidad de arrastre al plato superior excede el valor optimo.

$$V_i \leq 0.42 (e_o G)^{\frac{1}{32}} (A_c) (S_e)$$

donde e_o Arrastre optimo, lbs. de líquido/lb. de vapor.

5.2.5) CANTIDAD MINIMA DE FLUJO DE VAPOR LIMITADA POR LA OPERACION ESTABLE.

El plato es estable si la caída de presión de plato seco es más grande que la calculada por la ecuación (54)&.

a) Para la cantidad de flujo del líquido Q_1 , la altura del líquido correspondiente sobre el plato (h_1) se determinó en el inciso anterior. Por lo tanto, usando la ecuación (54)& la mínima caída de presión de plato seco requerida para una operación estable se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$h_{pw} = 0.2 + 0.05 h_1$$

b) La caída de presión de plato seco es entonces sustituida en la ecuación (39)&, para obtener la cantidad mínima de flujo del vapor.

$$V_i = U_o A_o$$

CONCLUSION: Creo que los límites antes enumerados, cubren todas -

(&), Ver el capítulo III.

las posibles fallas que puedan causar una mal operación del plato, ya que a cada condición de operación le corresponde un límite de operatibilidad que no debe rebasar, porque de lo contrario provocaría problemas. Estos límites son los principales para la construcción de la carta de operación para un plato en particular.

Analicemos por ejemplo el límite de operación 5.2.2. Si la altura del líquido sobre el vertedero fuera mayor que el señalado por la ecuación $h_{ow\ max} = 40 - h_w$, habría un aumento de carga líquida sobre el plato, el cual se traduce o provoca una deflección sobre él; si la velocidad del vapor a través de las perforaciones no es suficientemente grande para prevenir el lagrimeo, el plato inferior tendría un aumento en carga líquida, por otro lado el líquido que se está derramando sobre el vertedero provocaría un golpeo más fuerte en la bajante debido a que cae de una altura mayor y esto se traduciría en un aumento en la caída de presión.

Análisis semejantes se harían para los demás límites.

CAPITULO VI

PROBLEMAS Y RESULTADOS

De acuerdo a los programas desarrollados para el diseño y para el análisis hidráulico de platos perforados, se trabajó con tres problemas. Estos fueron obtenidos de las siguientes fuentes de información:

1er. problema) Petroleum Refiner(19).

2do. problema) Van Winkle(45).

3er. problema) Smith(41).

6.1) DESCRIPCION DE LOS PROBLEMAS.

A continuación se describirán los problemas antes enumerados:

Problema No. 1	D a t o s	
	Presión de operación, psia	170
	Temperatura de operación, °F	180
	Relación molar líquido-vapor	1.08
	Eficiencia de plato seco, %	80
	Total de platos teóricos requeridos	50
	Arrastre óptimo, lbs. arrastre/lb. vapor.	0.10
	Densidad del líquido, lb./pie ³	33.71
	Densidad del vapor, lb./pie ³	1.53
	Tensión superficial, dinas/cm.	6.90
	Carga normal del líquido, lbs./hr.	57510
	Carga normal del vapor, lbs./hr.	53356

Problema No. 2

D a t o s

Presión de operación, psia	20
Temperatura de operación, °F	191
Tensión superficial, dinas/cm.	13
Densidad del líquido, lb./pie ³	44.6
Densidad del vapor, lb./pie ³	0.19
Arrastre óptimo, lbs. arrastre/lb. vapor	0.10
Reflujo interno L/V	1.88
Carga máxima de líquido, lbs./hr.	18160
Carga máxima de vapor, lbs./hr.	6670

Problema No. 3

Presión de operación, psia	14.7
Temperatura de operación, °F	176
Densidad del líquido, lb./pie ³	43.3
Densidad del vapor, lb./pie ³	0.168
Tensión superficial, dinas/cm.	21
Arrastre óptimo, lbs. arrastre/lb. vapor	0.10
Relación de reflujo L/V	5
Carga máxima de líquido, lbs/hr.	200000
Carga máxima de vapor, lbs./hr.	240000

6.2) RESULTADOS, TABLAS Y GRÁFICOS CORRELATIVOS.

A partir de los datos del diseño anterior, se obtuvieron varios diseños óptimos para un mismo juego de datos, además su análisis hidráulico mediante una carta de operación.

La primera tabla en forma de hoja de especificaciones, se encuentran los resultados del diseño a una cierta distancia entreplatos, en la siguiente los resultados de las variables del análisis hidráulico y por último la carta de operación construida en base a esas variables. Esta secuencia se repite para cada diseño encontrado.

* EJEMPLO DEL PETROLEUM REFINER PAG. 113, FEBRERO DE 1958.

REQUISITOS DEL PROCESO

PFESION DE OPERACION, PSIA.....	170
TEMPERATURA DE OPERACION, GRADOS F.....	180
RELACION MOLAL LIQUIDO-VAPOR.....	1.08
EFICIENCIA DE PLATO SECO, POR CIENTO.....	80
TOTAL DE PLATOS TEORICOS CONSIDERADOS.....	50
ARRASTRE OPTIMO, LBS. ARRASTRE/LBS. VAPOR.....	0.10

* FASE GASEOSA *		* FASE LIQUIDA *	
* MATERIAL.....		* HIDROCARBUROS *	
* PESO MOLECULAR.....		* HIDROCARBUROS *	
* DENSIDAD, LBS./FT3.....		1.53	33.71
* TENSION SUPERFICIAL LIQ., DINAS/CM.....			6.90

* LBS. MOL/HR.....		* LBS. MOL/HR.....	
* CARGA NORMAL...	LBS./HR.....	53356.00	57510.00
	FT3/HR.....		

* LBS. MOL/HR.....		* LBS. MOL/HR.....	
* CARGA MINIMA...	LBS./HR.....	37349.20	40257.00
	FT3/HR.....		

* NOTACIONES:			

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PLATOS PERFORADOS

TORRE NO. -----
 PLATO NO. -----
 ESPECIFICADO POR -----
 FECHA -----

A) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

1) PLATO -----
 2) BAJANTE -----

B) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

C) DATOS DEL PLATO:

1) DIAMETRO DE PERFORACION ----- 0.12500 IN
 2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES ----- 0.313 IN
 3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES ----- 1.193 FT²
 4) NUMERO DE PERFORACIONES ----- 10764
 5) ESPESOR ----- 0.125 IN
 6) DISTANCIA ENTRE PLATOS ----- 18.000 IN

D) DATOS DE LA BAJANTE:

1) CARA:
 1) LONGITUD DEL VENTEDERO ----- 51.000 IN
 2) ANCHURA DE LA BAJANTE ----- 14.197 IN
 3) AREA DE LA BAJANTE ----- 3.445 FT²
 4) VOLUMEN DE LA BAJANTE ----- 5.599 FT³
 5) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO ----- 1.250 IN

E) DATOS DEL VENTEDERO:

1) CARA:
 1) ALTURA ----- 1.500 IN
 2) ESPESOR ----- 0.18750 IN
 II) AJUSTABLE: (SI) (NO)
 1) LONG. + 1 A = 2

F) GENERAL:

I) DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA ----- 5.000 FT
 II) DISTRIBUCION DE BAFLES -----
 1) LOCALIZACION -----
 2) ESPACIO LIBRE -----
 3) ALTURA -----
 III) TOLERANCIAS
 1) VENTEDERO (+ -) ----- 1/16 IN
 2) PLATO (+ -) ----- 1/8 IN
 3) SEPARACION (+ -) ----- IN

G) AREA LIBRE DEL PLATO:

1) 1) VERT. DE SALIDA A GRILLA 1A HILERA DE PERF. --- 4.000 IN
 2) PAREL INT. DE LA TORRE A GRILLA DE LA PERF. --- 4.000 IN

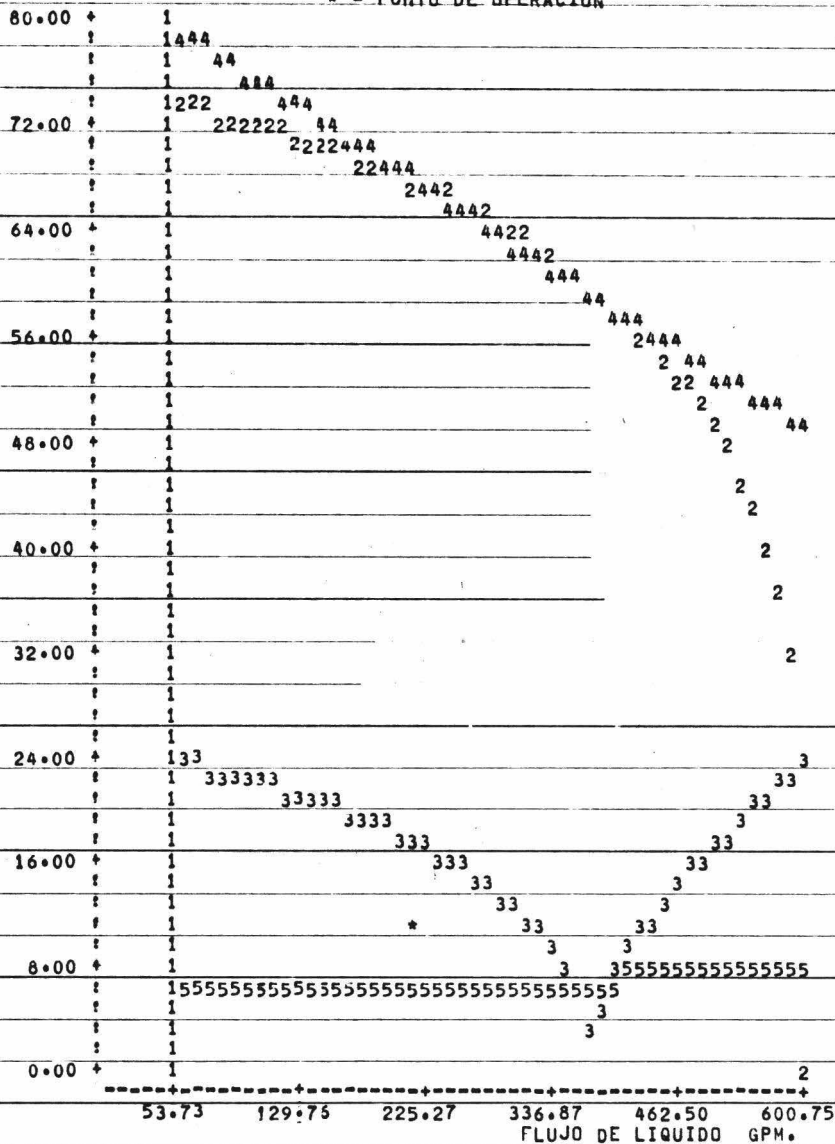
• EJEMPLO DEL COTAPULLUM DEFINIDO, PAG. 113, FEBRERO DE 1958.

PARA UNA DISTANCIA ENTRE PLATES DE 18.0 IN

I.....	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	NOTACIONES
MMW-IN.....	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	
Q-GPM.....	53.73	88.01	128.76	175.34	225.27	279.21	336.87	396.03	462.50	530.12	600.75	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO
V-FT3/SEC..	72.86	71.71	70.31	68.62	66.61	64.20	61.25	57.52	52.51	46.75	0.00	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LIQ. LIMPE
V-FT3/SLF..	22.96	21.76	20.38	18.65	16.43	13.41	8.71	6.65	13.49	18.42	22.76	LIMITE DE INUNDACION
V-FT3/SLF..	78.72	77.69	72.66	69.63	66.61	63.58	60.55	57.52	54.50	51.47	48.44	LIMITE DE ARRASTRE
V-FT3/SEC..	5.75	5.85	5.94	6.03	6.12	6.21	6.30	6.39	6.47	6.56	6.64	LIMITE DE ESTABILIDAD

FLUJO DE
VAPOR
FT3/SEG

1 = FLUJO MINIMO DE LIQUIDO
2 = FLUJO MAXIMO DE LIQUIDO
3 = LIMITE DE INUNDACION
4 = LIMITE DE ARRASTRE
5 = LIMITE DE ESTABILIDAD
* = PUNTO DE OPERACION



FOOZ DE ESPECIFICACIONES DE PLATOS PERFORADOS

TORRE NO. -----
 PLATO NO. -----
 ESPECIFICADO POR -----
 FECHA -----

A) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

- 1) PLATO -----
 2) BAJANTE -----

B) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

C) DATOS DEL PLATO:

- 1) DIAMETRO DE PERFORACION ----- 0.12500 IN
 2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES ----- 0.313 IN
 3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES ----- 1.209 FT²
 4) NUMERO DE PERFORACIONES ----- 10910
 5) ESPESOR ----- 0.125 IN
 6) DISTANCIA ENTRE PLATOS ----- 20.000 IN

D) DATOS DE LA BAJANTE:

- 1) CAPA -----
 1) LONGITUD DEL VERTICERO ----- 43.200 IN
 2) ANCHURA DE LA BAJANTE ----- 10.800 IN
 3) AREA DE LA BAJANTE ----- 2.188 FT²
 4) VOLUMEN DE LA BAJANTE ----- 3.919 FT³
 5) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO ----- 1.250 IN

E) DATOS DEL VERTICERO:

- 1) CAPA -----
 1) ALTURA ----- 1.500 IN
 2) ESPESOR ----- 0.18750 IN
 III) AJUSTABLES (SI) (NO)
 1) RANGO + 1 A - 2

F) GENERAL:

- I) DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA ----- 4.500 FT
 II) DISTRIBUCION DE BAJANTES -----
 1) LOCALIZACION -----
 2) ESPACIO LIBRE -----
 3) ALTURA -----
 III) TOLERANCIAS
 1) VERTICERO (+ -) ----- 1/16 IN
 2) PLATO (+ -) ----- 1/8 IN
 3) SEPARACION (+ -) ----- IN

G) AREA LIBRE DEL PLATO:

- 1) VERT. DE SALIDA A GRILLA 1A HILERA DE PERF. --- 4.000 IN
 2) PART. INT. DE LA TORRE A GRILLA DE LA PERF. --- 3.000 IN

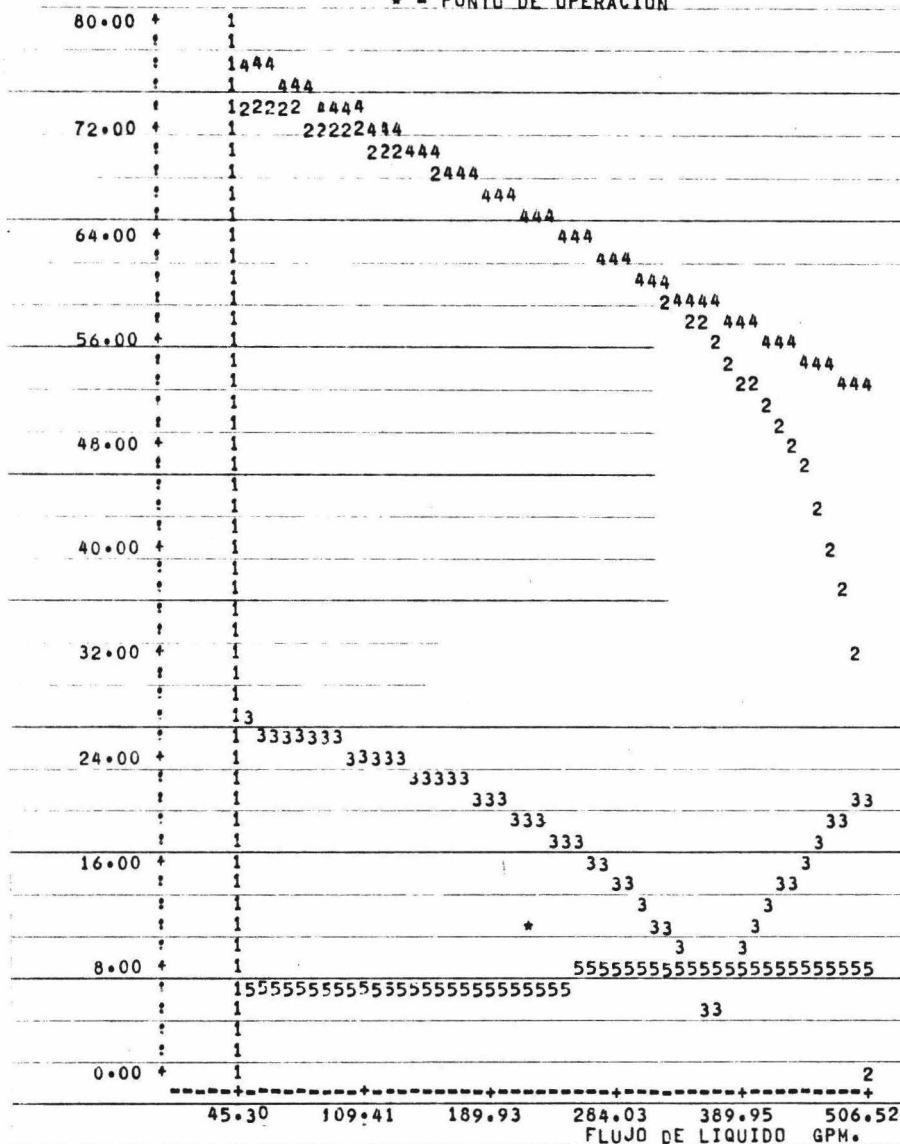
• EJEMPLOS DEL PLATEADO DEFINIDO PAG. 113, FEBRERO DE 1958.

PARA UNA DISTANCIA ENTRE PLATOS DE 20.0 IN

I.....	1	4	11	16	21	26	31	36	41	46	51	NOTACIONES
HCL/H.....	0.50	1.75	0.90	1.10	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	
QCL/H.....	47.37	71.05	109.41	147.83	189.93	235.41	284.03	335.59	389.95	446.97	506.52	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO
V.F.T.3/SI.....	73.73	77.04	70.67	60.98	66.96	64.53	61.56	57.82	52.78	44.98	0.00	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LIQ. LIBRE
V.F.T.3/SL.....	25.20	21.81	23.52	21.94	20.00	17.47	13.99	8.34	8.68	15.53	20.72	LIMITE DE INUNDACION
V.F.T.3/SL.....	77.10	71.57	72.02	69.45	66.87	64.30	61.73	59.16	56.59	54.01	51.44	LIMITE DE ARRASTRE
V.F.T.3/SL.....	5.90	4.00	6.09	6.19	6.28	6.37	6.46	6.55	6.64	6.73	6.81	LIMITE DE ESTABILIDAD

FLUJO DE
VAPOR
FT³/SEG

- 1 = FLUJO MINIMO DE LIQUIDO
- 2 = FLUJO MAXIMO DE LIQUIDO
- 3 = LIMITE DE INUNDACION
- 4 = LIMITE DE ARRASTRE
- 5 = LIMITE DE ESTABILIDAD
- * = PUNTO DE OPERACION



HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PLATOS PERFORADOS

TORRE NO. -----
 PLATO NO. -----
 ESPECIFICADO POR -----
 FECHA -----

A) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

- 1) PLATO -----
 2) BAJANTE -----

B) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

C) DATOS DEL PLATO:

- 1) DIAMETRO DE PERFORACION ----- 0.12500 IN
 2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES ----- 0.375 IN
 3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES ----- 1.002 FT²
 4) NUMERO DE PERFORACIONES ----- 9048
 5) ESPESOR ----- 0.125 IN
 6) DISTANCIA ENTRE PLATOS ----- 24.000 IN

D) DATOS DE LA CAJANTE:

- 1) CARGA:
 1) LONGITUD DEL VERTEDERO ----- 37.800 IN
 2) ANCHURA DE LA CAJANTE ----- 7.718 IN
 3) AREA DE LA CAJANTE ----- 1.408 FT²
 4) VOLUMEN DE LA CAJANTE ----- 3.051 FT³
 5) ESPACIO LIBRE DE LA CAJANTE A PLATO ----- 1.750 IN

E) DATOS DEL VERTEDERO:

- 1) CARGA:
 1) ALTURA ----- 2.000 IN
 2) ESPESOR ----- 0.18750 IN
 II) AJUSTABLES (SI) (NO)
 1) BARRIL + 1 A - 2

F) GENERAL:

- I) DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA ----- 4.500 FT
 II) DISTRIBUCION DE BAPLES -----
 1) LOCALIZACION
 2) ESPACIO LIBRE
 3) ALTURA
 III) TOLERANCIAS
 1) VERTEDERO (+ -) ----- 1/16 IN
 2) PLATO (+ -) ----- 1/8 IN
 3) SEPARACION (+ -) ----- IN

G) AREA LIBRE DEL PLATO:

- I) 1) VERT. DE SALIDA A GRILLA 1A HILERA DE PERF. --- 4.000 IN
 2) BAPES INT. DE LA TORRE A GRILLA DE LA PERF. --- 3.000 IN

• FUENTES DEL PETRÓLEO MEXICANO PAG. 113 FEBRERO DE 1956.

PARA UNA DISTANCIA ENTRE PLATOS DE 24.0 IN

	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	NOTACIONES
h _{lim} /H _{pl}	0.50	0.65	0.80	0.95	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85	2.00	
v _{lim} /V _{pl}	40.04	53.14	61.03	104.85	130.64	158.26	187.58	210.52	251.00	284.94	320.29	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO
v _{FT3/5}	87.30	85.91	84.15	82.07	79.62	76.69	73.13	68.65	62.65	53.37	0.00	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LIQ. LIBRE
v _{FT3/SL}	23.43	22.88	22.29	21.65	20.84	20.16	19.29	18.30	17.17	15.86	14.31	LIMITE DE INUNDACION
v _{FT3/SL}	96.06	94.05	92.02	89.99	87.96	85.93	83.90	81.87	79.84	77.81	75.78	LIMITE DE ARRASTRE
v _{FT3/SL}	5.03	4.09	3.15	2.26	1.26	0.31	0.37	0.42	0.48	0.53	0.58	LIMITE DE ESTABILIDAD

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PLATOS PERFORADOS

TORRE NO. -----
 PLATO NO. -----
 ESPECIFICADO POR -----
 FECHA -----

A) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

1) PLATO -----
 2) BAJANTE -----

B) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

C) DATOS DEL PLATO:

1) DIAMETRO DE PERFORACION ----- 0.12500 IN
 2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES ----- 0.375 IN
 3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES ----- 0.930 FT²
 4) NUMERO DE PERFORACIONES ----- 8392
 5) ESPESOR ----- 0.125 IN
 6) DISTANCIA ENTRE PLATOS ----- 30.000 IN

D) DATOS DE LA BAJANTE:

1) CARGA:
 1) LONGITUD DEL VENTERO ----- 40.500 IN
 2) ANCHURA DE LA BAJANTE ----- 9.141 IN
 3) AREA DE LA BAJANTE ----- 1.751 FT²
 4) VOLUMEN DE LA BAJANTE ----- 4.669 FT³
 5) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO ----- 1.750 IN

E) DATOS DEL VENTERO:

1) CARGA:
 1) ALTURA ----- 2.000 IN
 2) ESPESOR ----- 0.18750 IN
 III) AJUSTABLE: (SI) (NO)
 1) RANGO + 1 - - - 2

F) GENERAL:

I) DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA ----- 4.500 FT
 II) DISTRIBUCION DE BAFLES -----
 1) LOCALIZACION -----
 2) ESPACIO LIBRE -----
 3) ALTURA -----
 III) TOLERANCIAS
 1) VENTERO (+ -) ----- 1/16 IN
 2) PLATO (+ -) ----- 1/8 IN
 3) SEPARACION (+ -) ----- IN

G) AREA LIBRE DEL PLATO:

1) 1) VENT. DE SALIDA A CRILLA 1A HILERA DE PERF. --- 4.000 IN
 2) PARED INT. DE LA TORRE A CRILLA DE LA PERF. --- 3.000 IN

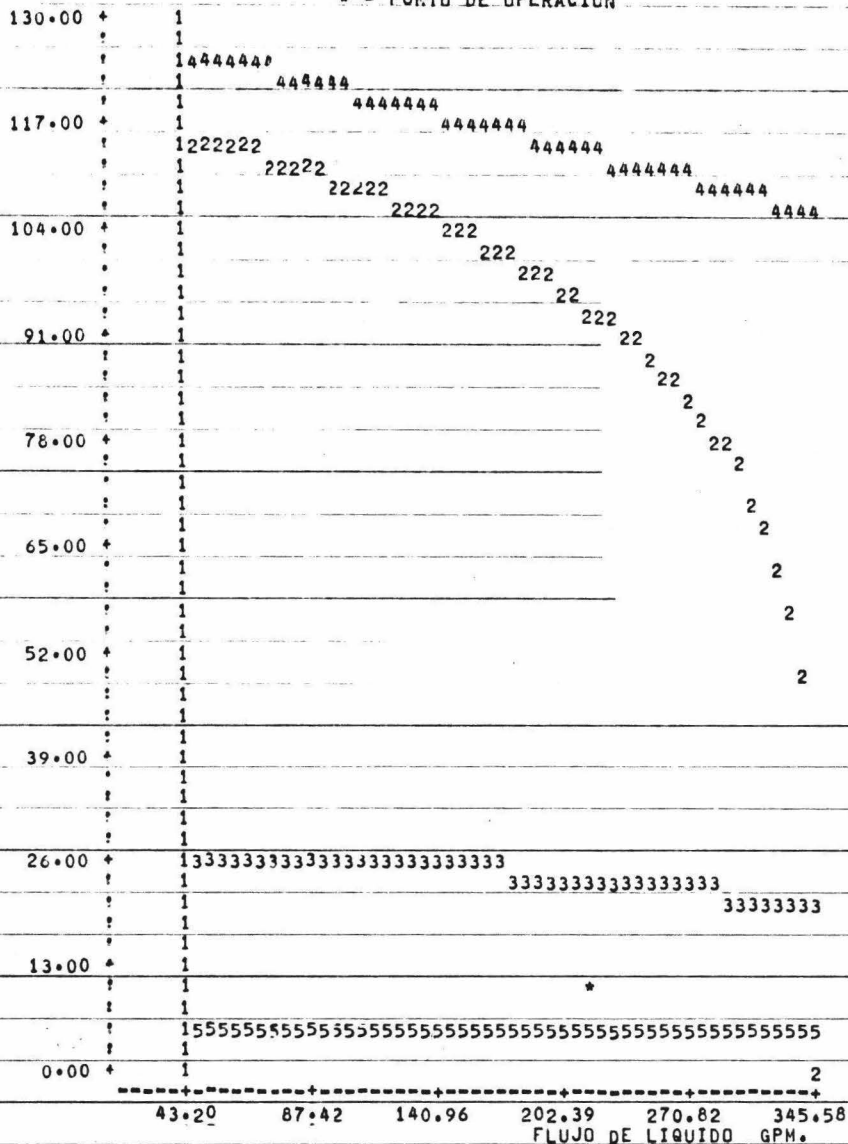
• EJEMPLO DEL PETROLEO REFINER PAG. 113, FEBRERO DE 1958.

PARA UNA DISTANCIA ENTRE PLATOS DE 36.0 IN

	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	NOTACIONES
MON-IN.....	0.50	2.65	0.80	0.95	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85	2.00	
Q-GPM.....	43.20	44.03	87.42	111.13	140.24	170.75	202.39	235.77	270.62	307.44	345.58	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO
V-FT3/SEC..	114.34	119.41	110.12	107.40	104.19	100.36	95.70	89.84	81.98	69.84	0.00	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LIQ. LIBRE
V-FT3/SEC..	25.88	22.45	25.00	24.51	23.98	23.40	22.74	22.04	21.26	20.30	19.17	LIMITE DE INUNDACION
V-FT3/SEC..	125.08	123.11	121.13	119.16	117.18	115.21	113.23	111.26	109.88	107.81	105.33	LIMITE DE ARRASTRE
V-FT3/SEC..	4.65	2.71	4.76	4.81	4.86	4.91	4.96	5.01	5.06	5.11	5.16	LIMITE DE ESTABILIDAD

FUJO DE
VAPOR
FT3/SEG

1 = FUJO MINIMO DE LIQUIDO
2 = FUJO MAXIMO DE LIQUIDO
3 = LIMITE DE INUNDACION
4 = LIMITE DE ABRASURE
5 = LIMITE DE ESTABILIDAD
* = PUNTO DE OPERACION



HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PLATOS PERFORADOS

TORRE NO. -----
 PLATO NO. -----
 ESPECIFICADO POR -----
 FECHA -----

A) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

1) PLATO -----
 2) BAJANTE -----

B) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

C) DATOS DEL PLATO:

1) DIAMETRO DE PERFORACION ----- 0.12500 IN
 2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES ----- 0.313 IN
 3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES ----- 0.915 FT²
 4) NUMERO DE PERFORACIONES ----- 3257
 5) ESPESOR ----- 0.125 IN
 6) DISTANCIA ENTRE PLATOS ----- 36.000 IN

D) DATOS DE LA BAJANTE:

I) CARA:
 1) LONGITUD DEL VERTEDERO ----- 38.400 IN
 2) ANCHURA DE LA BAJANTE ----- 9.600 IN
 3) AREA DE LA BAJANTE ----- 1.728 FT²
 4) VOLUMEN DE LA BAJANTE ----- 5.473 FT³
 5) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO ----- 1.750 IN

E) DATOS DEL VERTEDERO:

I) CARA:
 1) ALTURA ----- 2.000 IN
 2) ESPESOR ----- 0.18750 IN
 II) AJUSTABLES (SI) (NO)
 1) RANCHO + 1 A - 2

F) GENERAL:

I) DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA ----- 4.000 FT
 II) DISTRIBUCION DE BAFLES -----
 1) LOCALIZACION
 2) ESPACIO LIBRE
 3) ALTURA
 III) TOLERANCIAS
 1) VERTEDERO (+ -) ----- 1/16 IN
 2) PLATO (+ -) ----- 1/8 IN
 3) SEPARACION (+ -) ----- IN

G) AREA LIBRE DEL PLATO:

1) 1) VERT. DE SALIDA A ORILLA 1A HILERA DE PERF. --- 4.000 IN
 2) PARED INT. DE LA TORRE A TRILLA DE LA PERF. --- 3.000 IN

• EJEMPLO DEL PETROLEUM REFINER PAG. 113 FEBRERO DE 1956

PARA UNA DISTANCIA ENTRE MAREAS DE 10.0 IN

	1	4	11	18	25	32	39	46	53	60	NOTACIONES
WOW-IN.....	0.50	5.65	0.80	0.95	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85	2.00
OW-MPH.....	40.94	59.14	81.03	104.85	130.44	158.26	187.50	218.18	250.20	283.94	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO
V.FT3/SEC..	112.85	115.95	108.60	104.00	102.63	99.05	94.45	88.66	80.91	69.99	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LTO. LITORAL
V.FT3/SEC..	29.36	25.67	24.39	24.17	23.72	23.22	22.68	22.08	21.42	20.69	LIMITE DE INUNDACION
V.FT3/SEC..	121.31	119.78	116.25	114.73	113.20	111.67	110.14	108.61	107.08	105.55	LIMITE DE ARRASTRE
V.FT3/SEC..	4.63	4.69	4.74	4.79	4.84	4.89	4.94	4.99	5.04	5.09	LIMITE DE ESTABILIDAD

CENTRO DE SERVICIO DE COMPUTO

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PLATOS PERFORADOS

TORRE NO. -----
PLATO NO. -----
ESPECIFICADO POR -----
FECHA -----

A) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

1) PLATO -----
2) BAJANTE -----

B) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

C) DATOS DEL PLATO:

1) DIAMETRO DE PERFORACION -----	0.12500	IN
2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES -----	0.375	IN
3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES -----	0.635	FT ²
4) NUMERO DE PERFORACIONES -----	5734	
5) ESPESOR -----	0.125	IN
6) DISTANCIA ENTRE PLATOS -----	40.000	IN

D) DATOS DE LA BAJANTE:

1) CARGA:		
1) LONGITUD DEL VERTEDERO -----	38.400	IN
2) ANCHURA DE LA BAJANTE -----	9.600	IN
3) AREA DE LA BAJANTE -----	1.728	FT ²
4) VOLUMEN DE LA BAJANTE -----	6.050	FT ³
5) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO -----	1.750	IN

E) DATOS DEL VERTEDERO:

1) CARGA:		
1) ALTURA -----	2.000	IN
2) ESPESOR -----	0.18750	IN
III) AJUSTABLE: (SI) (NO)		
1) RANGO + 1 K = 2		

F) GENERAL:

I) DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA -----	4.000	FT
II) DISTRIBUCION DE BAFLES -----		
1) LOCALIZACION		
2) ESPACIO LIBRE		
3) ALTURA		
III) TOLERANCIAS		
1) VERTEDERO (+ -) -----	1/16	IN
2) PLATO (+ -) -----	1/8	IN
3) SEPARACION (+ -) -----		IN

G) AREA LIBRE DEL PLATO:

1) 1 ^o VENT. DE SALIDA A GRILLA 1 ^a HILERA DE PERF. ---	4.000	IN
2) CARGO INT. DE LA TORRE A GRILLA DE LA PERF. ---	3.000	IN

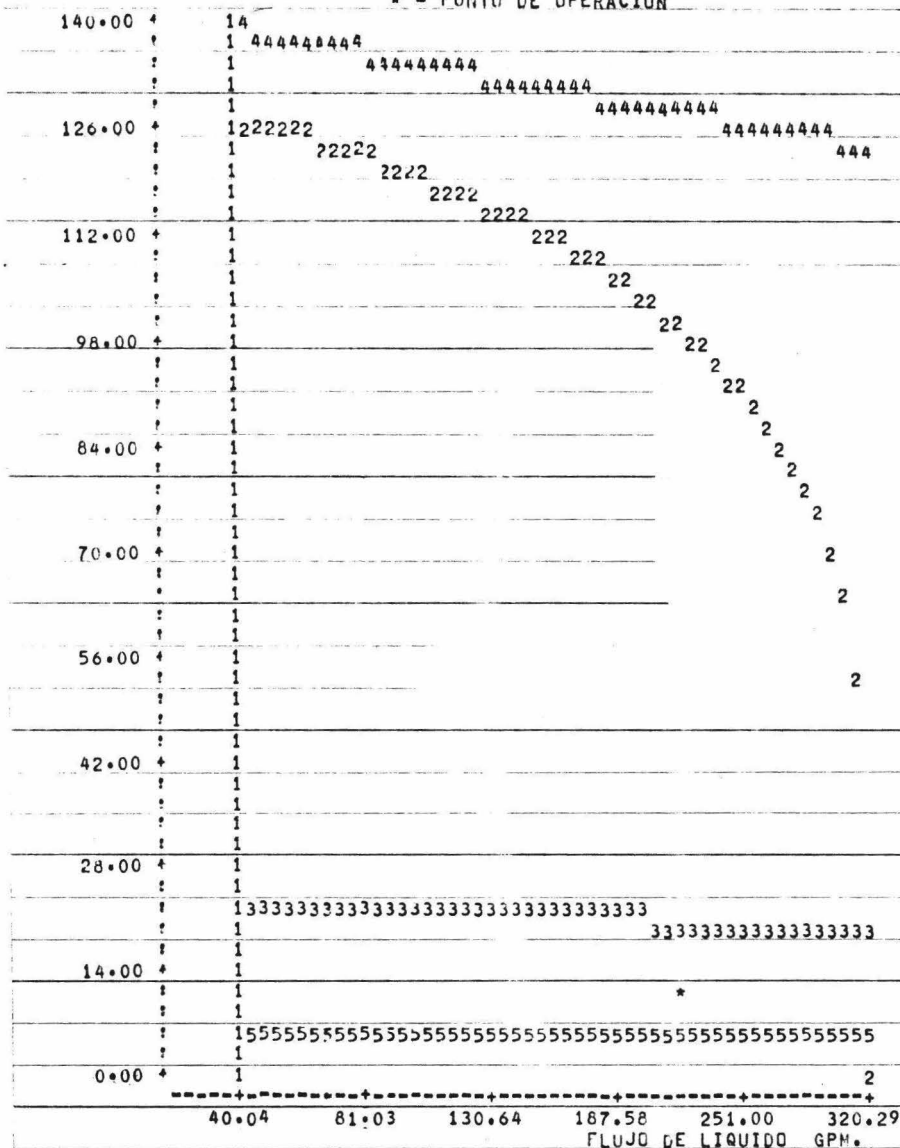
• EJEMPLO DEL PETROLEO REFINED PAG. 113, FEBRERO DE 1958.

PARA UNA DISTANCIA ENTRE PLATOS DE 40.0 IN

	1	4	11	16	21	26	31	36	41	46	51	NOTACIONES
MON. IN.....	0.50	1.65	4.80	8.95	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85	2.00	
B. GPM.....	40.04	59.34	81.03	104.05	130.64	158.26	187.58	218.52	251.00	284.94	320.29	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO
V. FT3/SEC..	125.85	123.73	121.20	118.21	114.67	110.46	105.33	98.88	90.23	78.87	68.00	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LIQ. LIQPI
V. FT3/SEC..	21.50	21.26	21.01	20.75	20.48	20.15	19.81	19.43	19.02	18.57	18.07	LIMITE DE INUNDACION
V. FT3/SEC..	137.62	137.09	134.57	133.04	131.51	129.98	128.45	126.92	125.39	123.86	122.33	LIMITE DE ARPASTRE
V. FT3/SEC..	3.16	3.19	3.23	3.27	3.30	3.34	3.37	3.40	3.44	3.47	3.50	LIMITE DE ESTABILIDAD

FLUJO DE
VAPOR
FT3/SEG

1 = FLUJO MINIMO DE LIQUIDO
2 = FLUJO MAXIMO DE LIQUIDO
3 = LIMITE DE INUNDACION
4 = LIMITE DE ARRASTRE
5 = LIMITE DE ESTABILIDAD
* = PUNTO DE OPERACION



HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PLATOS PERFORADOS

TORRE NO. -----
 PLATO NO. -----
 ESPECIFICADO POR -----
 FECHA -----

A) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

1) PLATO -----
 2) BAJANTE -----

B) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

C) DATOS DEL PLATO:

1) DIAMETRO DE PERFORACION ----- 0.12500 IN
 2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES ----- 0.313 IN
 3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES ----- 0.766 FT²
 4) NUMERO DE PERFORACIONES ----- 7096
 5) ESPESOR ----- 0.125 IN
 6) DISTANCIA ENTRE PLATOS ----- 48.000 IN

D) DATOS DE LA BAJANTE:

1) CUBA: -----
 2) LONGITUD DEL VERTEDERO ----- 40.800 IN
 3) ANCHURA DE LA BAJANTE ----- 11.357 IN
 4) AREA DE LA BAJANTE ----- 2.205 FT²
 5) VOLUMEN DE LA BAJANTE ----- 9.168 FT³
 6) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO ----- 1.750 IN

E) DATOS DEL VERTEDERO:

1) CUBA: -----
 2) ALTURA ----- 2.000 IN
 3) ESPESOR ----- 0.18750 IN
 4) AJUSTABLE? (SI) (NO)
 5) $NALGO + 1 \quad A = 2$

F) GENERAL:

1) DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA ----- 4.000 FT
 2) DISTRIBUCION DE BAPLES -----
 3) LOCALIZACION -----
 4) ESPACIO LIBRE -----
 5) ALTURA -----
 6) TOLERANCIAS -----
 7) VERTEDERO (+ -) ----- 1/16 IN
 8) PLATO (+ -) ----- 1/8 IN
 9) SEPARACION (+ -) ----- IN

G) AREA CERRE DEL PLATO:

1) 1/2 MET. DE SALIDA A GRILLA 1A HILERA DE PERF. --- 4.000 IN
 2) TAPED 1/2 DE LA TORRE A GRILLA DE LA PERF. --- 3.000 IN

• EJEMPLO DEL PETROLIO REFINER PAG. 113, FEBRERO DE 1950.

PARA UNA DISTANCIA ENTRE PLATOS DE 48.0 IN

	1	4	11	16	21	26	31	36	41	46	51	NOTACIONES
MON. IN.....	0.50	5.65	0.60	0.95	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85	2.00	
Gr GPM.....	43.20	67.03	87.42	113.13	140.94	170.75	202.39	235.77	270.62	307.44	345.58	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO
Va FT3/SEC..	147.07	147.59	141.64	138.14	134.01	129.08	123.09	115.55	105.45	89.83	0.00	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LTO. LIBRE
Va FT3/SEC..	10.28	10.02	29.75	29.45	29.18	28.79	28.42	28.01	27.57	27.08	26.54	LIMITE DE INUNDACION
Va FT3/SEC..	141.64	157.59	156.14	156.70	155.25	153.80	152.36	150.91	149.47	148.02	146.57	LIMITE DE ARRASTRE
Va FT3/SEC..	3.96	8.00	4.05	4.09	4.13	4.18	4.22	4.26	4.30	4.35	4.39	LIMITE DE ESTABILIDAD

* EJEMPLO 14-2 PAG. 587 (BASE) DEL VAN WINKLE

REQUISITOS DEL PROCESO

PRESION DE OPERACION, PSIA.....	20
TEMPERATURA DE OPERACION, GRADOS F.....	191
RELACION MOLAL LIQUIDO-VAPOR.....	1.88
EFICIENCIA DE PLATO SECO, POR CIENTO.....	80
TOTAL DE PLATES TEORICOS CONSIDERADOS.....	50
ARRASTRE OPTIMO, LBS. ARRASTRE/LBS. VAPOR.....	0.10

		* FASE GASEOSA *	* FASE LIQUIDA *

* MATERIAL.....	* HIDROCARBUROS *	HIDROCARBUROS*	
* PESO MOLECULAR.....			
* DENSIDAD, LBS./FT ³	0.19	* 44.60 *	
* TENSION SUPERFICIAL LIQ., DINAS/CM....		* 13.00 *	

* CARGA NORMAL... * LBS./HR.....			
* CARGA NORMAL... * LBS./HR.....	6670.00	* 18160.00 *	
* CARGA NORMAL... * FT ³ /HR.....			

* CARGA NINTUA... * LBS./HR.....			
* CARGA NINTUA... * LBS./HR.....	4669.00	* 12712.00 *	
* CARGA NINTUA... * FT ³ /HR.....			

* NOTACIONES:			

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PLATOS PERFORADOS

TORRE NO. -----
 PLATO NO. -----
 ESPECIFICADO POR -----
 FECHA -----

4) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

- 1) PLATO -----
 2) BAJANTE -----

5) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

6) DATOS DEL PLATO:

- 1) DIAMETRO DE PERFORACION ----- 0.25000 IN
 2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES ----- 0.625 IN
 3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES ----- 0.315 FT²
 4) NUMERO DE PERFORACIONES ----- 711
 5) ESPESOR ----- 0.250 IN
 6) DISTANCIA ENTRE PLATOS ----- 18.000 IN

7) DATOS DE LA BAJANTE:

- 1) CARA:
 1) LONGITUD DEL VERTEDERO ----- 22.500 IN
 2) ANCHURA DE LA BAJANTE ----- 5.078 IN
 3) AREA DE LA BAJANTE ----- 0.540 FT²
 4) VOLUMEN DE LA BAJANTE ----- 0.878 FT³
 5) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO ----- 1.250 IN

8) DATOS DEL VERTEDERO:

- 1) CARA:
 1) ALTURA ----- 1.500 IN
 2) ESPESOR ----- 0.18750 IN
 III) AJUSTABLE: (SI) (NO)
 1) RANGO + 1 A - 2

9) GENERAL:

- I) DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA ----- 2.500 FT
 II) DISTRIBUCION DE PARTES
 1) LOCALIZACION
 2) ESPACIO LIBRE
 3) ALTURA
 III) TOLERANCIAS
 1) VERTEDERO (+ -) ----- 1/16 IN
 2) PLATO (+ -) ----- 1/8 IN
 3) SEPARACION (+ -) ----- IN

10) AREA LIBRE DEL PLATO:

- 1) 1) VERT. DE SALIDA A ORILLA 1A HILERA DE PERF. --- 4.000 IN
 2) PARED INT. DE LA TORRE A ORILLA DE LA PERF. --- 3.000 IN

• EJEMPLO 14-2 PAG. 567 (BASE) DEL VAN WINKLE.

PARA UNA DISTANCIA ENTRE PLATOS DE 18.0 IN

.....	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	NOTACIONES
HOW/IN.....	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	
G/GPH.....	24.23	40.14	58.52	79.07	101.59	125.92	151.92	179.50	209.50	239.08	270.93	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO
V,FT3/SEG..	45.05	44.34	43.47	42.43	41.19	39.70	37.87	35.57	32.47	27.67	0.00	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LTO. LIBRE
V,FT3/SEG..	20.31	19.32	18.14	16.69	14.85	12.37	8.68	3.79	10.83	15.33	19.20	LIMITE DE INUNDACION
V,FT3/SEG..	25.65	24.66	23.67	22.69	21.70	20.71	19.73	18.74	17.76	16.77	15.78	LIMITE DE ARRASTRE
V,FT3/SEG..	4.97	5.05	5.14	5.22	5.29	5.37	5.45	5.52	5.60	5.67	5.74	LIMITE DE ESTABILIDAD

QUINCO



Hoja de Especificaciones de Platos Perforados

TORRE NO. -----
PLATO NO. -----
ESPECIFICADO POR -----
FECHA -----

4) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

1) PLATO -----
2) BAJANTE -----

5) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

6) DATOS DEL PLATO:

1) DIAMETRO DE PERFORACION -----	0.25000	IN
2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES -----	0.750	IN
3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES -----	0.193	FT2
4) NUMERO DE PERFORACIONES -----	435	
5) ESPESOR -----	0.250	IN
6) DISTANCIA ENTRE PLATS -----	30.000	IN

7) DATOS DE LA BAJANTE:

1) CARGA -----		
2) LONGITUD DEL VERTEDERO -----	24.000	IN
3) ANCHURA DE LA BAJANTE -----	6.000	IN
4) AREA DE LA BAJANTE -----	0.675	FT2
5) VOLUMEN DE LA BAJANTE -----	1.772	FT3
6) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO -----	1.250	IN

8) DATOS DEL VERTEDERO:

1) CARGA -----		
2) ALTURA -----	1.500	IN
3) ESPESOR -----	0.18750	IN

9) ESTABLECIMIENTO (SI) (NO)

1) RANGO + 1 A - 2

10) GENERAL:

1) DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA -----	2.500	FT
2) DISTRIBUCION DE BAFLES -----		
3) LOCALIZACION -----		
4) ESPACIO LIBRE -----		
5) ALTURA -----		
6) TOLERANCIAS -----		
7) VERTEDERO (+ -) -----	1/16	IN
8) PLATO (+ -) -----	1/8	IN
9) SEPARACION (+ -) -----		IN

11) AREA LIBRE DEL PLATO:

1) 1) VERT. DE SALIDA A ORILLA 1A FILERA DE PERF. ---	4.000	IN
2) PARED INT. DE LA TORRE A GRILLA DE LA PERF. ---	3.000	IN

• EJEMPLO 14-2 PAG. 567 (BASK) DEL VAN WINKLE.

PARA UNA DISTANCIA ENTRE PLATOS DE 30.0 IN

	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	NOTACIONES
I.....	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	
HENIT.....	25.29	41.69	61.06	82.51	106.01	131.39	158.53	187.31	217.65	249.47	282.71	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO
Q.GPI.....	89.96	88.54	86.81	84.73	82.25	79.27	75.67	71.02	64.84	55.25	0.00	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LIO. LIBRE
V.FT3/SEG..	19.32	18.90	18.41	17.84	17.15	16.33	15.31	14.06	12.46	10.33	7.19	LIMITE DE INUNDACION
V.FT3/SLG..	48.25	47.29	46.32	45.36	44.39	43.43	42.46	41.50	40.53	39.57	38.60	LIMITE DE ARRASTRE
V.FT3/SEG..	3.19	3.24	3.29	3.35	3.40	3.45	3.49	3.54	3.59	3.64	3.68	LIMITE DE ESTABILIDAD

[illegible]

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PLATOS PERFORADOS

TORRE NO. -----
 PLATO NO. -----
 ESPECIFICADO POR -----
 FECHA -----

A) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

- 1) PLATO -----
 2) BAJANTE -----

B) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

C) DATOS DEL PLATO:

- 1) DIAMETRO DE PERFORACION ----- 0.2500 IN
 2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES ----- 0.750 IN
 3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES ----- 0.160 FT²
 4) NUMERO DE PERFORACIONES ----- 361
 5) ESPESOR ----- 0.250 IN
 6) DISTANCIA ENTRE PLATOS ----- 40.000 IN

D) DATOS DE LA BAJANTE:

- 1) CANAL
 1) LONGITUD DEL VERTEDERO ----- 25.500 IN
 2) ANCHURA DE LA BAJANTE ----- 7.098 IN
 3) AREA DE LA BAJANTE ----- 0.861 FT²
 4) VOLUMEN DE LA BAJANTE ----- 2.979 FT³
 5) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO ----- 1.250 IN

E) DATOS DEL VERTEDERO:

- 1) CANAL
 1) ALTURA ----- 1.500 IN
 2) ESPESOR ----- 0.18750 IN
 II) AJUSTABLE (SI) (NO)
 1) BANGU + 1 A - 2

F) GENERAL:

- I) DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA ----- 2.500 FT
 II) DISTRIBUCION DE BAFLES -----
 1) LOCALIZACION
 2) ESPACIO LIBRE
 3) ALTURA
 III) TOLERANCIAS
 1) VERTEDERO (+ -) ----- 1/16 IN
 2) PLATO (+ -) ----- 1/8 IN
 3) SEPARACION (+ -) ----- IN

G) AREA LIBRE DEL PLATO:

- 1) VERT. DE SALIDA A ORILLA 1A HILERA DE PERF. --- 4.000 IN
 2) PARED INT. DE LA TORRE A ORILLA DE LA PERF. --- 3.000 IN

* EJEMPLO 14-2 PAG. 507 (BASE) DEL VAN WINKLE.

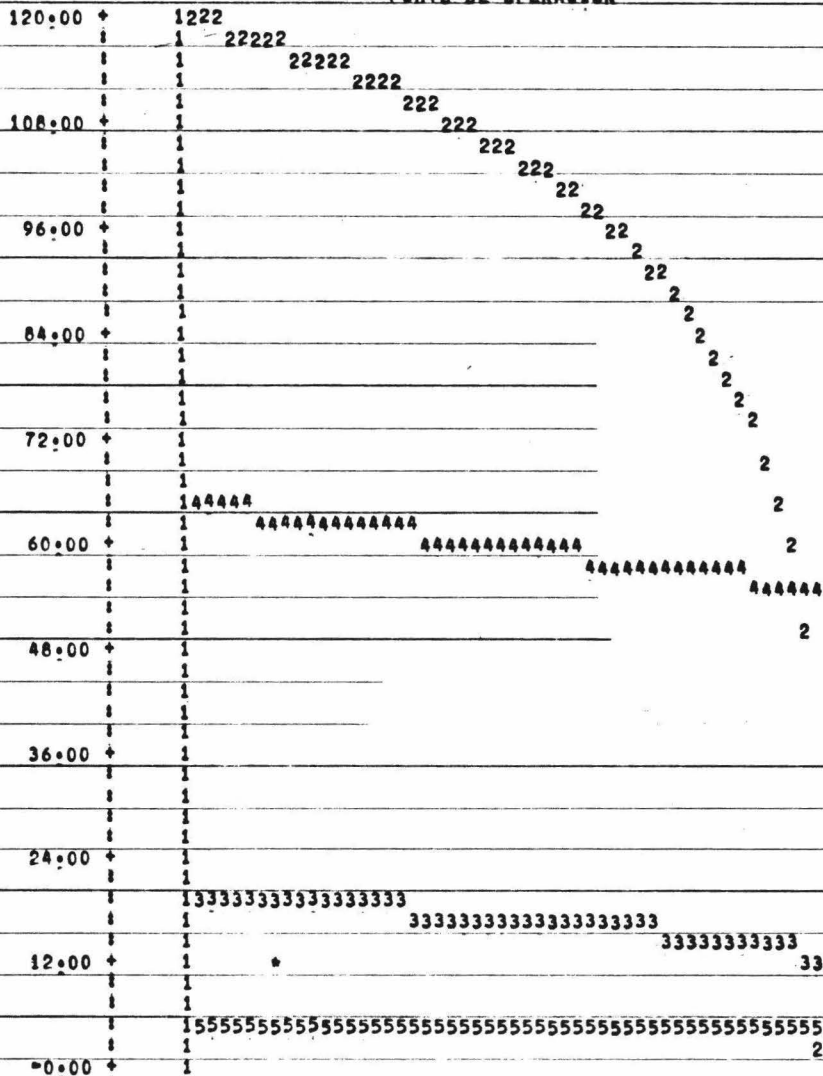
PARA UNA DISTANCIA ENTRE PLATOS DE 40.0 IN

	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	NOTACIONES
1.....												
HCM/in.....	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	
Q/GPM.....	27.39	45.38	66.15	89.39	114.84	142.34	171.74	202.92	235.79	270.26	306.27	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO.
V/FT3/SEG..	118.05	116.98	114.89	111.94	108.66	104.73	99.91	93.83	86.66	78.00	6.00	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LIQ. LIBRE
V/FT3/SEG..	17.94	17.67	17.36	17.00	16.58	16.08	15.48	14.79	13.88	12.80	11.45	LIMITE DE INUNDACION
V/FT3/SEG..	63.31	62.40	61.50	60.59	59.69	58.78	57.88	56.97	56.07	55.17	54.26	LIMITE DE ARRASTRE
V/FT3/SEG..	2.46	2.50	2.54	2.58	2.61	2.65	2.69	2.73	2.76	2.80	2.84	LIMITE DE ESTABILIDAD

FLUJO DE
VAPOR
FT3/SEG

- 1 ■ FLUJO MINIMO DE LIQUIDO
- 2 ■ FLUJO MAXIMO DE LIQUIDO
- 3 ■ LIMITE DE INUNDACION
- 4 ■ LIMITE DE ARRASTRE
- 5 ■ LIMITE DE ESTABILIDAD
- * ■ PUNTO DE OPERACION

86



27.39 66.15 114.84 171.74 235.79 306.27
FLUJO DE LIQUIDO GPM.

* EJEMPLO 15-17 PA-501 DEL SMITH

REQUISITOS DEL PROCESO

PRESION DE OPERACION, PSIA.....	15
TEMPERATURA DE OPERACION, GRADOS F.....	176
RELACION AGUA LIQUIDA-VAPOR.....	5.00
EFICIENCIA DE PLATO SECO, POR CIENTO.....	80
TOTAL DE PLATOS TEORICOS CONSIDERADOS.....	70
ARRASTRE OPTIMO, LBS. ARRASTRE/LBS. VAPOR.....	0.10

```

*****
*                                     * FASE GASEOSA * FASE LIQUIDA *
*                                     *-----*-----*
* MATERIAL.....* HIDROCARBUROS* HIDROCARBUROS*
* PESO MOLECULAR.....*
* DENSIDAD, LBS./FT3.....* 0.17 * 43.30 *
* TENSION SUPERFICIAL LIQ., DINAS/CM....* 21.00 *
*-----*-----*
* * LBS./HOL/HR.....*
* CARGA NORMAL...* LBS./HR.....* 240000.00 * 200000.00 *
* * FT3/HR.....*
*-----*-----*
* * LBS./HOL/HR.....*
* CARGA MINIMA...* LBS./HR.....* 168000.00 * 140000.00 *
* * FT3/HR.....*
*-----*-----*
* NOTACIONES:
*
*****

```

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PLATOS PERFORADOS

TORRE NO. -----
 PLATO NO. -----
 ESPECIFICADO POR -----
 FECHA -----

A) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

1) PLATO -----
 2) BAJANTE -----

B) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

C) DATOS DEL PLATO:

1) DIAMETRO DE PERFORACION	-----	0.18750	IN
2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES	-----	0.469	IN
3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES	-----	14.550	FT ²
4) NUMERO DE PERFORACIONES	-----	58369	
5) ESPESOR	-----	0.188	IN
6) DISTANCIA ENTRE PLATOS	-----	15.000	IN

D) DATOS DE LA BAJANTE:

1) C/LA:			
1) LONGITUD DEL VERTEDERO	-----	178.200	IN
2) ANCHURA DE LA BAJANTE	-----	55.847	IN
3) AREA DE LA BAJANTE	-----	49.721	FT ²
4) VOLUMEN DE LA BAJANTE	-----	68.366	FT ³
5) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO	-----	1.250	IN

E) DATOS DEL VERTEDERO:

1) C/LA:			
1) ALTURA	-----	1.500	IN
2) ESPESOR	-----	0.18750	IN
III) ABSTRACCION: (SI) (NO)			
1) $RALOS + 1 \quad A = 2$			

F) GENERAL:

I)	DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA	-----	16.500	FT
II)	DISTRIBUCION DE BAFLES	-----		
1)	LOCALIZACION			
2)	ESPACIO LIBRE			
3)	ALTURA			
III)	TOLERANCIAS			
1)	VERTEDERO (+ -)	-----	1/16	IN
2)	PLATO (+ -)	-----	1/8	IN
3)	SEPARACION (+ -)	-----		IN

G) AREA LIBRE DEL PLATO:

1)	VERT. DE SALIDA A ORILLA 1A HILERA DE PERF.	---	4.000	IN
2)	PARED INT. DE LA TORRE A ORILLA DE LA PERF.	---	4.000	IN

• EJEMPLO 16-17 PAG. 564 DEL SITII

PARA UNA DISTANCIA ENTRE PLATOS DE 15.0 IN

I.....	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	NOTACIONES
HOM.IN.....	0.50	0.70	0.90	1.10	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30	2.50	
Q.GPM.....	187.54	310.66	452.90	611.96	786.23	974.48	1175.74	1389.21	1614.23	1850.24	2096.75	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO
V.FT3/SEG..	938.23	221.49	903.46	881.03	856.00	824.97	787.05	739.16	674.78	575.06	0.00	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LIQ. LIMBE
V.FT3/SEG..	825.44	766.87	695.13	602.83	474.71	256.37	344.64	575.75	758.75	924.54	1082.58	LIMITE DE INUNDACION
V.FT3/SEG..	870.71	127.17	743.08	740.10	696.57	653.03	609.50	565.96	522.43	478.69	435.35	LIMITE DE ARRASTRE
V.FT3/SEG..	242.18	246.18	250.12	254.00	257.82	261.58	265.29	268.95	272.56	276.12	279.64	LIMITE DE ESTABILIDAD

CENTRO DE SERVICIO DE COMPUTO

90

[illegible]

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PLATOS PERFORADOS

TORRE NO. -----
 PLATO NO. -----
 ESPECIFICADO POR -----
 FECHA -----

A) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

1) PLATO -----
 2) BAJANTE -----

B) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

C) DATOS DEL PLATO:

1) DIAMETRO DE PERFORACION -----	0.18750	IN
2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES -----	0.563	IN
3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES -----	13.867	FT ²
4) NUMERO DE PERFORACIONES -----	55631	
5) ESPESOR -----	0.188	IN
6) DISTANCIA ENTRE PLATOS -----	20.000	IN

D) DATOS DE LA BAJANTE:

I) CARA:

1) LONGITUD DEL VERTEDERO -----	95.700	IN
2) ANCHURA DE LA BAJANTE -----	14.341	IN
3) AREA DE LA BAJANTE -----	6.774	FT ²
4) VOLUMEN DE LA BAJANTE -----	12.420	FT ³
5) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO -----	1.750	IN

E) DATOS DEL VERTEDERO:

I) CARA:

1) ALTURA -----	2.000	IN
2) ESPESOR -----	0.18750	IN

II) AJUSTABLE: (SI) (NO)

1) RANGO + 1 A = 2

F) GENERAL:

I) DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA ----- 14.500 FT

II) DISTRIBUCION DE BAJES -----

1) LOCALIZACION -----

2) ESPACIO LIBRE -----

3) ALTURA -----

III) TOLERANCIAS

1) VERTEDERO (+ -) -----	1/16	IN
2) PLATO (+ -) -----	1/8	IN
3) SEPARACION (+ -) -----		IN

G) AREA LIBRE DEL PLATO:

1) VERT. DE SALIDA A GRILLA 1A HILERA DE PERF. --- 4.000 IN

2) PARED INT. DE LA TORRE A GRILLA DE LA PERF. --- 4.000 IN

• EJEMPLU 15-17 PAG. 561 DEL SHITH

PARA UNA DISTANCIA ENTRE PLATOS DE 20.0 IN

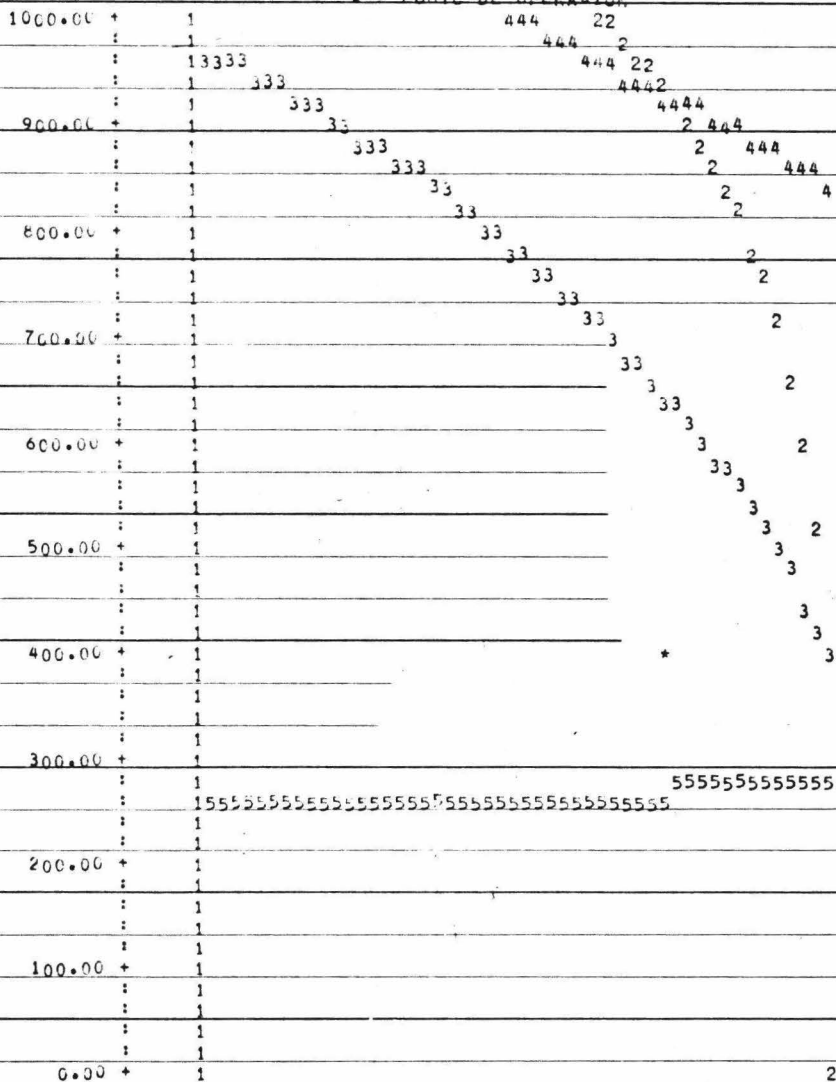
	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	NOTACIONES
HUM,IN.....	0.50	0.65	0.80	0.95	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85	2.00	
Q&GPH.....	101.14	182.92	208.70	248.82	330.05	399.61	473.69	552.06	634.10	719.86	809.16	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO
V*FT3/SEC...1217.86	1197.33	1172.85	1143.93	1109.72	1068.91	1019.29	956.86	873.18	783.88	689.00	0.00	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LIO. LIURE
V*FT3/SEC... 968.73	938.28	901.16	868.86	829.86	776.98	726.90	666.32	598.04	504.45	388.86		LIMITE DE INUNDACION
V*FT3/SEC...1152.60	1121.17	1089.73	1058.30	1026.86	995.43	964.00	932.56	901.13	869.69	838.26		LIMITE DE ARRASTRE
V*FT3/SEC... 239.87	282.63	345.35	388.08	450.70	513.34	575.98	638.62	701.26	763.90	826.54	889.18	LIMITE DE ESTABILIDAD

CENTRO DE SERVICIO DE COMPUTO

FUOJO DE
VAPOR
FT3/SEG

1 = FUOJO MINIMO DE LIQUIDO
2 = FUOJO MAXIMO DE LIQUIDO
3 = LIMITE DE INUNDACION
4 = LIMITE DE ARRASTRE
5 = LIMITE DE ESTABILIDAD
* = PUNTO DE OPERACION

93



101.14 204.70 330.05 473.89 634.10 809.16
FUOJO DE LIQUIDO GPM.

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE PLATOS PERFORADOS

TORRE NO. -----
 PLATO NO. -----
 ESPECIFICADO POR -----
 FECHA -----

A) MATERIAL DE CONSTRUCCION:

- 1) PLATO -----
 2) BAJANTE -----

B) TIPO DE PLATO: CROSS FLOW

C) DATOS DEL PLATO:

- 1) DIAMETRO DE PERFORACION ----- 0.18750 IN
 2) DISTANCIA ENTRE PERFORACIONES ----- 0.563 IN
 3) AREA TOTAL DE LAS PERFORACIONES ----- 12.680 FT²
 4) NUMERO DE PERFORACIONES ----- 51670
 5) ESPESOR ----- 0.188 IN
 6) DISTANCIA ENTRE PLATOS ----- 24.000 IN

D) DATOS DE LA BAJANTE:

I) CARA:

- 1) LONGITUD DEL VERTEDERO ----- 92.400 IN
 2) ANCHURA DE LA BAJANTE ----- 13.846 IN
 3) AREA DE LA BAJANTE ----- 6.315 FT²
 4) VOLUMEN DE LA BAJANTE ----- 13.683 FT³
 5) ESPACIO LIBRE DE LA BAJANTE A PLATO ----- 1.750 IN

E) DATOS DEL VERTEDERO:

I) CARA:

- 1) ALTURA ----- 2.000 IN
 2) ESPESOR ----- 0.18750 IN

II) AJUSTABLES (SI) (NO)

- 1) RANGO + 1 A - 2

F) GENERAL:

- I) DIAMETRO INTERIOR DE LA COLUMNA ----- 14.000 FT
 II) DISTRIBUCION DE BAFLES -----
 1) LOCALIZACION -----
 2) ESPACIO LIBRE -----
 3) ALTURA -----
 III) TOLERANCIAS
 1) VERTEDERO (+ -) ----- 1/16 IN
 2) PLATO (+ -) ----- 1/8 IN
 3) SEPARACION (+ -) ----- IN

G) AREA LIBRE DEL PLATO:

- I) 1) VERT. DE SALIDA A GRILLA 1A HILERA DE PERF. --- 4.000 IN
 2) PARED INT. DE LA TORRE A GRILLA DE LA PERF. --- 4.000 IN

* EJEMPLO 15-17 PAG. 501 DLL SHITII

PARA UNA DISTANCIA ENTRE PLATOS DE 24.0 IN

	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	NOTACIONES
MDM-IN.....	0.50	0.65	0.80	0.95	1.10	1.25	1.40	1.55	1.70	1.85	2.00	
SGPM.....	96.93	143.67	196.17	253.86	316.30	383.15	454.15	529.06	607.68	689.86	775.44	LIMITE DE FLUJO DE LIQUIDO
VFT3/SG.....	1477.90	1453.08	1423.37	1388.26	1346.75	1297.22	1237.00	1161.24	1059.68	902.77	0.00	LIMITE MAX. DE LA ALTURA DEL LIG. LIBRE
VFT3/SG.....	1052.41	1020.43	1002.67	978.71	944.05	910.12	872.21	829.45	780.68	724.30	657.95	LIMITE DE INUNDACION
VFT3/SG.....	1388.56	1359.24	1329.90	1300.57	1271.23	1241.90	1212.56	1183.22	1153.89	1124.55	1095.22	LIMITE DE ARRASTRÉ
VFT3/SG.....	222.72	225.27	227.06	230.30	232.77	235.22	237.64	240.03	242.40	244.75	247.66	LIMITE DE ESTABILIDAD

FLUJO DE VAPOR FT ³ /SEG	1 = FLUJO MINIMO DE LIQUIDO	2 = FLUJO MAXIMO DE LIQUIDO	3 = LIMITE DE INUNDACION	4 = LIMITE DE ABRASTRE	5 = LIMITE DE ESTABILIDAD	* = PUNTO DE OPERACION
1000.00 +	1					
:	1	3333				
:	1	333				2
:	1		333			2
:	1		333			
:	1			333		2
900.00 +	1			333		
:	1			33		
:	1				33	2
:	1				333	
:	1				33	2
800.00 +	1					
:	1				33	
:	1					33
:	1					33 2
:	1					3
700.00 +	1					
:	1					33
:	1					3
:	1					3
:	1					2
600.00 +	1					
:	1					
:	1					
:	1					
500.00 +	1					
:	1					
:	1					
:	1					
400.00 +	1					*
:	1					
:	1					
:	1					
300.00 +	1					
:	1					
:	1					
:	1					
:	1					
200.00 +	1					
:	1					
:	1					
:	1					
:	1					
100.00 +	1					
:	1					
:	1					
:	1					
0.00 +	1					2
96.93	196.17	316.30	454.15	607.68	775.44	
FLUJO DE LIQUIDO GPM.						

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

El diseño óptimo de plato determinado debe de cumplir las siguientes condiciones:

a) Lograr la operación de la torre a las condiciones requeridas del proceso.

b) Tener un amplio rango de operación, es decir, que proporcione flexibilidad para cambios futuros en los requisitos del proceso.

c) En construcción debe lograrse a un costo mínimo.

De los diseños óptimos obtenidos a partir de los problemas - con que se trabajaron, se puede concluir lo siguiente:

a) Para distancias entre platos menores o iguales a 20" existe una caída de operación de plato seco negativa y como consecuencia un rango de operación estrecho.

b) Para distancias entre platos menores o iguales a 24" no existe este tipo de presión negativa y esto resulta en un rango de operación grande.

Por lo tanto, es condición necesaria que no exista esa caída de presión negativa.

Analizando la carta de operación de un diseño óptimo del problema No. 1 a una distancia entre platos de 18", se puede observar que hay varios puntos (Nos. 3) que forman el límite de inundación cruzan la línea del límite de operatividad (Nos. 5), esto - causa que haya inundación del plato que trae como consecuencia la caída de presión negativa.

En resumen, no se recomienda un arreglo óptimo de plato donde exista este tipo de caída de presión porque hace el rango de operación más estrecho y otra cosa más importante, que provocaría inundación del plato a cierto flujo de líquido.

CAPITULO VIII

MANEJO DEL PROGRAMA

Este programa se encuentra en la Biblioteca de Programas del Departamento de Computación de la Facultad de Química.

Para hacer uso del programa, primero hay que asegurarse que esté cargado en la computadora del CIMASS. Si por alguna razón no lo está, el Departamento de Computación de la Facultad deberá hacerlo; además deberá proporcionar toda la información necesaria para poder usarlo.

El siguiente paso, es conocer qué datos necesita el programa LLEÑO/PLATOP y de qué manera se deberá suministrarlos.

El programa está en lenguaje FORTRAN, y es aceptado por la máquina BURROUGHS 6500 del CIMASS. El código en que fué perforado es el BCL.

Secuencia de alimentación de los datos son los siguientes:

Tarjeta de datos No. 1 FORMATO 20A4.

Columna 1-30 inclusive ROT Título del problema, acepta cualquier carácter alfa-numérico.

Tarjeta de datos No. 2 FORMATO 2F10.0

Columna 1-10 inclusive LM Carga de líquido, lbs/hr.

11-20 " " VM Carga de vapor, lbs/hr.

Tarjeta de datos No. 3 FORMATO 5F10.2, F10.5

Columna 1-10 inclusive ROV Densidad del vapor, lbs/pie³.

11-20 " " ROL Densidad del líquido, lbs/pie³.

21-30 " " TS Tensión superficial, dinas/cm.

31-40 " " S Distancia entre platos, pulgadas

41-50 " " EO Arrestre óptimo.

51-60 " " DIO Diámetro de perforación, pulgadas

Tarjeta de datos No. 4		FORMATO 4F10.1, F1Q2	
Columna 1-10 inclusive	PC	Presión de operación, psia.	
11-20 " "	TC	Temperatura de operación, °F.	
21-30 " "	ERS	Eficiencia de plato seco, %.	
31-40 " "	TPTC	Total de platos teóricos conside- rados.	
41-50 " "	RLV	Relación líquido-vapor.	

Tarjeta de datos No. 5		FORMATO A1	
Columna 1	ISN	Indice de lectura de datos.	
		<u>Si ISN=N</u> , indica que no hay otro juego de datos que leer.	
		<u>Si ISN=S</u> , indica que existe otro juego de datos que leer.	

Obtenido el diseño mediante el programa DISEÑO/FLATOP, falta por efectuar el análisis hidráulico del plato que complementa el diseño. Para esto, se hace uso del programa ANAHID/FLATOP y los datos obtenidos en el diseño son utilizados para el cálculo del análisis hidráulico. Dicho programa también se encuentra disponible en el Departamento de Computación de la Facultad de Química.- Para su uso se siguen los mismos pasos descritos anteriormente. - El lenguaje es FORTRAN, está perforado en código BCL y es aceptado por la máquina BURROUGHS 6500 del CIMASS.

La secuencia de alimentación de los datos es la siguiente:

Tarjeta de datos No. 1		FORMATO 20A4	
Columna 1-80 inclusive	HCT	Título del problema, acepta cual- quier carácter alfanumérico.	

Tarjeta de datos No. 2		FORMATO 2F10.0	
Columna 1-10 inclusive	LM	Carga de líquido, lbs/hr.	
11-20 " "	VM	Carga de vapor, lbs/hr.	
Tarjeta de datos No. 3		FORMATO 5F10.2, F10.5	
Columna 1-10 inclusive	ROV	Densidad del vapor, lbs/pie ³ .	
11-20 " "	ROL	Densidad del líquido, lbs/pie ³ .	
21-30 " "	TS	Tensión superficial, dinas/cm.	
31-40 " "	S	Distancia entre platos, pulgadas	
41-50 " "	EO	Arrestre óptimo.	
51-60 " "	DHO	Diámetro de perforación, pulgadas	
Tarjeta de datos No. 4		FORMATO 8F10.3	
Columna 1-10 inclusive	DC	Diámetro de la columna, pies.	
11-20 " "	HW	Altura del vertedero, pulgadas.	
21-30 " "	LW	Longitud del vertedero, pulgadas.	
31-40 " "	HC	Espacio libre de la bajante a -- plato, pulgadas.	
41-50 " "	WC	Distancia entre la pared y las - perforaciones más cercanas, pul- gadas.	
51-60 " "	WS	Anchura de la zona de calma, pul- gadas.	
61-70 " "	WP	Anchura de la bajante, pulgadas.	
71-80 " "	PITCH	Distancia de centro a centro de- dos perforaciones, pulgadas.	
Tarjeta de datos No. 5		FORMATO 40I2	
Columna 1-80 inclusive	NIT(I)	Vector auxiliar.	

Tarjeta de datos No. 6

Columna 1-22 inclusive

NOTA: La tarjeta de datos No. 6 es la continuación de la No. 5 ya que son 51 valores enteros los que se le deben de alimentar y que el diseño no proporciona. Es decir, es un dato extra que le tiene uno que proporcionar. Estos valores son 1, 2, 3, 4, 5, y 51, de acuerdo con el formato especificado. Por esta razón en la tarjeta de datos No. 5 van solamente 40 datos y en la No. 6 los restantes.

Tarjeta de datos No. 7 FORMATO A1

Columna 1

ISN Índice de lectura de datos.

Si ISN=N, indica que no hay otro juego de datos que leer.

Si ISN=S, indica que existe otro juego de datos que leer.

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

- 1) Arnold, D.S., Elrick, C.A., y Schoenborn, E.H.; Chem. Eng. Prog 48,635(1952).
- 2) Baker, E.H.; Ind. Eng. Chem., 31,717(1939).
- 3) Baker, E.H. y Lindsay, R.A.; Ind. Eng. Chem., 35,413(1943).
- 4) Colles, W.L.; Pet. Proc., Marzo, Abril y Mayo(1956).
- 5) Colles, W.L.; Petroleum Refiner, 25, Dic.,613(1946).
- 6) Brown, G.G., Souders, M., Nyland, H.V. y Mesler, W.W.; Petroleum Refiner, Feb.(1934), pag. 70.
- 7) Brown, G.G. y Souders, M.; Ind. Eng. Chem., 26,98(1934).
- 8) Carey, J.S., Griswold, J., Lewis, W.K. y McAdams, W.H.; Trans. Amer. Inst. Chem. Engrs., 30,504(1934).
- 9) Cicalese, J.J., et al.; Petroleum Refiner, 26, Mayo,495(1947).
- 10) Claypool, D.C.; M.S. Thesis, Univ. of California, Berkeley --- (1952).
- 11) Colburn, A.P.; Ind. Eng. Chem., 28,526(1936).
- 12) Davis, J.A.; Petroleum Refiner, Agosto y Septiembre(1950).
- 13) Edmister, W.C.; Pet. Eng., Diciembre(1948).
- 14) Fair, J.R. y Matthew, R.L.; Petrol Refiner, Abril(1958), p. 153
- 15) Friend, L. y Lemieux, E.J.; Oil & Gas Journal, 54, Julio 23, - 33(1956).
- 16) Gerster, J.A. y Foss, A.S.; Chem. Eng. Prog., 52,28(1956).
- 17) Gerster, J.A., in private communication with Mayfield et al., - ver Referencia 33.
- 18) Huang, C.J.; Computation Program, Univ. of Houston(1956).
- 19) Huang, C.J. y Hodson J.R.; Petroleum Refiner, 37,No. 2(1958).
- 20) Hughmark, C.A. y O'Connell, H.E.; Chem. Eng. Prog., 53,127M - (1957).

- 21) Hunt, C. & A.; Univ. of California Radiation Laboratory Report-UCRL-2696(1954).
- 22) Hunt, C. & A.; Hanson, D.H. y Wilke, C.R.; AIChE Journal, **1**, 441 (1955).
- 23) Hutchinson, R.H., Burton, A.G. y Miller, B.P.; AIChE, Los Angeles Regional, Mayo(1949).
- 24) Interest, E.; Chem. Eng., Nov. 15(1971).
- 25) Johnson, A.I., Kwei, T.K. y Lavergne, E.A.L.; Chem. in Canada, Febrero, 32(1955).
- 26) Jones, J.B. y Eyle, C.; St. Louis meeting, AIChE, Diciembre -- 13-16(1953).
- 27) Kamei, S. y Takamatsu, T.; Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyoto University, Japan, **15**, No. 2(1953).
- 28) Keck, D.R.; Pet. Proc., **7**, 487(1952).
- 29) Kelley, R.G.; Oil & Gas Journal, **54**, 128, Abril(1955).
- 30) Kirkbride, C.G.; Petroleum Refiner, **23**, 321, Septiembre(1944).
- 31) Leibson, I.; Petrol Refiner, **36**(2); 127(1957), **36**(3); 288(1957).
- 32) Leibson, I., Kelley, R.E. y Bullington L.A.; Petroleum Refiner **36**, No 2, 127(1957).
- 33) Marsh, R.R.; Proc. 25th Annual Meet Calif. NGA. **25**, 84(1940).
- 34) Mayfield, F.D., Church, W.L., Jr., Green, A.C., Lee, D.C. y -- Rasmussen, R.W.; Ind. Eng. Chem., **44**, 2238(1952).
- 35) Nandi, S.K. y Karim, B.; Journal Indian Chem., Soc. Ind. & News Ed., **11**, 126(1948).
- 36) Ragatz, E.G.; Proc. 25th Annual Meet Calif. NGA, **25**, 31(1940).
- 37) Rhodes, F.H.; Ind Eng. Chem., **26**, 1333(1934).
- 38) Rhodes, F.H.; Ind. Eng. Chem., **27**, 272(1935).

- 39) Rhodes, F.H. y Slachman, P.G.; Ind. Eng. Chem., **29**, 51(1937).
- 40) Sherwood, T.K. y Jenny, F.J.; Ind. Eng. Chem., **27**, 265(1935).
- 41) Smith, B.D.; "Design of Equilibrium Stage Process", McGraw --- Hill Co., 1963.
- 42) Umholtz, C.L. y Van Winkle, M.; Petroleum Refiner, **34**(7), 114 - (1955).
- 43) Van Winkle, M.; "Distillation", McGraw Hill Co., 1967.