



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

## ADQUISICION DE UN SISTEMA DE EYECTORES PARA UNA COLUMNA DE DESTILACION DE CRUDO REDUCIDO

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
PRESENTA  
**SERGIO ALFONSO CRUZ PRECIADO**  
MEXICO, D. F. 1979



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

TESIS 1979  
NO. M.T. 91  
FECHA \_\_\_\_\_  
PROC. \_\_\_\_\_  
I. \_\_\_\_\_



A MIS PADRES

POR SU AMOR Y AMISTAD

A MIS HERMANOS

CON CARÍÑO

A LA MEMORIA DE MI ABUELA

MA. DOLORES RODRIGUEZ DE P.

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS



CON AGRADECIMIENTO A LOS INGENIEROS ANTONIO FRIAS MENDOZA Y MIGUEL ANGEL IBARRA R. POR LOS CONOCIMIENTOS IMPARTIDOS Y LA AYUDA QUE ME HAN BRINDADO

# I N D I C E

	Página
<u>CAPITULO I</u>	INTRODUCCION
1.1	Antecedentes 2
1.2	Objetivo 4
<u>CAPITULO II</u>	DESCRIPCION DEL PROCESO
2.1	Descripción de la Unidad de Vacío 6
<u>CAPITULO III</u>	GENERALIDADES SOBRE EYECTORES
3.1	Partes Principales y Principio de Operación 10
3.2	Diseño 13
3.3	Eyector de Chorro de Vapor 21
3.3.1	Tipos de Eyectores de Chorro de Vapor 21
3.4	Clasificación de Acuerdo al Diseño 26
3.5	Información Requerida para el Diseño 27
3.5.1	Datos Generales 29
3.5.2	Datos Específicos 36
<u>CAPITULO IV</u>	PROCEDIMIENTO DE ADQUISICION
4.1	Definición del Programa de Trabajo 40
4.2	Especificación 42
4.3	Solicitud de Cotizaciones 51
4.4	Evaluación de Ofertas y Selección del Equipo 52
4.4.1	Evaluación Financiera 57
4.4.2	Evaluación Económica 57
4.4.3	Evaluación Técnica 59
4.4.4	Evaluación del Diseño de la Oferta Seleccionada 62

	Página
4.5 Orden de Compra	66
4.6 Expedición	69
4.7 Inspección	70
<u>CAPITULO V</u>	
ANALISIS DEL SISTEMA SELECCIONADO	
5.1 Instrumentación y Accesorios	74
5.2 Equipo Auxiliar	76
5.3 Instalación	78
5.4 Control	81
<u>CONCLUSIONES</u>	82
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	86

C A P I T U L O    I

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

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

### 1.1 ANTECEDENTES

Las operaciones a vacío tienen gran importancia en la industria del petróleo; la destilación de fracciones de alto punto de ebullición, la condensación de vapor de escape de turbinas y la refrigeración a vacío son procesos que se llevan a cabo bajo tales condiciones.

De entre los equipos empleados para la producción de vacío se encuentran los eyectores de chorro de vapor, las bombas mecánicas de vacío y las bombas de difusión. Estas últimas se emplean para producir vacíos extremos, del orden de 0.1 mmHg abs. o inferiores y caen fuera de los rangos empleados en la industria del petróleo.

Los eyectores de chorro de vapor presentan varias ventajas sobre las bombas mecánicas, las principales son: -

bajo costo inicial, operación sencilla y sin partes en movimiento mecánico, fácil instalación, poco mantenimiento y gran flexibilidad mediante un diseño adecuado (1,14). Las bombas mecánicas requieren de sellos que pueden provocar problemas en la operación y mayores costos de mantenimiento. Estas razones han hecho que los eyectores de chorro de vapor sean muy usados en los procesos mencionados anteriormente, encontrándose en operación en varias plantas de refinación y petroquímicas en la actualidad.

Los sistemas de eyectores requieren de fabricación especial por lo que es necesario recurrir a compañías manufactureras especializadas para su adquisición; existen varias compañías que pueden ofrecer el equipo bajo diferentes condiciones de precio y técnicas y que proporcionan asistencia e información en mayor o menor grado, dependiendo de su capacidad y experiencia. Las negociaciones que deben realizarse con los fabricantes involucran varias actividades que sólo pueden hacerse mediante un procedimiento de adquisición adecuado y bajo una estricta coordinación entre los grupos o personas que lo realicen. Las principales actividades que incluye el procedimiento de adquisición son los siguientes: Definición del Programa de Trabajo, Especificación, Solicitud de Cotizaciones, Evaluación de Ofertas, Colocación de la Orden de Compra, Expedición e Inspección (3,4). Sólo mediante una correcta especificación del siste

ma y una estricta evaluación de las ofertas pueden obtenerse todas las ventajas de un sistema de eyectores, por lo que estos son dos puntos clave dentro del procedimiento de adquisición.

## 1.2 OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es el presentar el procedimiento de adquisición empleado para la compra del sistema de eyectores de una columna de destilación a vacío. Para tal objeto se cuenta con datos típicos para una columna de destilación a vacío y con tres cotizaciones para el sistema de eyectores. En los capítulos segundo y tercero se dan las bases necesarias para el desarrollo del trabajo, presentándose la descripción del proceso de destilación a vacío en el segundo, e información general sobre sistemas de eyectores en el tercero. En el cuarto capítulo se desarrolla el procedimiento de adquisición, poniendo principal-énfasis en la especificación del sistema y en la evaluación de las ofertas; las actividades de adquisición restantes sólo pueden ser realizadas durante una compra real de equipo, por lo que no es posible desarrollarlas en este trabajo y únicamente serán delineadas indicando su función principal y la importancia que tienen dentro del procedimiento. En el quinto capítulo se hace un análisis del sistema seleccionado, describiendo sus principales características y su arreglo con la columna de destilación.

C A P I T U L O    I I

DESCRIPCION DEL PROCESO



## DESCRIPCION DEL PROCESO

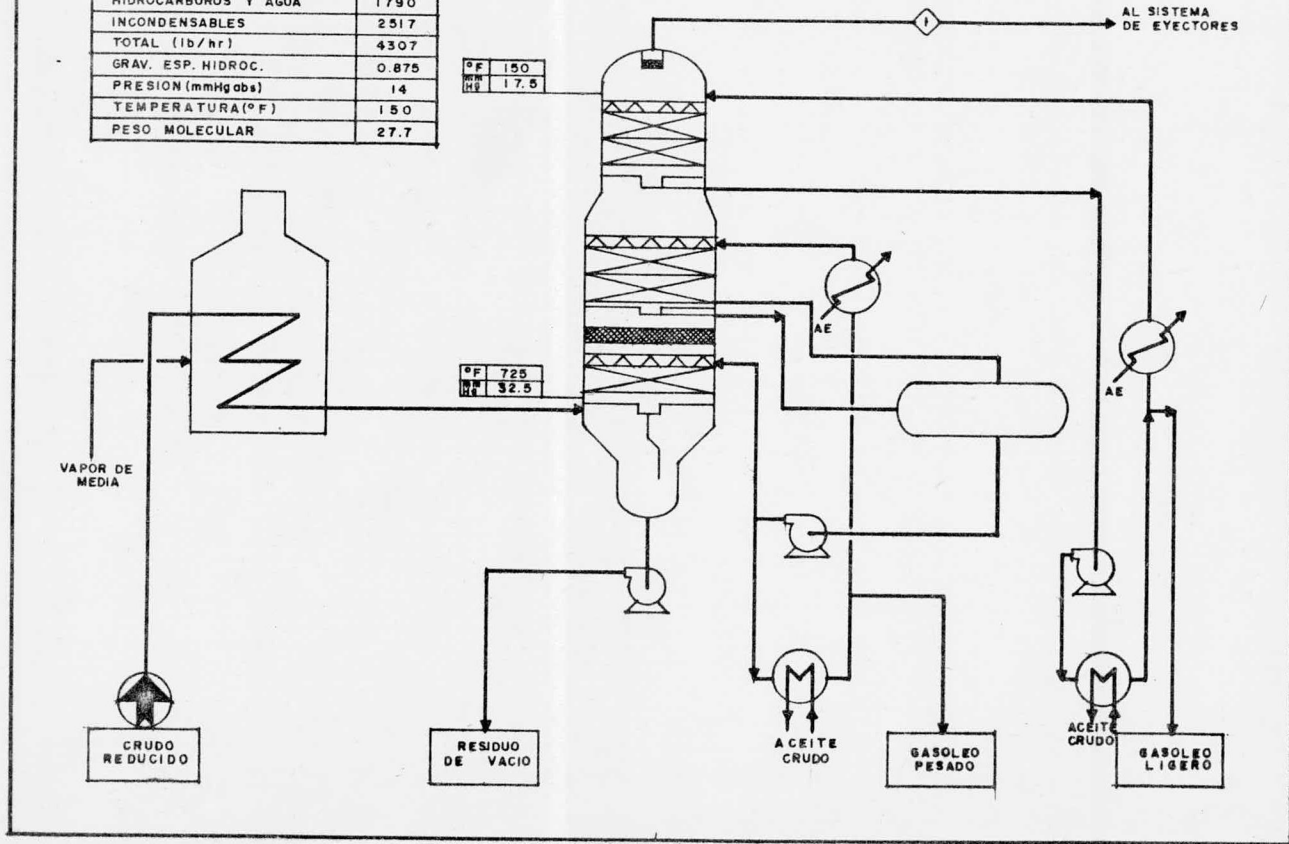
### 2.1 DESCRIPCION DE LA UNIDAD DE VACIO

La unidad del vacío analizada forma parte de una -  
Planta de Destilación Combinada típica (5,6) y es de tipo -  
llamado de operación "seca" (que no emplea vapor como reduc  
tor de presión parcial). La descripción del proceso se dá -  
a continuación y su diagrama de flujo puede verse en la fi -  
gura 2.1.

El crudo reducido (residuo de la unidad de destila -  
ción atmosférica) es enviado a un horno de fuego directo -  
en donde es parcialmente vaporizado. La mezcla líquido-va -  
por se introduce en la columna de destilación a vacío, lle -  
vándose a cabo la separación deseada. Los productos obteni  
dos son gasóleo ligero de vacío, gasóleo pesado de vacío y -  
residuo de vacío. Las corrientes de productos son emplea -  
das para calentar el crudo alimentado a la unidad de desti -

Fig. 2.1 DIAGRAMA DE FLUJO

CARGA A LOS EYECTORES		Ⓛ
HIDROCARBUROS Y AGUA	1790	
INCONDENSABLES	2517	
TOTAL (lb/hr)	4307	
GRAV. ESP. HIDROC.	0.875	
PRESION (mmHg abs)	14	
TEMPERATURA (°F)	150	
PESO MOLECULAR	27.7	



lación atmosférica, logrando con ello una mejor recuperación de calor.

Las partes internas de la columna están formadas por empaques especiales del tipo Grid y Anillos de Balastra, con objeto de mantener la caída de presión a través de ellos como un mínimo (7,8).

Al no emplear vapor de proceso (operación "seca") no es necesario el uso de un condensador previo al equipo de vacío. La condensación se realiza dentro de la torre, mediante el reflujo de corrientes frías, comportándose la columna como un condensador de contacto directo, evitándose así la caída de presión que sería ocasionada por un condensador (5).

Los gases y vapores ligeros que salen por el domo de la torre son extraídos por un sistema de eyectores.

Para evitar coquización del crudo reducido en el horno, se inyecta vapor de media presión a los serpentines, en el punto donde se inicia la vaporización.

C A P I T U L O    I I I

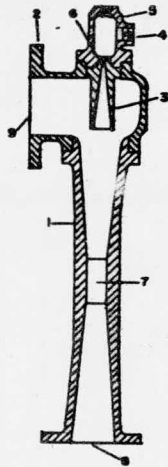
GENERALIDADES SOBRE EYECTORES

## GENERALIDADES SOBRE EYECTORES

### 3.1 PARTES PRINCIPALES Y PRINCIPIO DE OPERACION

Un eyector es un tipo de compresor que emplea un fluido motriz a gran velocidad para arrastrar y comprimir otro fluido desde una presión subatmosférica hasta una presión mayor. Las partes principales de que está constituido pueden verse en la figura 3.1.

\* Materiales de construcción: la construcción de los eyectores es relativamente simple y puede realizarse en varios materiales, incluyendo los resistentes a la corrosión. Los materiales estándar incluyen hierro forjado, acero al carbón y bronce para el cuerpo y difusor, dependiendo de los rangos de presión y temperatura empleados. La boquilla es generalmente de acero inoxidable o acero monel. Algunos de los materiales resistentes a la corrosión con los que pueden ser construidos son porcelana, grafito impregnado, resi



- 1.- DIFUSOR
- 2.- CAMARA DE SUCCION
- 3.- BOQUILLA
- 4.- ENTRADA DEL FLUIDO MOTRIZ
- 5.- CAJA MOTRIZ
- 6.- GARGANTA DE LA BOQUILLA
- 7.- GARGANTA DEL DIFUSOR
- 8.- DESCARGA
- 9.- SUCCION

Fig. 3.1 PARTES PRINCIPALES DE UN EYECTOR

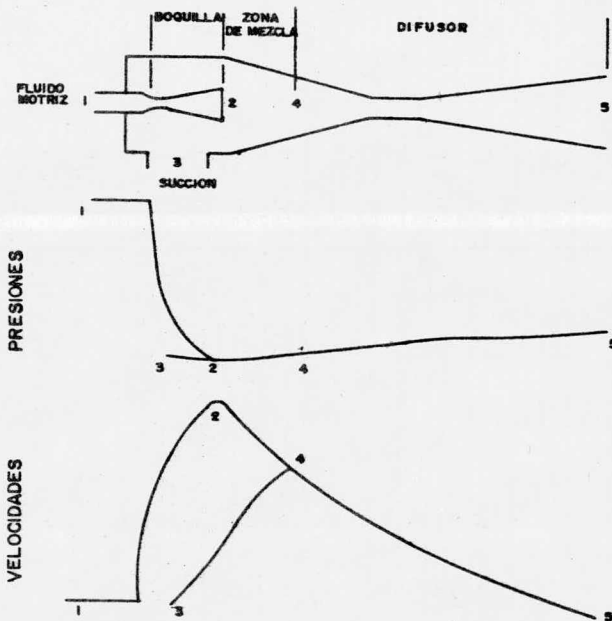


Fig. 3.2 PERFILES DE PRESION Y VELOCIDAD



al desarrollado en la boquilla, comprimiéndose hasta una presión mayor que la de succión, pero menor que la presión original del fluido motriz.

Los perfiles de presión y velocidad que se obtienen en la boquilla y el difusor del eyector pueden observarse en la figura 3.2.

Bajo los principios anteriores los eyectores pueden succionar una gran variedad de fluidos como gases, vapores, líquidos y aún sólidos finamente divididos o lodos, en algunos servicios especiales, mediante un diseño adecuado.

La gran variedad de combinaciones posibles entre fluido motriz y fluidos a evacuar con los que es posible la operación de los eyectores, hace que puedan ser usados en una gran variedad de servicios tales como bombeo de líquidos, producción de vacío, manejo de sólidos granulares y de lodos, mezclado y agitación de líquidos, mezclado de gases, lavado de gases, etc.

### 3.2 DISEÑO

El diseño de un eyector es complejo, considerándose un arte el diseño del difusor. Muchos de los artículos encontrados en la literatura presentan gráficas y ecuaciones-



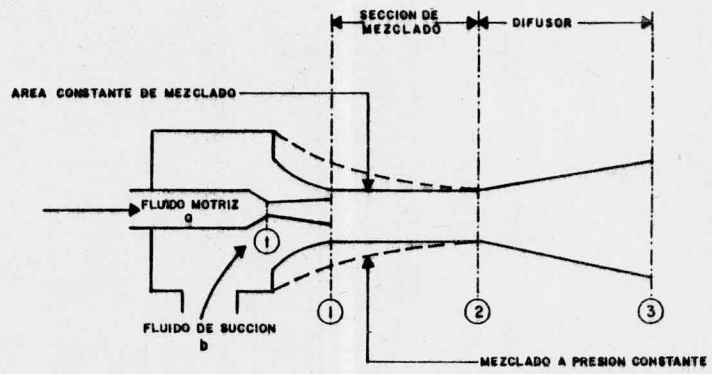


FIG. 3-2-6 - MODELO PARA EL ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO Y DISEÑO DE EYECTORES

que permiten la estimación de la cantidad de fluido motriz-requerido para un servicio dado (12, 13, 14), sin arrojar información acerca de las dimensiones del eyector; estos trabajos son preferentemente empíricos. Algunos otros análisis como el de Keenan, Newman y Lustwerk (29), desarrollados con bases teóricas, tienen tantas restricciones que son de poco interés para el diseño o evaluación a nivel industrial. El trabajo más completo es quizá el desarrollado por L.A. De Frate y A.E. Hoerl (30); ellos parten de ecuaciones de continuidad momentum y energía y desarrollan expresiones que permiten analizar el funcionamiento de un eyector que emplea fluidos motriz y de succión con pesos moleculares y temperaturas diferentes entre sí. Las bases y resultados de su trabajo se presentan a continuación:

El modelo analítico puede observarse en la figura 3.2.a El principio de operación ya se ha estudiado en la sección anterior. \* Los factores que afectan el funcionamiento de un eyector son los siguientes: pesos moleculares y temperaturas de los fluidos de succión y motriz, áreas de flujo en la sección de mezclado y en la garganta de la boquilla, presión motriz, presión de succión, presión de descarga, y las relaciones de calores específicos  $C_p/C_v$ , para cada fluido.

Las consideraciones hechas para el desarrollo de -

las ecuaciones son las siguientes:

- a) El flujo es adiabático y no existen fricciones en las paredes.
- b) Los gases satisfacen la ecuación  $p = p_0 \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$ , sus calores específicos son constantes y las propiedades de sus mezclas pueden ser determinadas por la Ley de Gibbs-Dalton, para gases perfectos.
- c) La aceleración del fluido motriz y del fluido de succión a la sección donde comienza la mezcla es reversible. La presión al iniciarse el mezclado es común a ambos gases.
- d) El mezclado es completo y la velocidad es subsónica a la entrada del difusor. Si la velocidad es supersónica después de la mezcla, ocurre un shock a la entrada del difusor.
- e) La desaceleración es reversible.

El planteamiento matemático es el siguiente (la notación puede observarse al final de esta sección, en la página 20. Para un análisis completo debe verse la referencia 30):

Ecuaciones en la boquilla:

$$V = \sqrt{2g \frac{k}{k-1} \frac{R}{W} T_0 \left\{ 1 - \left[ \frac{P}{P_0} \right] \frac{k-1}{k} \right\}}$$

$$C^* = \sqrt{2g \frac{k}{k-1} \frac{R}{W} T_0} \quad ; \quad M^* \equiv \frac{V}{C^*}$$

$$M^* = \sqrt{\frac{k+1}{k-1} \left\{ 1 - \left[ \frac{P}{P_0} \right] \frac{k-1}{k} \right\}}$$

Análisis de la Sección de Mezcla.-

Ecuación de Continuidad:

$$[\rho AV]_{1a} + [\rho AV]_{1b} = [\rho AV]_2$$

Ecuación de Momentum:

$$\left[ \frac{W}{g} V \right]_{1a} + \left[ \frac{W}{g} V \right]_{1b} + P_1 A_2 = \left[ \frac{W}{g} V \right]_2 + [PA]_2$$

Ecuación de Energía:

$$\left[ h + \frac{V^2}{2g} \right]_{1a} + \left[ h + \frac{V^2}{2g} \right]_{1b} = \left[ h + \frac{V^2}{2g} \right]_2$$

Relaciones para Gas Perfecto:

$$P = \rho \frac{R}{W} T \quad ; \quad h = \frac{k}{k-1} \frac{R}{W} T$$

Ecuación para el Difusor:

$$\frac{P_2}{P_03} = \left\{ 1 - \frac{K_2 - 1}{K_2 + 1} \left[ M_2^* \right]^2 \right\} \frac{K_2}{K_2 - 1}$$

Ecuación de Relación de Compresión Total:

$$\frac{P_03}{P_0b} = \frac{P_1}{P_0b} \cdot \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{P_03}{P_2}$$

A partir de estas ecuaciones es posible desarrollar expresiones que permitan evaluar el funcionamiento de un eyector. La solución puede plantearse para 2 casos diferentes; como se observa en la figura 3.2.a, la zona de mezcla puede ser construída de tal forma que se tenga mezclado en un área constante o mezclado a presión constante. Las expresiones resultantes para cada caso son las siguientes:

Para mezclado a presión constante:

$$\frac{A_2}{A_t} = \left( 1 + \frac{w_b}{w_a} \right) \left[ \frac{2}{K_a + 1} \right]^{\frac{1}{K_a + 1}} \frac{P_{0a}}{P_1} \frac{W_a}{W_b} \frac{T_{0a}}{T_{0a}} \frac{C_a^*}{C_2^*}$$

$$\frac{1 - \frac{K_2 - 1}{K_2 + 1} \left[ M_{2X}^* \right]^2}{M_{2X}^*}$$

Para área de mezcla constante:

$$\frac{w_b}{w_a} = \frac{P_{0b}}{P_{0a}} \frac{W_b}{W_a} \frac{T_{0a}}{T_{0b}} \left( \frac{P_1}{P_{0b}} \right)^{\frac{1}{K_b}} \left( \frac{P_1}{P_{0a}} \right)^{-\frac{1}{K_a}} \frac{M_{1b}^*}{M_{1a}^*} \frac{C^* b}{C^* a}$$

$$\cdot \left\{ \frac{A_2}{A_t} \left( \frac{P_1}{P_{0a}} \right)^{\frac{1}{K_a}} \left( \frac{K_a + 1}{2} \right)^{\frac{1}{K_a - 1}} M_{1a}^* - 1 \right\}$$

Estas ecuaciones pueden ser resueltas para un servicio dado, definido por las relaciones  $\frac{P_{0b}}{P_{0a}}$ ,  $\frac{T_{0b}}{T_{0a}}$ ,  $\frac{W_a}{W_b}$ ,  $K_a$  y  $K_b$  - obteniéndose un diseño óptimo al maximizarse la relación  $\frac{A_2}{A_1}$ . El valor máximo de  $\frac{W_b}{W_a}$  puede obtenerse para una relación fija  $\frac{A_2}{A_1}$ , variando  $P_1$  o para un valor fijo de  $P_1$  y variando  $\frac{A_2}{A_1}$ .

En el trabajo analizado se obtuvieron diseños óptimos para 2,880 casos, haciendo combinaciones de las variables dentro de rangos de importancia industrial. Los cálculos fueron efectuados en una computadora Univac.

Únicamente se obtuvieron resultados correctos para el caso de área constante de mezclado. Los eyectores industriales generalmente no son de este tipo, sino que operan con mezclado a presión constante; sin embargo, las ecuaciones pueden ser empleadas para hacer estimaciones del funcionamiento de este último tipo de eyectores.

A partir de los resultados obtenidos se construyó una serie de curvas que permiten la selección de un eyector de área de mezclado constante óptimo para un servicio dado. Estas curvas pueden ser encontradas en la referencia 26; los valores obtenidos de ellas deben ser corregidos para compensar las pérdidas por fricción en las paredes e irreversibilidades en la boquilla y difusor. La selección y di

seño final deben ser hechos por un fabricante especializado.

NOTACION:

<b>P</b>	Presión Absoluta, lb/pie <sup>2</sup>
<b>T</b>	Temperatura, °C
<b>ρ</b>	Densidad, lb/pie <sup>3</sup>
<b>R</b>	Constante de los Gases, pie-lb/lb mol-°C
<b>K</b>	Relación de Calores Específicos, adimensional
<b>W</b>	Peso Molecular, lb/lb mol.
<b>h</b>	Entalpia, pie-lb/lb
<b>V</b>	Velocidad Promedio, pie/seg
<b>A</b>	Area, pie <sup>2</sup>
<b>w</b>	Flujo Másico, lb/seg
<b>g</b>	Constante Gravitacional, lb-pie/seg <sup>2</sup> -lb
<b>C*</b>	Velocidad del Sonido a que es acelerado un gas a - partir de una expansión adiabática reversible, pie- /seg
<b>M*</b>	Número de Match referido a <b>C*</b> , adimensional

Subíndices:

<b>a</b>	Fluido Motriz
<b>b</b>	Fluido de Succión
<b>o</b>	Condición Inicial de los fluidos motriz y de succión
<b>t</b>	Garganta de la Boquilla

- 1 Entrada a la Sección de Mezclado
- 2 Entrada al Difusor
- x Después de la mezcla a presión constante y antes -  
del shock, si la velocidad es supersónica
- γ Después del Shock
- 3 Salida del Difusor

### 3.3 EYECTOR DE CHORRO DE VAPOR

El tipo de eyector más importante es el eyector de chorro de vapor y su aplicación más amplia es la producción de vacío. Emplea vapor de agua libre de humedad como fluido motriz, puede succionar líquidos, vapores y gases y puede ser empleado para crear y mantener un vacío en procesos de Destilación, Evaporación, Refrigeración, Secado de sólidos, Filtración, Condensación de Vapor de Escape de Turbinas, etc.

#### 3.3.1 TIPOS DE EYECTORES DE CHORRO DE VAPOR

Los eyectores de chorro de vapor pueden ser empleados en arreglos en serie o en paralelo, dependiendo de las características de la operación deseada.

Eyector de Etapa Simple y Elemento Simple: es el -



sistema más sencillo que puede encontrarse y está constituido por una unidad básica como la de la figura 3.3. Es diseñado para operar a una presión de succión subatmosférica y a una presión de descarga igual o mayor que la presión atmosférica.

Eyector de Etapa Simple y Elementos Múltiples: está formado por 2 o más unidades básicas arregladas en paralelo (figura 3.4) diseñadas cada una para operar a una presión de succión menor que la presión atmosférica y descargar a presión atmosférica o mayor. En esta combinación cada unidad básica es llamada un elemento. El sistema es llamado eyector de etapa simple y doble elemento, eyector de etapa simple y triple elemento, etc., dependiendo del número de elementos colocados en paralelo.

Eyector de Etapas Múltiples y Elemento Simple: consiste de dos o más unidades básicas colocadas en serie (figura 3.5), cada una de las cuales es llamada una etapa. La primera y las unidades intermedias de la serie son diseñadas para operar a presiones de succión y de descarga subatmosféricas y la etapa final descarga a una presión igual o mayor que la presión atmosférica.

La presión de descarga de la primera etapa y las presiones de succión y de descarga de las etapas interme



Fig. 3.3

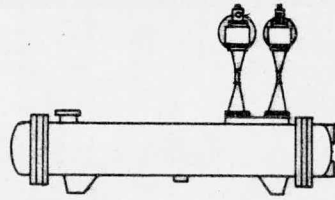


Fig. 3.4

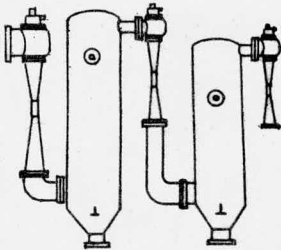


Fig. 3.5

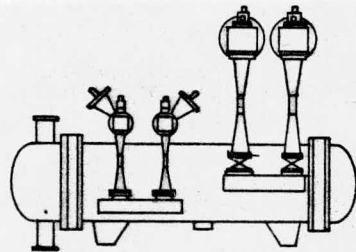


Fig. 3.6

TIPOS DE EYECTORES DE CHORRO DE VAPOR.

días no siguen una regla fija, pero son determinadas de manera que se obtenga la mejor subdivisión de la compresión total entre las etapas del sistema, dependiendo de las condiciones particulares de operación.

La primera etapa de un eyector de etapas múltiples es aquella en la que el vapor o gas manejado es comprimido en primer lugar, la segunda etapa es la que lo comprime en segundo lugar, etc. La unidad completa es llamada eyector de dos etapas y simple elemento, eyector de tres etapas y simple elemento, etc., dependiendo del número de unidades básicas colocadas en serie.

Eyector de Etapas Múltiples y Elementos Múltiples: - está formado por dos o más eyectores de etapas múltiples y simple elemento colocados en paralelo (figura 3.6), arreglados de tal manera que cada elemento pueda operarse independientemente o en combinación con otros. Estos eyectores están unificados por el uso de condensadores barométricos comunes o por condensadores de superficie subdivididos y cuentan con válvulas de aislamiento que permiten separar los diferentes elementos.

Eyectores del Tipo Condensante y No Condensante: - los eyectores del tipo condensante de etapas múltiples tienen intercondensadores colocados entre algunas o todas las

etapas de la serie. Los intercondensadores tienen como pro pósito condensar el vapor descargado de la o las etapas pre cedentes, disminuyendo la cantidad de carga que debe ser - succionada por las etapas siguientes, con lo que se consi - gue una reducción en los consumos de vapor motriz. Los - eyectores de etapas múltiples del tipo no condensante no em plean intercondensadores entre sus etapas.

Los condensadores también pueden ser empleados antes (precondensadores) y después (postcondensadores) del siste- ma de eyectores. Los precondensadores sirven como un medio de economizar porque reducen la carga que debe manejarse - cuando el fluido a succionar está compuesto de una gran can tidad de vapores condensables. El uso de un precondensador- está limitado por la temperatura del medio de enfriamiento- disponible y por la presión absoluta a la que se opere.

Los postcondensadores operan a presión atmosférica- y no afectan la economía de vapor o el funcionamiento de - los eyectores. Son empleados para evitar las molestias de- descargar los vapores a la atmósfera y para permitir su re- cuperación. También sirven como silenciadores y cuando son del tipo barométrico pueden absorber olores y vapores corro sivos.

Los condensadores pueden ser del tipo de coraza y--

tubos o de contacto directo. En la literatura pueden encontrarse las ventajas del uso de cada uno de ellos (9).

#### 3.4 CLASIFICACION DE ACUERDO AL DISEÑO

Los eyectores pueden ser clasificados dependiendo de su diseño en críticos y no críticos (10). En los eyectores no críticos la velocidad del fluido motriz en la garganta del difusor es subsónica y son capaces de proporcionar una familia de curvas de operación, dependientes de la presión del vapor motriz empleado. Ellos proporcionan relaciones de compresión menores que las obtenidas de eyectores de diseño crítico y pueden ser empleados para obtener dos o más servicios a diferentes condiciones, de una sola unidad.

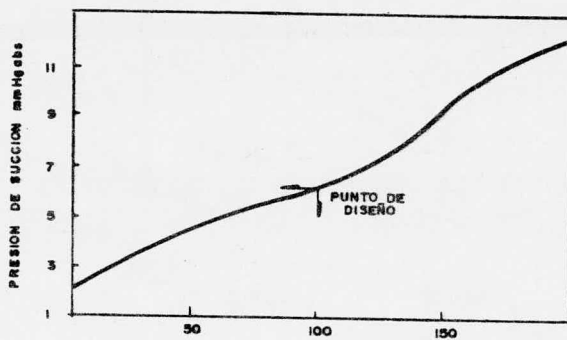
Los eyectores de diseño crítico mantienen velocidades sónicas en la garganta del difusor y proporcionan una curva de operación fija. Es decir, operan a máxima eficiencia bajo un conjunto de condiciones fijas (presión motriz, carga, presión de succión y presión de descarga) y presentan variaciones sensibles en su operación cuando cualquiera de estas condiciones está fuera del punto de diseño (2,11). Un aumento en la presión del vapor motriz empleado en un eyector de diseño crítico no aumenta su capacidad, sino por el contrario, la disminuye por el exceso de flujo provocado en el difusor. Las curvas de operación obtenidas para cada

tipo de diseño pueden observarse en la figura 3.7. Para un estudio completo de la influencia de las características del vapor motriz y las variables de operación sobre el funcionamiento de los eyectores pueden consultarse las referencias 11 y 12.

Debido a que los eyectores de curva de capacidad fija son más empleados que los de diseño no crítico y a que ellos son usados en los servicios de destilación a vacío, todos los estudios presentados en este trabajo se referirán a eyectores de diseño crítico.

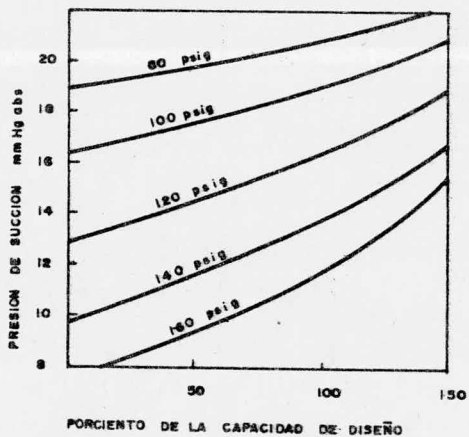
### 3.5 INFORMACION REQUERIDA PARA EL DISEÑO

Al diseñar un sistema de eyectores para una aplicación específica, es necesario contar con la mayor cantidad de información posible relacionada con el funcionamiento deseado. Estos datos pueden ser divididos en 2 categorías, datos generales y datos específicos. Los datos generales comprenden la mínima información requerida para el diseño. Los datos específicos son extensiones de los datos generales, ellos dan las características del diseño final y permiten desarrollar un diseño óptimo de acuerdo a las necesidades del proceso.



PORCIENTO DE LA CAPACIDAD DE DISEÑO

CURVA PARA EYECTORES DE DISEÑO CRITICO



PORCIENTO DE LA CAPACIDAD DE DISEÑO

CURVAS PARA EYECTORES DE DISEÑO NO CRITICO

Fig. 3.7 CURVAS DE OPERACION PARA EYECTORES

### 3.5.1 DATOS GENERALES

Están formados por las condiciones requeridas en cada uno de los tres componentes básicos de todos los sistemas de eyectores: Cámara de Succión, Caja de Vapor Motriz y Descarga.

Las condiciones de diseño a la succión son temperatura, capacidad y presión.

Temperatura de la Carga: puede ser determinada en forma aproximada, ya que un aumento de 50°F disminuye la capacidad del eyector en sólo 2%. Sin embargo, el especificar el rango de variación permite obtener un mejor funcionamiento y una mejor selección de los materiales de construcción (13, 14).

Capacidad: la carga que será manejada debe ser descrita totalmente, determinando los componentes de que está formada, su flujo por separado en lb/hr, así como su peso molecular, gravedad específica y capacidad calorífica.

Si el sistema será del tipo condensante, se requerirán adicionalmente las propiedades fisicoquímicas más importantes del vapor condensable, tales como calor latente, presión de vapor y solubilidad a dos temperaturas cercanas a -



la temperatura del agua de enfriamiento, calor específico, conductividad térmica, viscosidad y gravedad específica. Si el vapor condensable congela por arriba de la más baja temperatura del agua de enfriamiento esperada, el punto de solidificación debe ser especificado.

Toda la información anterior sólo será necesaria si el vapor condensable es un componente poco común y los datos no se encuentran disponibles en la literatura. La mayoría de las veces bastará con especificar los componentes de que se trate.

La carga que debe manejarse es frecuentemente el punto más difícil de especificar, encontrándose que la experiencia con un sistema similar es el mejor medio para evaluarla. En la literatura se encuentran varios artículos -- que describen en forma general los tipos de carga que pueden estar presentes en un sistema de eyectores de chorro de vapor y la forma en la que pueden ser evaluados (11, 13, 20) En la destilación de aceites pesados bajo vacío la evaluación de la carga que debe manejarse es particularmente difícil, ya que en ella se encuentran presentes todos los tipos de carga posibles. Como guía pueden tomarse las referencias 15 y 16.

Para servicios de evacuación debe establecerse el -

volumen del sistema que será evacuado, la temperatura del gas, la velocidad de infiltraciones de aire, las presiones inicial y final y el tiempo de evacuación requerido. Si el sistema contiene un líquido que ebulle cuando la presión disminuye, su velocidad de evaporación debe ser establecida.

Presión de Succión: la presión de succión es el principal factor en la determinación del número de etapas. Debe ser establecida determinando la más baja presión deseada en el recipiente en el que será mantenido el vacío, restando las caídas de presión ocasionadas por tubería y equipo que se encuentre entre el recipiente y la brida de succión de la primera etapa. Adicionalmente puede restarse un factor de seguridad para asegurar una buena operación, pero debe recordarse que una reducción de un 10% en la presión de succión de diseño aumenta el consumo de vapor de un 5 a un 10%. La presión de succión debe ser dada en unidades absolutas y proporcionar la presión media barométrica leída en el lugar en el que será instalado el equipo, en caso de que sea especificada en términos de vacío.

En servicios de destilación a vacío, la presión de succión de diseño se determina estableciendo la presión óptima de operación en la zona de vaporización (17, 18, 19) y restando las caídas de presión ocasionadas por las partes internas de la torre, por la línea que une a la columna con

el precondensador (si lo hay), por el propio precondensador y por la línea que une a este con el sistema de eyectores.

La información requerida a la entrada de la caja - del vapor motriz es la presión y la temperatura.

Presión del Vapor Motriz: la mínima presión manométrica a la entrada de la caja motriz debe ser claramente definida. Los valores normales o promedio no son adecuados, ya que un eyector es diseñado para operar a una presión motriz y no producirá el vacío especificado con una presión más baja o manejará una menor carga a la succión. Es práctica usual diseñar el eyector a una presión de 10 psi abajo de la mínima esperada en la línea para compensar posibles - fluctuaciones (12).

Temperatura del Vapor Motriz: el rango de temperaturas anticipado debe ser dado en °F ó °C, o en términos de sobrecalentamiento o calidad. Los eyectores no pueden tolerar vapor húmedo, ya que ocasiona una rápida erosión interna de boquilla y difusor, alterando las dimensiones críticas y provocando fallas en la operación. Esto se evita colocando separadores de vapor y/o sobrecalentadores (12).

Información requerida en la Descarga: solamente es necesario especificar la presión en la brida de descarga de

la última etapa. En la ausencia de un valor dado, la pre - sión será asumida igual a 30 in Hg abs. Es importante espe - dificar si el eyector va a descargar en un lugar que tenga - una presión diferencial, en una atmósfera regional donde la lectura barométrica sea mayor de 30 in Hg abs. o si la des - carga se hará sobre un condensador o equipo adicional indi - cando las caídas de presión ocasionadas por ellos y por la tubería interconectante.

Un eyector diseñado para una presión de descarga - más grande que la requerida operará satisfactoriamente pero tendrá excesivo consumo de vapor.

Si la presión de descarga de diseño es menor que la requerida, la presión de succión tendrá que aumentarse o el eyector no podrá operar establemente.

Eyectores del tipo Condensante: para presiones de succión menores de 3 ó 4 in Hg abs., se requieren usualmente 2 o más etapas. En estos casos deben colocarse intercon - densadores para minimizar el consumo de vapor motriz, excep - to cuando se manejarán cargas pequeñas o cuando la opera - ción será infrecuente y de corta duración.

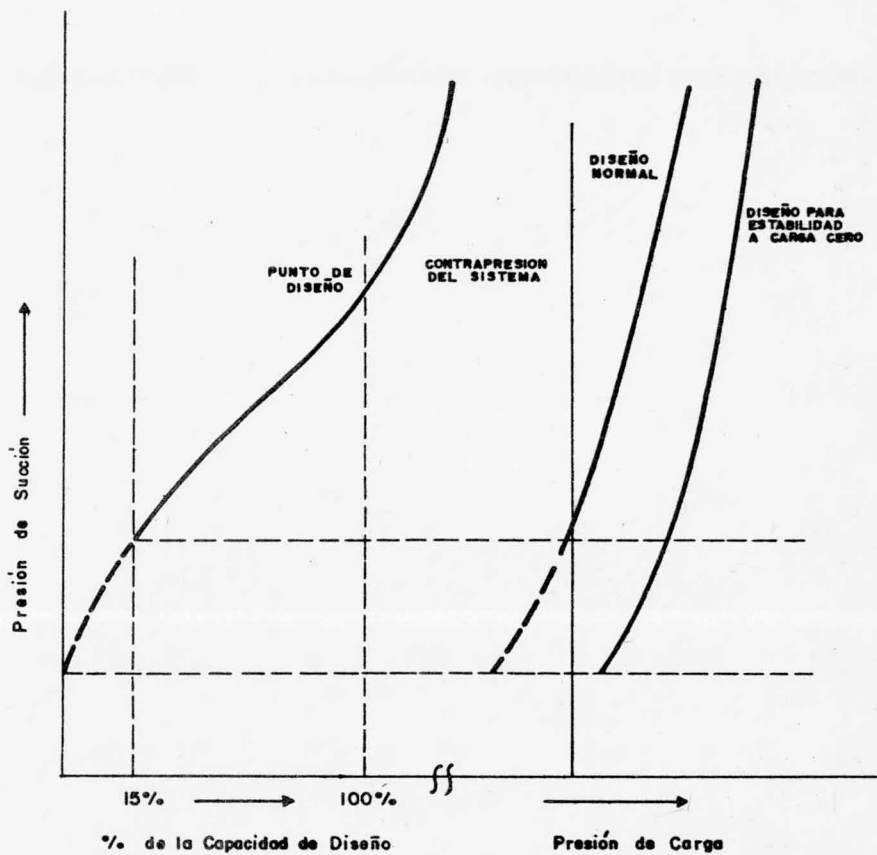
Cuando se deseé el uso de condensadores, deberán de - finirse las características del agua de enfriamiento, inclu -

yendo la temperatura máxima de abastecimiento, el grado de calentamiento al que será limitada, caída de presión permisible factor de incrustación de diseño, disponibilidad y la fuente de donde proviene.

Rango de Estabilidad: el rango de estabilidad es también un factor importante para el diseño de los eyectores. A pesar de que ellos funcionan a máxima eficiencia en un sólo punto de operación, es deseable tener un rango de operación estable alrededor de este punto, para poder controlar el sistema y asegurar una buena operación.

En un diseño estándar un eyector tiene un rango de estabilidad del 15 al 100% de capacidad de diseño. Sin embargo, el rango puede ser ampliado desde carga cero hasta un 125% o más de la capacidad de diseño; las curvas de operación para cada diseño pueden observarse en la figura 3.8 El aumento en el rango de estabilidad ocasiona un mayor consumo de vapor, con respecto a un diseño con un rango de estabilidad menor para el mismo servicio, debido a ésto, el rango de estabilidad debe estar justificado por las necesidades de la operación y el mantenimiento y control del equipo.

Los datos anteriores son esenciales para el diseño de los eyectores y todos ellos deben ser proporcionados a los fabricantes al solicitarles cotizaciones.



**Fig. 3.8 CURVAS TÍPICAS DE OPERACION PARA EYEC-  
TORES DE UNA ETAPA**

### 3.5.2 DATOS ESPECIFICOS

La versatilidad y adaptabilidad de los eyectores se rá más completamente aprovechada si se definen con preci - sión los requerimientos específicos del proceso. Las si - guientes consideraciones son esenciales para obtener el sistema apropiado con mínima inversión inicial y mínimos costos de operación.

Materiales de Construcción: debido a que los eyectores pueden ser hechos de una gran variedad de materiales, cada fabricante tiene sus propios materiales estándar, tanto para servicios corrosivos como no corrosivos. Si los ma - teriales estándar son aceptables, esto debe especificarse - a los fabricantes. En caso contrario deben determinarse - los materiales deseados para cada parte. Los estándares de el HEI (20) describen combinaciones de materiales estándar - para eyectores de chorro de vapor.

Costos Iniciales Contra Costos de Operación: para - cada aplicación específica existe un diseño óptimo donde - los costos combinados de vapor, agua y equipo son un mínimo. Para obtener este punto deben conocerse los costos de vapor, costos de agua de enfriamiento y horas/año estimadas de ope - ración. Si esta información no está disponible, deberá asu - mirse un valor promedio de \$1.00/1,000 lb de vapor y -

\$0.15/1,000 gal. de agua, para una operación de 5,000 hr - anuales (13).

Condensadores: deberá indicarse si se prefiere el uso de un sistema condensante o no condensante y el tipo de condensador deseado. Las características de varios tipos de condensadores de coraza y tubos pueden encontrarse en las referencias 14, 27 y 28.

Número de Etapas: las etapas de que constará el sistema así como sus relaciones de compresión óptimas deben ser determinadas por los fabricantes con objeto de obtener un equipo confiable y económico.

Número de Elementos: cuando la carga variará de una manera predecible, el uso de varios elementos permite una gran flexibilidad mediante la operación de sólo algunos elementos en períodos de baja carga y del total de los elementos en períodos de máxima capacidad. Alternativamente podrán usarse dos o más trenes de elemento simple operando en paralelo.

Equipo Auxiliar: generalmente los fabricantes están en posición de ofrecer un paquete de ingeniería en el cual se incluya todo el equipo auxiliar necesario, tal como coladeras de vapor, válvulas, codos, tubería interconectante y-



separadores y sobrecalentadores (en caso de ser necesarios) Deberá indicarse si se desea obtener de los fabricantes un paquete de este tipo. En caso contrario la ingeniería de detalle deberá ser desarrollada por separado.

Características de Construcción: es recomendable - indicar a los fabricantes si se requerirán algunas características especiales para la construcción, con objeto de poder realizar un mejor mantenimiento del equipo. Las características más importantes de construcción con que debe contarse pueden encontrarse en las referencias 12 y 13.

Control: cada sistema debe ser analizado para determinar el tipo de control más adecuado; en caso de falta de información o de experiencia puede consultarse con los fabricantes para determinarlo. En las referencias 11 y 23- pueden encontrarse varios tipos de control empleados en sistemas de eyectores.

C A P I T U L O    I V

PROCEDIMIENTO DE ADQUISICION

## PROCEDIMIENTO DE ADQUISICION

### 4.1 DEFINICION DEL PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

Con objeto de evitar fallas o retrasos, deben definirse al comienzo del proyecto las bases que se seguirán para la adquisición del sistema de eyectores. Ellas incluyen entre otros, los conceptos siguientes: Elaboración de Lista de Vendedores, Determinación del número de ofertas que serán solicitadas, procedimiento de evaluación de las cotizaciones, formato de la orden de compra y detalles del programa.

Los vendedores que participarán en el concurso se eligen de entre la lista de vendedores, seleccionando a los que sean capaces de cumplir con los requerimientos del proyecto, considerando su carga de trabajo, capacidad de entrega en la fecha postulada por el itinerario y experiencia -

previa con sistemas similares al considerado. Algunos de los fabricantes más importantes de sistemas de vacío se enumeran a continuación: Croll-Reynolds, Co., Inc., Kinema, Inc., Ingersoll-Rand Co., Worthington Co., Joseph W. Thompson, Inc., Graham Manufacturing Co. y AMSA.

El número de ofertas que serán solicitadas puede variar dependiendo de la cantidad de fabricantes que se encuentren en posición de cumplir con los requerimientos estipulados y de la política de compra que se deseé seguir. De acuerdo a la referencia 3, solicitar tres ofertas de vendedores competentes resulta adecuado para hacer una buena selección.

El procedimiento de evaluación de las cotizaciones y una descripción de la orden de compra se verán más adelante.

Los detalles del itinerario deben realizarse en la forma más realista posible, determinando con precisión las fechas críticas, de acuerdo al programa de trabajo total del proyecto.

En adición a los conceptos anteriores, existen una gran variedad de puntos que deben ser aclarados al inicio del proyecto, tales como: términos de pago, consideración -

nes sobre seguro, tráfico y transportación del equipo, manera en que se distribuirán y aprobarán todos los documentos-relacionados con la compra, etc. Todos estos puntos dependen principalmente de las políticas seguidas por los compradores y los vendedores, por lo que un análisis estricto está fuera del alcance de este trabajo.

#### 4.2 ESPECIFICACION

Las ventajas que ofrecen los eyectores llevan freuentemente a hacer falsas premisas, como la de que no necesitan ser esmeradamente especificados como otros aparatos de precisión, ocasionando que el tiempo de adquisición así como los costos iniciales y de operación sean muy grandes, o más aún, que la operación obtenida resulte insatisfactoria.

Para obtener el máximo beneficio de un sistema de eyectores, el primer paso que debe realizarse es proveer al fabricante de todos los datos necesarios. Cuando a un fabricante no se le proporciona la información suficiente, requiere de aclaraciones posteriores o hará suposiciones que deban ser confirmadas o corregidas antes del diseño final, ocasionando pérdidas de tiempo por la correspondencia adicional requerida. Sin embargo, cualquier dato equivocado resulta generalmente más perjudicial que la falta de él, ya que cualquier información errónea permanece fácilmente -

indetectada hasta que el equipo es puesto en operación.

Al proporcionar una especificación completa y co -  
rrecta, el comprador recibe cotizaciones completas y fácil-  
mente comparables. Con ello no sólo elimina demoras costo-  
sas, sino que además cuenta con las bases suficientes para  
seleccionar el equipo capaz de proporcionar una operación -  
plenamente satisfactoria y que además resulte económica.

En el capítulo III ya se ha establecido la informa-  
ción requerida para desarrollar el diseño de un sistema de-  
eyectores, indicando la importancia de cada uno de los da-  
tos y las referencias que pueden tomarse como guía al eva-  
luarlos. La mayor cantidad posible de estos datos debe ser  
proporcionada al especificar un sistema.

Los datos necesarios para especificar el sistema re  
querido por el proceso analizado en el capítulo II se pre--  
sentan en la hoja de datos mostrada en la figura 4.1, acom-  
pañada de una lista de notas, en la que se indican los re -  
querimientos específicos adicionales.

FIGURA 4.1.  
HOJA DE DATOS  
EYECTOR DE CHORRO DE VAPOR  
TIPO DE UNIDAD

Servicio: Sistema de Vacío para Torre de Destilación  
 No. de Unidades: 2; No. de Unidades Normalmente Operando: 2  
 Capacidad de Cada Unidad: 75% de la Carga Total; No. de Etapas: (1)  
 Tipo de Eyector: Condensante Simple Elemento; Precondensador: No  
 Postcondensador: Sí; Tipo de Condensadores: Superficie

CONDICIONES DE OPERACION

Succión: Presión: 14 mm Hg abs.; Temperatura: 150°F  
 Descarga: Presión: 16.3 psia(4); Presión Barométrica: 11.3 psia  
 Vapor Motriz: Mínima Presión en la Línea: 250 psig; Temperatura: 430°F  
 Agua de Enfriamiento: Temperatura Máxima de Abastecimiento: 90°F  
 Temperatura Máxima de Retorno: 115°F; Máxima Caída de Presión: 10 psi  
 Disponibilidad: La Requerida; Fuente: Torre de Enfriamiento  
 Presión de Abastecimiento: 60 psig  
 Rango de Estabilidad: De 0 a 125% de la carga de diseño

CARACTERISTICAS DE LA CARGA  
(100% de la carga total)

Fluido	No Condensables		Condensables	
	Aire		Vapor de Agua	Hidrocarburos
Flujo (lb/hr)	2517		1200	590
Peso Molecular	29		18	300
Calor Esp. (BTU/lb°F)	0.238		0.45	0.39
Calor Lat. (BTU/lb)			1055	138
Cond. Térm. (BTU/hr ft°F)			0.38	0.073

Viscosidad (cp.)	0.53	51
Grav. Esp.	0.98	0.875

### MATERIALES DE CONSTRUCCION

Eyector: Caja de Vapor: Acero al Carbón; Boquilla: Acero Inoxidable  
 Difusor: Acero al Carbón; Cámara de Succión: Acero al Carbón  
 Condensador: Coraza: Acero al Carbón; Mamparas: Acero al Carbón  
 Tubos: Admiralty; Espejos: Acero al Carbón  
 Tapas: Acero al Carbón; Cabezas: Acero al Carbón

#### NOTAS:

1. Deberá ser determinado por el fabricante.
2. La variación de la presión de succión con la carga-manejada deberá ser la menos posible dentro del rango de estabilidad.
3. Características de los Condensadores de Superficie:
  - a) Tipo: AET; Haz de Tubos Removible; Horizontal  
Condensación en Coraza
  - b) Tubos: (datos tentativos) D.E.: 3/4 in; BWG: 16  
Longitud: 16 ft; Arreglo: 1 in  
Factor de Incrustación: 0.003
  - c) Los condensadores deberán estar equipados con -  
mamparas de choque a la entrada del vapor para-  
proteger los tubos de erosión.
4. Requerida en la brida de salida de vapores del post-  
condensador.



## REQUERIMIENTOS ESPECIFICIOS ADICIONALES

1. El fabricante deberá proporcionar todo el equipo -- auxiliar necesario, incluyendo la tubería intercoo - nectante.
2. La operación será continua y se desea un sistema - con bajos costos de operación.
3. El fabricante podrá ofrecer un diseño alternativo.
4. El fabricante deberá garantizar que su equipo cumple con todas las condiciones establecidas en la hoja de datos y con los requerimientos específicos adicionales indicados en la presente lista.
5. Los códigos de diseño, fabricación y prueba del equio po serán los siguientes: ASME, TEMA R y HEI.
6. La tubería de vapor motriz debe ser arreglada de tal manera que las boquillas de vapor puedan ser inspeccionadas visualmente al remover un tapón de inspeco - ción.
7. Deberá contarse con tomas de presión en la cámara - de succión o tubería de succión para cada etapa, en la caja de vapor de la última etapa y en las conexioo

nes de entrada y salida para cada condensador.

8. Deberán colocarse indicadores de temperatura en las conexiones de entrada y salida de agua para cada condensador y en la caja de vapor de la última etapa.
9. En la línea de agua a cada condensador deberá instalarse una válvula reguladora de flujo.
10. La línea de vapor a cada etapa deberá contar con una válvula de paro y con una conexión de venteo.
11. Todas las conexiones deberán ser bridadas, con empaques adecuados para evitar infiltraciones de aire en las partes del equipo sometidas a vacío.
12. Deberán colocarse tapones de drene en los puntos bajos del equipo en los cuales pueda acumularse vapor condensado durante períodos de paro.
13. El vendedor deberá proponer el tipo de control más adecuado para mantener las condiciones de operación.
14. Información requerida con la cotización:
  - 14.1 Información Técnica

- 14.1.1 Descripción aproximada de la apariencia física del eyector, incluyendo el número y tamaño de cada etapa, materiales de construcción, tipo de uniones (bridadas, roscadas o soldadas) y principales características de construcción tales como tomas de prueba, tapones de inspección y drenado, etc.
- 14.1.2 Capacidad de diseño, cantidad de vapor requerido y presión absoluta a la succión de cada etapa.
- 14.1.3 Caída de presión, temperatura del agua a la salida y consumo de agua para cada condensador.
- 14.1.4 Características de diseño más importantes para cada condensador, tales como dimensiones físicas, carga térmica, coeficiente de transferencia, caída de presión en la coraza y en los tubos, factor de ensuciamiento, diámetro exterior, espesor y longitud de los tubos, número arreglo de tubos y superficie efectiva de transferencia.
- 14.1.5 Lista de las partes de repuesto recomendadas.
- 14.2. Información Comercial
  - 14.2.1 Precio del sistema de vacío, incluyendo precio de accesorios, partes de repuesto y costos

to de flete.

14.2.2 Términos de pago.

14.2.3 Peso total del equipo (listo para embarque)

14.2.4 Tiempo de precios firmes

14.2.5 Tiempo y lugar de entrega

Con los datos proporcionados en la hoja de datos y en la lista de requerimientos específicos, los fabricantes podrán desarrollar un diseño adecuado, que cumpla con las necesidades del proceso y proporcionar en la cotización toda la información requerida para evaluar sus propuestas.

#### CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DE LAS ESPECIFICACIONES:

1. El empleo de dos trenes operando en paralelo, diseñados para operar cada uno con el 75% de la carga total permite una gran flexibilidad, previéndose aumentos de capacidad en la planta y evitándose su paro en caso de que un tren requiera de mantenimiento o reparación.
2. La selección de un sistema condensante permite un menor consumo de vapor, disminuyendo los costos de operación.

3. Los condensadores de superficie permiten la recirculación del agua al sistema de enfriamiento y la recuperación de condensados.
4. El uso de un precondensador con agua no es posible ya que a la temperatura de abastecimiento del medio de enfriamiento los vapores que salen de la columna no pueden ser condensados.
5. El postcondensador hace posible la recuperación de los vapores descargados por la última etapa, evitando descargarlos a la atmósfera.
6. El condensador horizontal permite una mejor distribución del vapor y mayor facilidad para la eliminación de condensables y de gases incondensables.
7. El empleo de cabezales flotantes disminuye los problemas de expansión térmica y permite mejor mantenimiento y reparación.
8. Las características de los tubos son las más empleadas para estos servicios de acuerdo a las referencias 21 y 22 y se especificaron como tentativos para mayor flexibilidad en el diseño de los condensadores.

9. El arreglo cuadrado de los tubos proporciona bajas-caídas de presión y permite un mejor mantenimiento de la unidad.
10. Las condiciones de operación y las características de la carga son datos reales del proceso analizado en el Capítulo II.
11. Los materiales de construcción fueron seleccionados de acuerdo a la parte II inciso E.10 de los están - dares para eyectores de chorro de vapor del HEI - (20).
12. Los requerimientos específicos que complementan la especificación son prácticas estándar para la mayoría de los fabricantes y están basados en las referencias 12 y 13.

#### 4.3 SOLICITUD DE COTIZACIONES

Una vez que las especificaciones han sido terminadas, deben iniciarse las negociaciones con los fabricantes. Para ello deben enviarse las especificaciones acompañadas de una solicitud de cotización, a las compañías que han sido designadas para tal objeto.

La solicitud puede ser una forma especial o una carta y en ella debe solicitarse una cotización por escrito, - indicando la información técnica y financiera que deberá - contener. La mayoría de estos términos ya han sido anota-dos en el punto 14 de la lista de requerimientos específi-cos, quedando únicamente por señalar la fecha en la que de-berá ser entregada la cotización.

Para evitar confusiones cuando la solicitud se hace mediante una forma especial, ésta tiene generalmente la si-guiente advertencia, claramente impresa: "Esta solicitud - no es una orden de compra" (4).

#### 4.4 EVALUACION DE OFERTAS Y SELECCION DEL EQUIPO

Cuando se han recibido las cotizaciones solicitadas debe procederse a su evaluación, analizando las caracterís-ticas técnicas y financieras de cada una de ellas.

La evaluación debe hacerse en la forma más completa posible, con objeto de seleccionar el equipo que realmente presente las mayores ventajas y en el menor tiempo posible-para mantenerse dentro del itinerario del proyecto.

La evaluación puede hacerse en mejor forma cuando - se preparan formatos especiales llamados tabulaciones; en -

éstos se vacía la información técnica y financiera de las ofertas recibidas. De esta manera puede obtenerse rápidamente cualquier dato importante y establecerse fácilmente comparaciones entre las ofertas. La información necesaria para realizar la evaluación se presenta en la tabulación mostrada en las tres páginas siguientes. Se incluyen los datos proporcionados por 3 fabricantes para el sistema de vacío en estudio.



## TABULACION DE COTIZACIONES PARA SISTEMAS DE VACIO

CONCEPTOS	FABRICANTES		
	A	B	C
	INFORMACION FINANCIERA		
Precios (1)			
Sistema de Vacío	1,088,662.50	1,315,625.00	1,197,475.00
Accesorios	incluido	2,625.00	incluido
Refacciones	no cotiza	76,950.00	no cotiza
Flete (FOB)	12,512.50	36,250.00	incluido
Precio Total	1,021,175.00	1,431,450.00	1,197,475.00
Términos de Pago	30% a 60 días 30% a 120 días 30% a embarque 10% a entrega	30 días des- pués de la - orden	90 días des- pués de la - orden
Peso (kg)	25,170	31,130	no indica
Precios Firmes	60 días	60 días	60 días
FOB	Laredo, Tex.	Laredo, Tex.	Laredo, Tex.
Tiempo de entrega des- pués de aprobación de dibujos	20 semanas	19 semanas	no indica

## INFORMACION TECNICA

## CONDICIONES DE PROCESO

Capacidad (lb/hr) (2)	3230.25	3230.25	3230.25
Rango de Op. Estable	0 a 125%	0 a 125%	0 a 125%
P. de Succión (mm Hg abs)	14	14	14
P. de Descarga (psia)	16.3	16.3	16.3
Temp. de la Carga (°F)	150	150	150
P. Vapor Motriz (psig)	250	250	250
Temp. Vapor Motriz (°F)	430	430	430
Cons. de Vapor (lb/hr)(3)	46,620	30,960	27,800
Cons. de Agua (gpm) (3)	4,335	2,850	2,646

## CARACTERISTICAS DE LOS EYECTORES

Tipo	(4)	(5)	(6)
1a. Etapa:			
Dia. Suc./Dia. Desc.(in/ in)	24/24	26/20	24/24
Mat. de Const. Adecuados	Sí	Sí	Sí

## 2a. Etapa:

Dia. Suc./Dia. Desc. (in/in)	10/10	14/10	12/12
Mat. de Const. Adecuados	Sí	Sí	Sí

## 3a. Etapa:

Dia. Suc./Dia. Desc. (in/in)		6/6	8/8
Mat. de Const. Adecuados		Sí	Sí




## CARACTERISTICAS DE LOS CONDENSADORES

## 1er. Intercondensador:

Tipo	BEM	AET	AET
Diam/Long/Area (in/in/ft <sup>2</sup> )	51/192/3680	36/240/2515	46/288/6086
Carga Térmica (BTU/hr)	22,704,000	5,751,000	11,205,352
Coefficiente U (BTU/hr <sup>o</sup> F ft <sup>2</sup> )	166	no indica	153.5
P tubos/coraza (psi)	3.1/0.15	2.5/0.1	3.6/0.1
Factor de Ensuciamiento	0.003	0.003	0.003
Temp. Salida del Agua (°F)	100	101.8	98.5
Tubos D.E./Espesor (in/BWG)	1/16	3/4/16	3/4/16
Longitud de Tubos (ft)	16	20	24
Número de Tubos	880	640	1290
Arreglo	1 1/4" <input type="checkbox"/>	1" <input type="checkbox"/>	1" <input type="checkbox"/>
Presión de Operación (psía)	2.95	1.81	1.6
Mat. de Const. Adecuados	Sí	Sí	Sí

## 2o. Intercondensador:

Tipo	AET	AET
Diam/Long/Area (in/in/ft <sup>2</sup> )	26/192/1080	33/240/2540
Carga Térmica (BTU/hr)	6,5000,000	12,388,796
Coefficiente U (BTU/hr <sup>o</sup> F ft <sup>2</sup> )	no indica	152.4
P tubos/coraza (psi)	5.0/0.25	4.22/0.22
Factor de Ensuciamiento	0.003	0.003
Temp. Salida del Agua (°F)	115	114
Tubos D.E./Espesor (in/BWG)	3/4/16	3/4/16
Longitud de Tubos (ft)	16	20
Número de Tubos	344	648
Arreglo	1" <input type="checkbox"/>	1" <input type="checkbox"/>
Presión de Operación (psía)	5.4	5.16
Mat. de Const. Adecuados	Sí	Sí

Postcondensador:			
Tipo	BEM	AET	AET
Diam/Long/Area (in/in/ft <sup>2</sup> )	40/192/2250	18/168/440	23/192/930
Carga Térmica (BTU/hr)	31,562,000	5,570,000	9,488,514
Coefficiente U (BTU/hr°F ft <sup>2</sup> )	174	no indica	137.3
P Tubos/coraza (psi)	6.7/0.44	4.0/0.4	4.6/0.47
Factor de Ensuciamiento	0.003	0.003	0.003
Temp. Salida del Agua (°F)	115	115	115
Tubos D.E./Espesor (in/BWG)	1/16	3/4/16	3/4/16
Longitud de Tubos (ft)	16	14	16
Número de Tubos	536	160	296
Arreglo	1 1/4" 	1" 	1" 
Presión de Operación (psía)	15.5	16.7	17.2
Mat. de Const. Adecuados	Sí	Sí	Sí

Notas indicadas en la Tabulación:

- (1) Los precios presentados son para el año de 1972 en pesos mexicanos, considerándose innecesario actualizarlos para el objetivo del Trabajo.
- (2) Para cada Tren o Elemento
- (3) Consumo total para los dos Trenes o Elementos.
- (4) Una Unidad de Eyectores de dos Etapas y doble Elemento, Tipo Condensante.
- (5) Dos Trenes de Eyectores de tres Etapas y simple Elemento, Tipo Condensante.

- (6) Una Unidad de Eyectores de Tres Etapas y doble Elemento, Tipo Condensante.

#### 4.4.1 EVALUACION FINANCIERA

Esta parte de la evaluación se realizó mediante un análisis directo del cuadro correspondiente en la Tabla --  
ción. Los resultados se presentan en la Tabla II y fueron obtenidos tomando en consideración los términos de pago, --  
tiempo de entrega, tiempo de precios firmes, e información--  
proporcionada para cada cotización.

#### 4.4.2 EVALUACION ECONOMICA

Se realizó sobre una base anual, incluyendo todos --  
los costos relacionados con la compra y operación del equipo, bajo las siguientes bases:

- 1) Los costos fijos incluyen los precios del sistema --  
de vacío, accesorios, refacciones, flete e instala--  
ción.
- 2) Los costos fijos se transformaron a una base anual--  
considerando un tiempo de vida media de 10 años --  
(24) y depreciación lineal.

- 3) Los costos de operación incluyen los costos derivados del consumo de vapor y agua de enfriamiento y del mantenimiento del equipo.
- 4) El costo de instalación representa un 30% sobre el precio total del sistema (25).
- 5) Con objeto de evaluar los costos de operación se tomaron como base 8,000 hr de operación por año, un costo de \$ 0.10/m<sup>3</sup> para el agua de enfriamiento y de \$ 20.00/ton para el vapor. Estos costos son típicos para Plantas de Destilación Combinada para el año de 1972 (mismo año para el que se dan los precios de los equipos).
- 6) Los costos ocasionados por el mantenimiento del equipo representan un 4% por año sobre la inversión fija total (26).

Los resultados de la evaluación económica se presentan en la Tabla I.

TABLA I                      EVALUACION ECONOMICA

	Fabricantes		
	A	B	C
Conceptos:			
Inversión Anual Fija	132,752,75	186,088.50	155,671.75
Costos de Operación	4,211,368.00	2,823,849.00	2,545,859.00
Costo Total Anual	4,344,120.75	3,009,937.50	2,701,530.75

#### 4.4.3 EVALUACION TECNICA

Se realizó en dos partes; en la primera de ellas - se analizaron las principales diferencias encontradas para cada propuesta. Del análisis de cada propuesta se obtuvieron los siguientes datos:

- a) El fabricante A ofrece un sistema del tipo condensante, con condensadores comunes, doble elemento y dos etapas por elemento. Este diseño ocasiona altos costos de operación (ver Tabla I) por el uso de dos etapas, además de otras desventajas derivadas del empleo de condensadores comunes, las cuales serán indicadas en el punto c.
- b) El fabricante B ofrece dos trenes operando en paralelo, consistente cada uno de un eyector de 3 eta -

pas y elemento simple del tipo condensante, que está de acuerdo con las especificaciones proporcionadas.

- c) El sistema propuesto por el fabricante C es del tipo condensante, doble elemento y 3 etapas por elemento. Este diseño al igual que el propuesto por el fabricante A requiere del uso de condensadores comunes, encontrándose las siguientes desventajas:

El uso de condensadores comunes requiere de válvulas de bloqueo para aislar un elemento de otro, pudiendo presentarse los siguientes problemas:

- 1) Si al momento de suministrar vapor al sistema las válvulas de bloqueo se encuentran cerradas, la presión no podría ser soportada por los eyectores, ya que no son diseñados para operar a presiones grandes. Con objeto de proteger el equipo contra esta contingencia, cada una de las etapas debe estar equipada con válvulas de relevo para operar a 5 psig y en el diseño ofrecido no se cuenta con tal protección.
- 2) Las válvulas de bloqueo son fuentes adicionales para infiltraciones de aire en caso de deterioro de los empaques, lo que podría provocar fallas en la operación y mayores problemas de mantenimiento.

En caso de que uno de los condensadores requiera de mantenimiento o reparación, ninguno de los elementos podría trabajar y la planta tendría que ser -- puesta fuera de operación. El sistema con condensadores separados permite por el contrario, la operación independiente de cualquiera de los trenes, dándole mayor flexibilidad a la planta.

En la Tabla II se resumen los lugares ocupados por cada cotización en las diferentes evaluaciones realizadas.

TABLA II RESUMEN DE EVALUACIONES

Fabricante	Ev. Financiera.	Ev. Económica	Ev. Técnica
A	1°	3°	3°
B	3°	2°	1°
C	2°	1°	2°

De acuerdo a las evaluaciones, el sistema seleccionado es el propuesto por el Fabricante B, considerando que su diseño permite una operación segura, con gran flexibilidad y bajos costos totales.

En todos los casos los fabricantes deben garantizar que el equipo ofrecido cumple con la operación requerida, pero resulta conveniente evaluar técnicamente el diseño se-



leccionado para asegurarse que la información especificada fue claramente comprendida y cerciorarse que no se hayan cometido errores en el diseño, los cuales resultarían muy costosos si no son detectados antes de la construcción del equipo y la operación de la planta.

#### 4.4.4 EVALUACION DEL DISEÑO DE LA OFERTA SELECCIONADA

De acuerdo a la referencia 13 un análisis adecuado del diseño de un sistema de eyectores debe incluir la evaluación de la carga que manejará cada etapa y su consumo de vapor, el consumo de agua de enfriamiento y las principales características de diseño de cada condensador. Con objeto de realizar esta evaluación se desarrolló un diseño comparativo; los resultados se presentan en la Tabla III, indicándose las referencias que se tomaron como guía en la lista de notas (Pág. 64 ).

El diseño comparativo fue realizado empleando métodos cortos de cálculo y las diferencias encontradas con respecto al diseño del fabricante seleccionado están dentro de los límites recomendados para tales métodos. Debido a ello puede esperarse que el sistema seleccionado cumpla con la operación especificada y deben continuarse las negociaciones para su adquisición.

TABLA III

## EVALUACION DEL DISEÑO DEL SISTEMA SELECCIONADO

Diseño Comparativo    Diseño del  
Fab. Sel.

## EYECTORES

1a. Etapa:		
Carga Eq. (lb/hr DAE)	3326	3326
Consumo de Vapor (lb/hr)	5900	5700
Dia. Suc./Dia. Desc. (in/in)	27/20	26/20
2a. Etapa:		
Carga Eq. (lb/hr DAE)	3426	3698
Consumo de Vapor (lb/hr)	3355	4900
Dia. Suc./Dia. Desc. (in/in)	11/8	14/10
3a. Etapa:		
Carga Eq. (lb/hr DAE)	2614	2434
Consumo de Vapor (lb/hr)	4653	4880
Dia. Suc./Dia. Desc. (in/in)	7/5	6/6

## CONDENSADORES

1er. Intercondensador:		
Carga Térmica (MMBTU/hr)	5.84	5.75
Temp. Sal. de Vap. (°F)	100	100
Temp. Sal. de Agua (°F)	101.8	101.8
Consumo de Agua (gpm)	988	980
Factor de Ensuciamiento	0.003	0.003
Presión de Op. (mm Hg abs)	94	98
P Coraza/Tubos (psí)	0.17/10 (máx.)	0.10/2.5
2o. Intercondensador:		
Carga Térmica (MMBTU/hr)	6.80	6.50
Temp. Sal. de Vap. (°F)	112	113
Temp. Sal. de Agua (°F)	115	115
Consumo de Agua (gpm)	1028	980
Factor de Ensuciamiento	0.003	0.003
Presión de Op. (mm Hg abs)	220	280
P Coraza/Tubos (psí)	0.43/10 (máx.)	0.25/5

Postcondensador:		
Carga Térmica (MMBTU/hr)	5.40	5.57
Temp. Sal. de Vap. (°F)	-	140
Temp. Sal. de Agua (°F)	115	115
Consumo de Agua (gpm)	432	445
Factor de Ensuciamiento	0.003	0.003
Presión de Op. (mm Hg abs)	863	863
P Coraza/Tubos (psí)	1.55/10 (máx.)	0.41/5.9

Los criterios y referencias empleados para el desarrollo del diseño comparativo son los siguientes:

La carga a las etapas colocadas después de un intercondensador se calcularon considerando que los gases incondensables salen saturados con vapores, a las condiciones de presión y temperatura de salida del intercondensador, de acuerdo a la referencia 11.

La carga manejada por cada etapa fue transformada - a Aire Seco Equivalente a 70°F, de acuerdo a los métodos reportados en la referencia 20. Esto fue necesario debido a que las capacidades y cálculos de eyectores están referidos generalmente a este estandar.

Los consumos de vapor y las principales dimensiones de cada etapa se evaluaron con los métodos reportados en la referencia 13.

Las cargas térmicas se evaluaron considerando que no

existe subenfriamiento de los vapores condensados.

La temperatura de salida de los vapores se calculó considerando un acercamiento de  $10^{\circ}\text{F}$  (9) con respecto a la temperatura de entrada del agua de enfriamiento. El arreglo de los condensadores del lado del agua es en serie los dos intercondensadores, con el postcondensador en paralelo. Las temperaturas de entrada del agua se obtuvieron de la cotización.

Los consumos de agua fueron calculados tomando como base los incrementos de temperatura proporcionados en la cotización.

El factor de ensuciamiento es un valor recomendado en la referencia 9.

Las presiones de operación de cada condensador fueron calculadas determinando las relaciones de compresión óptimas, tratando de minimizar los consumos totales de vapor. Los cálculos se hicieron con el método presentado en la referencia 13.

De la referencia anterior también se obtuvieron los valores máximos indicados para la caída de presión del lado de la coraza.

#### 4.5 ORDEN DE COMPRA

La orden de compra debe ser colocada con el proveedor seleccionado. La recabación de autorizaciones resulta compleja y requiere de tiempo, por lo que es conveniente no tificar al fabricante mediante una carta, que su cotización ha resultado seleccionada y que puede proceder a la elabora ción de dibujos preliminares, indicándole que posteriormen- te le será enviada la orden de compra debidamente autoriza- da.

La orden de compra es una forma especial dividida - regularmente en tres secciones: Encabezado, Parte Princi - pal y Anotaciones Estándares. Una breve descripción de ca- da sección se da a continuación.

Encabezado: Contiene impresos el nombre y dirección de la compañía y espacios para el nombre y dirección del - vendedor, fecha y número de serie de la orden fecha y núme- ro o clave de la cotización, condiciones de pago, lugar de- entrega e instrucciones relativas y fecha en que deberá ser entregado el equipo.

Parte Principal: En ella se indica la cantidad, - descripción y precio de cada una de las partes que serán ad quiridas y el precio total de la orden de compra. La parte

principal de la orden de compra requerida para la adquisi -  
ción del equipo considerado puede ser la siguiente:

PARTE PRINCIPAL DE LA ORDEN DE COMPRA

Descripción del Equipo:	Precio:
El fabricante deberá proporcionar un paquete de vacío, consistente de las siguientes partes:	
1) Dos trenes de Eyectores de - Chorro de Vapor con condensadores separados. Cada tren - está formado por 3 etapas, 2- intercondensadores y un post- condensador	1,351,875.00 (1)
2) Tubería interconectante y <u>vál</u> vulas para cada eyector en la línea de vapor	2,625.00
3) Refacciones: Boquillas de vapor y <u>extensio</u> nes para cada etapa	76,950.00
Costo Total	1,431,450.00

(1) Incluye flete

(2) Los precios se dan en pesos mexicanos

El sistema de vacío deberá ser diseñado en estricto acuerdo con la hoja de datos, con los requerimientos específicos y con los códigos y estándares especificados.

Anotaciones Estándares: En esta sección deben incluirse las instrucciones necesarias para el empaque y embarque del equipo. Es muy importante que todas las cartas y documentos se identifiquen con el número de la orden de compra y con el número de la partida del equipo, para evitar retrasos y confusiones.

Las anotaciones estándares también deben incluir impresas sobre la orden, notas acerca de la política del comprador. La mayoría de las organizaciones de procuración incluyen notas de protección de patente, garantía, inspección, calidad de los materiales de fabricación, cláusulas laborales, cláusulas para subcontratos y códigos y reglamentos legales que deberán respetarse (3).

Muchos otros términos especiales y condiciones particulares de la transacción pueden ser incluidos como parte de la orden de compra. Todas estas anotaciones deben estar claramente redactadas y deben ser las menos posible (4).

Desde el punto de vista legal, la orden de compra se convierte en contrato únicamente después de ser aceptada por

el vendedor. Por consiguiente es una práctica común enviar al vendedor un documento de aceptación de la orden de compra para aceptación y firma.

#### 4.6 EXPEDITACION

Cuando la orden de compra ha sido colocada comienza el trabajo de expeditación y no finaliza sino hasta que el equipo ha sido entregado. Su función principal es asegurar la entrega del equipo en el sitio de la obra y de acuerdo con los calendarios del proyecto.

En resumen las obligaciones de un expeditador pueden ser brevemente descritas como se indica a continuación:

- 1) Acumular datos que puedan afectar la entrega.
- 2) Anticiparse a los retrasos y "cuellos de botella" y resolverlos directamente con el vendedor.
- 3) Ayudar al fabricante a obtener prioridades y resolver sus problemas de procuración.
- 4) Cambiar los calendarios de entrega cuando sea necesario.
- 5) Sostener correspondencia con los subvendedores y proveedores del vendedor principal.
- 6) Estar al pendiente de cambios en los calendarios de su organización y pasar esta información al vende -



dedor cuando sea necesario.

- 7) Expeditar la terminación y revisión de planos vitales dentro del calendario.
- 8) Revisar el empaque y el embarque del equipo.

Aunque la entrega a tiempo es esencial, una entrega prematura puede ser desventajosa. Si el equipo es entregado antes de ser requerido en el lugar de construcción de la planta, se necesitarán mayores facilidades de almacenamiento, ocasionando costos adicionales.

#### 4.7 INSPECCION

La fabricación del equipo debe ser inspeccionada para asegurar que se cumpla con los materiales de construcción especificados y con las normas y códigos aplicables.

La construcción de los eyectores tiene varios puntos que deben ser inspeccionados:

- 1) El diámetro de la succión de la primera etapa debe tener las dimensiones cotizadas para asegurar que esté de acuerdo con las dimensiones de la boquilla y tubería que conectarán al sistema de vacío con el recipiente de proceso.

- 2) Las dimensiones de los condensadores y cada una de las etapas deberán igualmente estar dentro de las especificaciones para evitar problemas con los soportes al instalar el equipo.
- 3) Inspeccionar que el pulido interior de boquilla y difusor sea bien realizado permite obtener un equipo con mayor tiempo de vida útil.
- 4) Examinar que el sistema sea equipado con todos los accesorios necesarios es vital para la buena ejecución de las pruebas de funcionamiento y para la adecuada operación y mantenimiento del equipo.
- 5) La ejecución de pruebas hidrostáticas y de funcionamiento debe ser inspeccionada para asegurar que sean realizadas en concordancia estricta con las normas y procedimientos establecidos por los códigos aplicables. Este punto tiene gran importancia, ya que tales pruebas son el principal indicio de que el sistema podrá ejecutar la operación deseada.

Para realizar las actividades de inspección es necesario indicar al vendedor mediante anotaciones estándares en la orden de compra, que los inspectores podrán tener acceso al sitio de la construcción mientras esta se lleve a

cabo y que deberán notificar con anticipación las fechas -  
críticas de fabricación y de ejecución de las pruebas.

C A P I T U L O V

ANALISIS DEL SISTEMA SELECCIONADO

## ANALISIS DEL SISTEMA SELECCIONADO

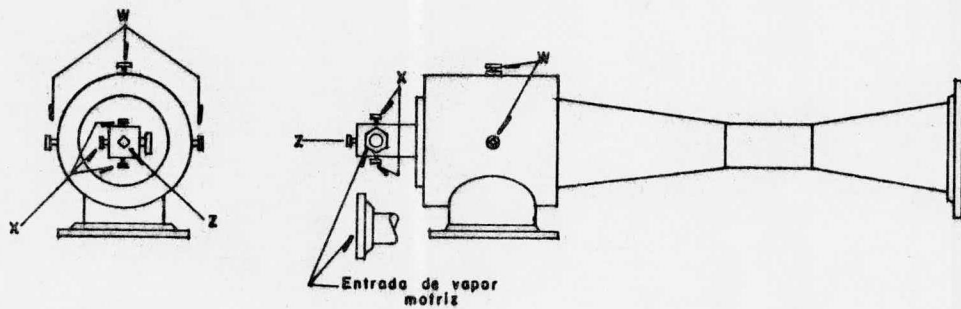
### 5.1 INSTRUMENTACION Y ACCESORIOS

Eyectores: Cada una de las etapas está equipada con los accesorios mostrados en la figura 5.1.

Las tomas de prueba son de 1/4 in y pueden ser em - pleadas para colocar medidores de presión o temperatura y - para drenar los condensadores acumulados durante períodos - de paro.

El tapón de inspección puede ser fácilmente removi- do para revisar la boquilla de vapor y quitar cualquier obs- trucción que pudiera acumularse durante la operación.

Las líneas de vapor a cada etapa cuentan con válvu- las manuales para regular el flujo y con conecciones de ven - teo para drenado de condensados y calentamiento durante el-



- W - 1/4" Toma de prueba para medidor de vacío ó para drenado de condensados.
- X - 1/4" Toma de prueba para medidor de presión ó para drenado de condensados.
- Z - Tapón de inspección

Fig. 5.1 PRINCIPALES ACCESORIOS PARA CADA ETAPA.

arranque, como se muestra en la figura 5.4.

Condensadores: La configuración básica de los condensadores puede observarse en la figura 5.2 y sus principales accesorios son los siguientes (Ver figura 5.5):

Válvulas reguladoras de flujo en las líneas de suministro de agua a cada condensador.

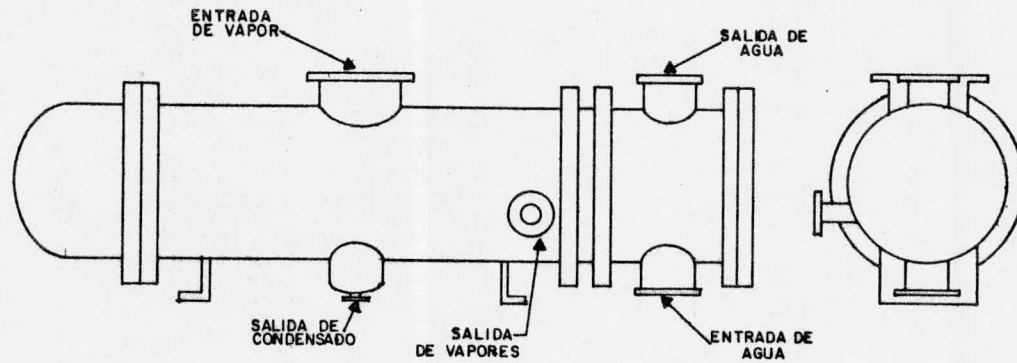
Indicadores de temperatura y conexiones de drenaje en las líneas de suministro y retorno de agua de enfriamiento.

Indicadores de temperatura en las líneas de salida de condensado.

Indicadores de presión en las líneas de salida de vapor y válvulas de seguridad en la línea de salida de agua de enfriamiento para cada condensador.

## 5.2 EQUIPO AUXILIAR

El sistema de vacío cuenta con un tanque de sello en el cual se descargan los vapores condensados y los gases incondensables provenientes de los condensadores de superficie, mediante piernas barométricas. El condensado aceito



**Fig. 5.2 CONFIGURACION BASICA DE LOS CONDENSADORES**



so se bombea del tanque de sello a control de nivel hacia - plantas de desalado. Los gases incondensables de salida - descargan en un tanque separador, cuyos fondos son enviados al tanque de sello y los incondensables remanentes se envían a las chimeneas del horno.

### 5.3 INSTALACION

La instalación del sistema de vacío y su arreglo - con la columna de destilación puede observarse en la figura 5.3. En ella se muestra sólo uno de los trenes de eyecto - res, la instalación del otro tren operando en paralelo será idéntica. Los puntos más importantes se enlistan a conti - nuación:

La línea de vacío que une a la columna con la suc - ción de la primera etapa es lo más corta posible y cuenta - con una válvula de bloqueo que es empleada para aislar la - columna con el sistema de vacío.

Las etapas son instaladas de preferencia en posi - ción vertical con la descarga orientada hacia abajo para -- permitir un mejor drenado de los condensados acumulados en - períodos de paro.

En los casos en losque el vapor motriz se suminis -

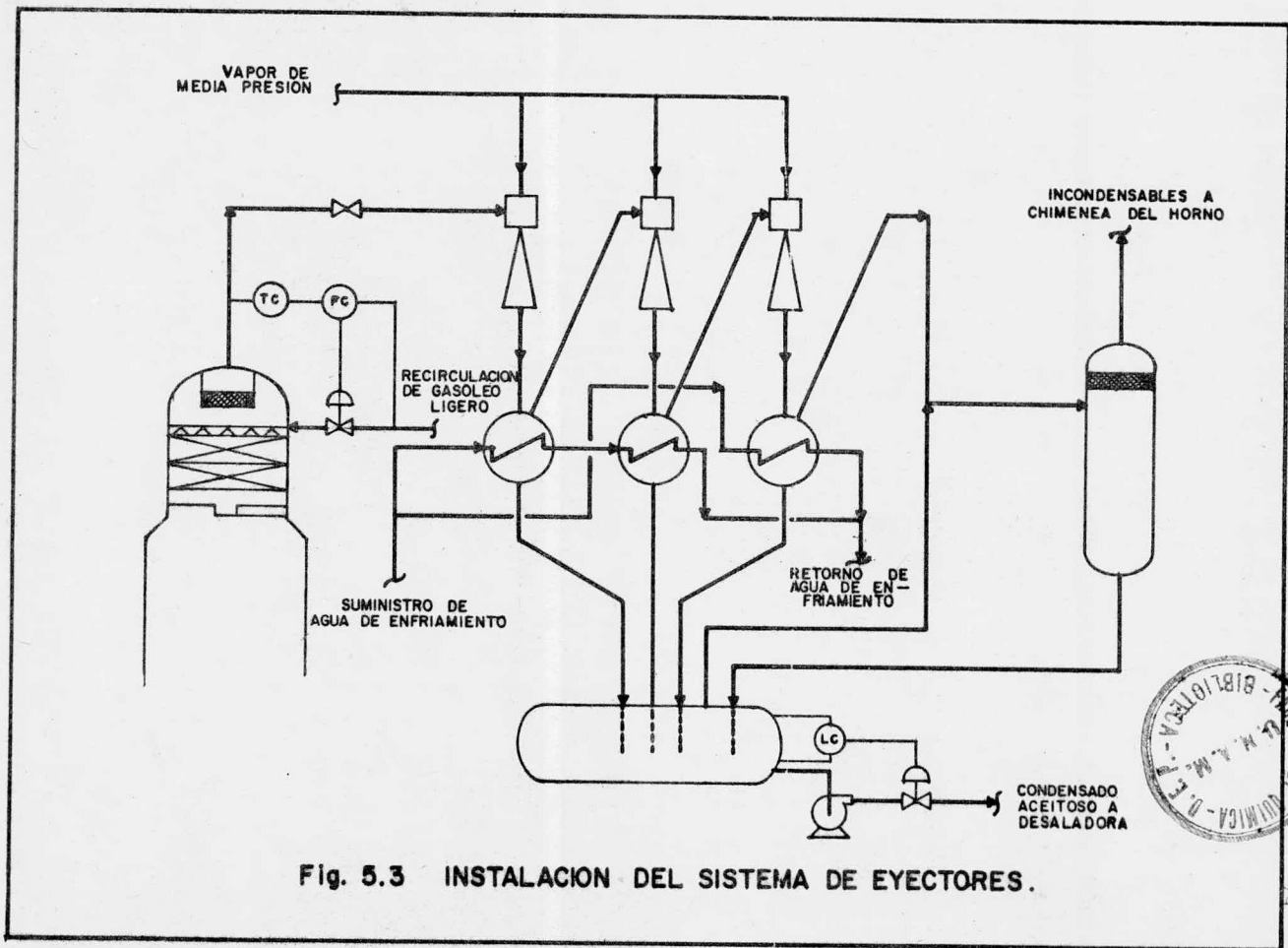


Fig. 5.3 INSTALACION DEL SISTEMA DE EYECTORES.

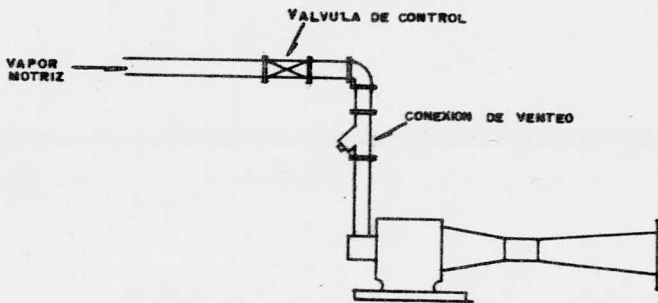


Fig. 5.4 SUMINISTRO DE VAPOR

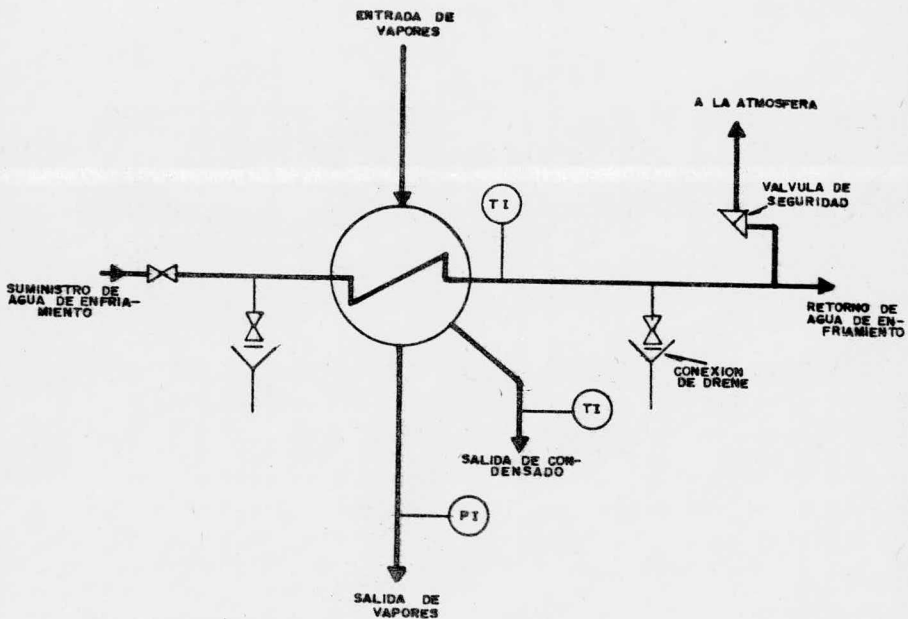


Fig. 5.5 INSTRUMENTACION Y ACCESORIOS PARA CADA CONDENSADOR

tra saturado se hace necesario el uso de separadores de con  
densado y/o sobrecalentadores de vapor, así como instala --  
ción especial de las líneas de vapor (12). En el caso pre-  
sente el vapor es suministrado con 25°F de sobrecalentamient  
o y no se requieren las previsiones anteriores, siendo ne-  
cesario únicamente aislar las líneas de vapor para evitar -  
pérdidas de calor y formación de condensados.

Debido a que el tanque de sello se encuentra a pre-  
sión atmosférica, las piernas barométricas tienen una longit  
ud superior a 34 ft para el drenado adecuado de los condens  
adores que se encuentran operando a vacío.

#### 5.4 CONTROL

El sistema de control de la parte superior de la to  
rre puede observarse en la figura 5.3. La presión es manten  
ida por el sistema de eyectores y la calidad de los product  
os se consigue controlando la temperatura mediante el re -  
flujo de corrientes frías.

CONCLUSIONES

## C O N C L U S I O N E S

1. La especificación podrá realizarse mejor y más rápidamente si se cuenta con formas especiales (hojas de datos y especificaciones generales), en las que se indique toda la información que debe proporcionarse al fabricante.
2. La hoja de datos presentada en este trabajo fue desarrollada en base a la información presentada en el capítulo 3; es típica para eyectores de chorro de vapor y puede ser empleada para especificar servicios diferentes al de Destilación a Vacío.
3. La lista de requerimientos específicos que complementa la especificación incluye básicamente criterios específicos para el sistema en particular y puede ser ampliada o corregida para cada aplicación especial.

4. Ante la ausencia de métodos exactos para el cálculo de eyectores no es posible realizar una evaluación estricta. Sin embargo, el uso de métodos cortos - permite hacer comparaciones de orden de magnitud y - principalmente, detectar si las especificaciones - fueron claramente comprendidas.
  
- 5) Dos puntos importantes que deben ser tomados en con sideración al realizar la evaluación técnica son: - La carga que manejará cada etapa y el diseño térmi- co de los condensadores. En muchas ocasiones es en estos puntos en los que pueden detectarse errores - en el diseño. La carga que manejará cada etapa fue evaluada y no se encontraron diferencias considera- bles. Sin embargo, no se encontró un método rápido y confiable que permitiera evaluar el diseño de los condensadores. En este punto debe considerarse la importancia de desarrollar un método rápido y con - fiable que permita evaluar el diseño térmico de los condensadores. Varias compañías cuentan con progra- mas de computadora que permiten una evaluación rápi- da y estricta.
  
6. Las grandes ventajas técnicas que presentaba el sis tema propuesto por el fabricante B inclinaron fácil- mente la selección a su favor. Cuando existan 2 o-

más fabricantes que presenten equipos similares, -  
que cumplan con las necesidades del proceso, las e-  
valuaciones económica y financiera toman mayor im-  
portancia en la selección del equipo.

7. Además del cuidado que debe tenerse en la especificación y en la evaluación, no deben descuidarse las actividades de adquisición restantes. Su principal objetivo es realizar las negociaciones con los fa-  
bricantes, cuidando que se cumplan los itinerarios-  
del proyecto de acuerdo con los requerimientos de -  
fabricación del equipo, por lo que también son de -  
vital importancia para la exitosa terminación del -  
proyecto.



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

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

1. D. H. Jackson, Steam Jet Ejectors: Their Uses and Advantages; Chemical Engineering Progress, 77-79, Julio, 1976.
2. Croll-Reynolds Co. Inc., Design and Application of Steam Jet Vacuum; Boletín E68A; 1968.
3. Ralph Landau, The Chemical Plant; Capítulo 9; Reinhold Publishing Co., New York, 1966.
4. H. F. Rase y M. H. Barrow, Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso; Capítulo 9; CECSA, 1975.
5. R. N. Blaize, Vacuum Distillation Equipment; Petroleum Refiner, 108-110, Vol. 27, No. 9.
6. Q. E. Benedict, The Technique of Vacuum Still Operation; Petroleum Refiner, 104-106, Vol. 31, No. 1.
7. A. Cooper, Trends in Distillation Technology; Chemical and Process Engineering, 115-120, Junio, 1970.
8. Miguel T. Hernández, Charolas de Destilación; Seminario del IMP, Febrero 26, 1976.

9. Evans, Equipment Design Handbook; Volumen II, Capitulo 3, 83-96, Gulf Publishing Co.
10. \* F. D. Berkeley, Ejectors Have a Wide Range of Uses; Petroleum Refiner, 95-100, Diciembre 1958.
11. \* Ludwig E. Ernest, Ejector and Vacuum Systems; Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Volumen 1, Capitulo 6, 1964.
12. \* Kinema Inc., Co., Steam Jet Ejectors for Vacuum Service.
13. \* R. B. Power, Steam-Jet Ejectors: Hydrocarbon Processing and Petroleum Refiner, Febrero, Marzo y Abril 1964
14. \* E. F. Newman, How To Specify Steam-Jet Ejectors; - Chemical Engineering, Abril 10, 1967.
15. W. L. Nelson, Questions on Technology; The Oil and Gas Journal, 100, Abril 5, 1951.
16. W. L. Nelson, Petroleum Refinery Engineering, Mc. - Graw Hill Book Co., 1958.
17. W. L. Nelson, Optimun Pressure for Vacuum Plant Operation; The Oil and Gas Journal, 107, Agosto 4, - 1958.
18. W. L. Nelson, What is an Economical Vacuum to Use; - The Oil and Gas Journal, 171, Mayo 14, 1956.
19. G. T. Westbrook, Find Optimun Vacuum Tower Pressure; Petroleum Refiner, 112-116, Vol. 40, No. 2, - 1961.
20. Heat Exchange Institute, Standards for Steam Jet -- Ejectors, 3a. Ed.

21. D. Q. Kern, Process Heat Transfer; Mc Graw Hill - Book Co.
22. Heat Exchange Institute, Standards for Steam Surface Condensers, 1965.
23. G. B. Knight, Automatically Control Pressure; Chemical Engineering, 171-174, Marzo 1959.
24. D.H. Jackson, Corrosion Problems in Steam Jet Vacuum - Equipment; Chemical Engineering Progress, 102-104, Febrero 1953.
25. Peter and Timmerhaus, Plant Design and Economics - for Chemical Engineer; Mc. Graw Hill Book Co.
26. R. H. Perry, Chemical Engineers Handbook; Mc. Graw-Hill Book Co., 5a. Ed.
27. C. H. Gilmour, Application of Heat Exchangers in - Chemical Plants; Industrial and Engineering Chemistry, 465-467, Junio 1960.
28. R. C. Lord, P. E. Minton y R. P. Slusser, Design Parameters for Condensers and Reboilers; Chemical Engineering, 127-134, Marzo 23, 1970.
29. J. H. Keenan, E. P. Neumann y F. Lustwerk, Jour. - Appl. Mech., p. 299, Septiembre, 1950.
30. L. A. DeFrate y A. E. Hoerl, Optimun Design of Ejectors Using Digital Computers, Symposium on Chemical Engineering, AIChE; Seattle, Washington, Junio 9-12, 1957.