

47
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

(2)

DISEÑO TERMICO Y MECANICO DE
INTERCAMBIADORES DE CALOR TIPO
CARCAZA/TUBOS POR COMPUTADORA.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

ALEJANDRO PABLO BUCHMANN SAUTER
RICARDO HORST MAUER Y LINDACHER

México, D. F.

1975



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS. Tesis
ADQ. 1975
FECHA
PROC. Mit. 49



QUINICA

JURADO ASIGNADO

Presidente: Prof. Roberto Enríquez Mendoza ✓
Vocal: Prof. Carlos Doormann Montero
Secretario: Prof. Alejandro Anaya Durand ✓
1er Suplente: Prof. Alejandro Lozada Cañibe
2o. Suplente: Prof. Humberto Larios

Sitio donde se desarrolló el tema:

Centro de Servicios de Cómputo , UNAM

Sustentantes:

210 Alejandro Pablo Buchmann Sauter
Ricardo Horst Mauer y Lindacher

Asesor del Tema:

Prof. Alejandro Anaya Durand

A nuestros Padres.

A nuestras Esposas.

I N D I C E

	Pág.
	Introducción..... 1
CAPITULO I	Presentación de métodos de diseño térmico..... 5
CAPITULO II	Presentación de métodos de diseño mecánico 38
CAPITULO III	Explicación e instructivo del programa 92
CAPITULO IV	Diagramas de flujo 120
CAPITULO V	Listado completo y resultados de varios intercambiadores de calor calculados por el programa 146
CAPITULO VI	Comentarios al método de Adiatori.... 252
CAPITULO VII	Conclusiones 262
	Bibliografía 265

NO ES DIGNO DE GRANDES HOMBRES
EL PERDER HORAS COMO ESCLAVOS
EN LAS LABORES DE CALCULO

Gottfried Wilhelm Leibnitz

(1646 - 1716)

INTRODUCCION:

Como consecuencia de la escasez, a nivel mundial, de energéticos el costo de los mismos ha aumentado en más de un 100 % en los dos últimos años, por lo que la recuperación de calor, para aumentar la eficiencia de los procesos y reducir los costos de operación al mínimo, ha despertado un especial interés. Los equipos más utilizados en dicha recuperación son los intercambiadores de calor, lo que explica que en la actualidad el diseño de los mismos tienda a alcanzar el equipo óptimo.

Desde hace 15 años las computadoras han desempeñado un papel muy importante en la vida del hombre, siendo una de sus aplicaciones la selección y optimización de equipo de proceso, evitando la inversión de grandes cantidades de horas-hombre, ya que están diseñadas para hacer trabajos y operaciones de tipo rutinario a gran velocidad.

Un intercambiador de calor es calculado por el sistema de prueba y error, lo que implica una inversión de horas-ingeniería rutinarias bastante alta. Una estimación aproximada del tiempo necesario para el diseño completo de un intercambiador de calor sencillo, es de 20 horas. Si a esto le agregamos que en la actualidad se requieren equipos optimizados, nos encon-

tramos que dicha cifra se tiene que multiplicar por un factor que va de 3 a 5, dependiendo de la complejidad del diseño y la experiencia del diseñador. Para una planta petroquímica mediana el cálculo del equipo de transferencia de calor requiere del orden de 1 000 horas-hombre.

Si se cuenta con una computadora y programas adecuados, el tiempo necesario para efectuar el cálculo de una unidad puede variar de 10 a 300 segundos, dependiendo del tipo de intercambiador, así como de la sofisticación de los programas empleados. Si consideramos que la preparación de datos requiere de 2 a 3 horas-hombre por unidad, se observa un ahorro de tiempo considerable. Este tiempo puede ser empleado por el diseñador para evaluar diferentes alternativas de diseño y tomar decisiones que requieran criterio ingenieril. Además del tiempo que se ahorra en el diseño, la computadora permite efectuar una serie de evaluaciones a diferentes condiciones de operación, garantizando una mejor comprensión de la función de un equipo en un proceso. Esto contrasta con el diseño que se ajusta únicamente a un juego de datos de operación, sin permitir variaciones por el exceso de tiempo que éste requeriría. Otra de las ventajas es, que los resultados son confiables, siempre y cuando los programas estén comprobados.

En este trabajo presentamos un programa de computadora que permite efectuar el diseño de intercambiadores de calor tipo carcaza-tubos que manejen fluidos que **no sufran cambio de fase**. Este programa no únicamente efectúa el diseño térmico del intercambiador, sino también el diseño mecánico del mismo, ya que, para obtener una unidad de transferencia de calor óptima, hay que considerar ambos aspectos.

Por diseño térmico se entienden todos los cálculos necesarios para determinar las dimensiones generales y características de operación del equipo. El diseño mecánico abarca el diseño de cuerpo, bridas, espejos, tapas, boquillas, refuerzos de boquillas, placa de impacto, mamparas y la especificación de todos los detalles de construcción.

Este programa fue desarrollado utilizando las ecuaciones y procedimientos de diseño que se encuentran en la literatura, o sea que no pretendemos presentar un nuevo método de diseño, sino únicamente queremos presentar una forma automatizada para resolver este tipo de problemas. No se pretende competir con programas comercializados que existen actualmente, ya que éstos tienen un grado de sofisticación mucho mayor y son sumamente caros. Generalmente fueron desarrollados por compañías que tienen a su disposición la

información más reciente y detallada que únicamente puede ser adquirida pagando los derechos correspondientes o financiando un programa de investigación muy largo y costoso.

CAPITULO I

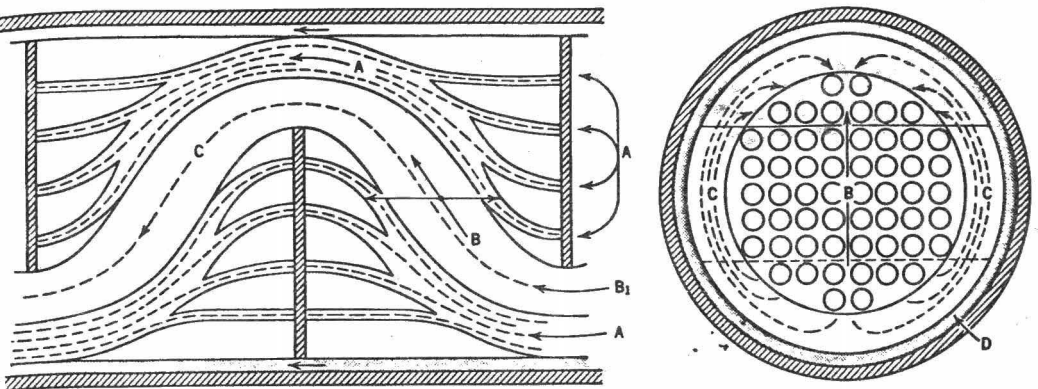
PRESENTACION Y EXPLICACION DE LOS METODOS DE KERN Y BELL

1.- En este capítulo se presentan los métodos de Kern y Bell y se discuten ventajas y desventajas de otros métodos publicados.

El método de Kern¹ para el diseño térmico de intercambiadores de calor tipo carcasa-tubos, se explica con detalle, no por ser muy exacto en sus resultados, sino por haber dado origen a la mayoría de los métodos usados en la práctica. Un intercambiador de calor diseñado con las correlaciones de Kern estará siempre sobrado. Los valores calculados de caídas de presión llegan a diferir en un factor hasta de 10 en relación con los valores observados, debido a que no toma en cuenta las fugas de fluido entre mampara y pared del cuerpo ni entre mampara y tubos². Supone que el flujo del fluido por el cuerpo es 100% cruzado, considerando que el porcentaje de corte de las mamparas es de 25%. Los intercambiadores diseñados según Kern cumplen con el servicio requerido, pero ninguno es el óptimo.

Las correlaciones de Bell³ fueron publicadas como resultado de un proyecto patrocinado por el A.S.M.E. (American Society of Mechanical Engineers) en la Universidad de Delaware. A diferencia del método de Kern, las correlaciones de Bell están basadas en la geometría del intercambiador. Este se considera primero como una se -

rie de bancos ideales de tubos unidos por mamparas recortadas que invierten el sentido del flujo. Bell postula un modelo para el flujo del fluido que va por fuera de tubos y lo verifica con resultados obtenidos experimentalmente. Este modelo considera los factores que introducen los errores más grandes en el cálculo del coeficiente de película y de las caídas de presión del lado cuerpo. Estos factores son las fugas de fluido entre mamparas y cuerpo, entre mamparas y tubos (figura 1.1) y que el flujo en la ventana es paralelo y no perpendicular a los tubos. Además, sus correlaciones toman en cuenta el porcentaje de corte de la mampara.



El vórtice que se produce al cambiar de dirección el fluido en el extremo de la mampara, obliga a introducir dos factores de corrección más, uno que considera el número de hileras entre extremos de mamparas adyacentes y otro que considera las desviaciones del flujo paralelo a los tubos en la ventana. El efecto de cada una de estas contribuciones es variable y depende de los criterios de diseño mecánico y de detalles y tolerancias de construcción normadas por el código T.E.M.A.⁴

De acuerdo con un estudio realizado por Palen y Tabo rek⁵ , la desviación media para el coeficiente de transferencia de calor global, obtenida por el método de Bell, fué de 15% abajo del valor observado (rango seguro); y para caídas de presión varía de 5% abajo (rango inseguro) para flujo turbulento hasta un 100% alto (rango seguro) para números de Reynolds menores de 10.

Tinker⁶ , en su solución al problema del cálculo del coeficiente individual de transferencia de calor y de la caída de presión lado envolvente, hace las mismas suposiciones que Bell pero introduce una serie de constantes propias de cada intercambiador que dificultan el procedimiento de cálculo. El mismo autor reporta un error hasta de 40%, debido a las imprecisiones involucradas en cálculos de esta complejidad. Varios autores han simplificado el método de Tinker, aumentando el error en un 10 a 20%^{7,8}.

Un factor dominante en el cálculo de intercambiadores de calor es el incrustamiento que sufre el intercambiador, tanto en los tubos como en la coraza, debido a las propiedades de los fluidos que maneja. Como el factor de incrustamiento no puede ser determinado con exactitud, pues varía con el tiempo de operación del intercambiador y en muchos casos es el factor controlante, las pequeñas diferencias de precisión entre los métodos más complejos, como el de Bell y el de Tinker, pierden importancia.

Como el método de Bell tiene una precisión razonable y es fácilmente programable, se usó para desarrollar el diseño térmico

que forma parte del programa que diseña térmica y mecánicamente in
 intercambiadores de calor tipo carcasa-tubos que manejan fluídos que -
 no sufren cambio de fase.

2.- METODOS DE KERN Y BELL:

Los datos que se necesitan para diseñar térmicamente -
 un intercambiador de calor tipo carcasa-tubos, son los siguientes:

Fluído que se enfría:

W ✓	Gasto en masa	(lb/hr)
T_1 ✓	Temperatura a la entrada	(°F)
T_2 ✓	Temperatura a la salida	(°F)
C_{p1} ✓	Capacidad calorífica a T_1	(BTU/lb °F)
C_{p2} ✓	Capacidad calorífica a T_2	(BTU/lb °F)
ρ ✓	Densidad a temperatura media	(lb/ft ³)
μ_1 ✓	Viscosidad a T_1	(cps)
μ_2 ✓	Viscosidad a T_2	(cps)
k ✓	Conductividad térmica a temperatura media	(BTU/hr ft °F)
ΔP_{max} ✓	Caída de presión máxima permisible	(psi)
R_d ✓	Factor de incrustamiento	

Fluído que se calienta:

w ✓	Gasto en masa	(lb/hr)
t_1 ✓	Temperatura a la entrada	(°F)
t_2 ✓	Temperatura a la salida	(°F)

cp_1	Capacidad calorífica a t_1	(BTU/lb °F)
cp_2	Capacidad calorífica a t_2	(BTU/lb °F)
ρ	Densidad a temperatura media	(lb/ft ³)
μ_1	Viscosidad a t_1	(cps)
μ_2	Viscosidad a t_2	(cps)
k	Conductividad térmica a temperatura media	(BTU/hr ft °F)
ΔP_{max}	Caída de presión máxima permisible	(psi)
Rd	Factor de incrustamiento	
L	Longitud total de tubos	(ft)
OD_t	Diámetro externo de tubos	(in)
Pt	Distancia entre centros de tubos adyacentes	(in)
	Arreglo	
	Calibre BWG	

Método de Kern:

1) Balance de calor

$$Q = W \overline{C_p} (T_1 - T_2) = w \overline{c_p} (t_2 - t_1)$$

$\overline{C_p}$ y $\overline{c_p}$ se evalúan a temperatura media:

$$\overline{T} = (T_1 + T_2) / 2 \quad \overline{t} = (t_1 + t_2) / 2$$

2) Temperatura media logarítmica: LMTD

a) Flujo a contracorriente

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}$$

b) Flujo en paralelo

$$\text{LMDT} = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{\ln \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2}}$$

3) Factor de corrección de la temperatura media logarítmica:

$$F_t (n-2n) = \frac{\frac{(R^2 + 1)^{1/2}}{(R - 1)} \ln \frac{(1 - X(n-2n))}{(1 - RX(n-2n))}}{(2/ X(n-2n)) - 1 - R + (R^2 + 1)^{1/2}}$$

n = número de pasos por cuerpo

R = (ΔT (menor))/(ΔT (mayor))

X = (ΔT (mayor))/(T₁ - t₁)

$$X(n-2n) = \frac{1 - \frac{1 - RX}{1 - X}^{1/n}}{R - \frac{1 - RX}{1 - X}^{1/n}}$$

n tiene que aumentarse hasta que 0.80 F_t (n-2n) 1.0

4) Temperatura media corregida: MTD

$$\text{MTD} = (F_t) (\text{LMDT})$$

5) Se estima el coeficiente global de transferencia de calor: U_e

6) Area total de transferencia de calor:

$$A = Q / (U_e) (\Delta TMD)$$

7) Número de tubos totales: N_t

$$N_t = A / (\pi) (OD_t / 12) (L)$$

8) Cálculo del coeficiente de película lado tubos.

8.1) Area de flujo por tubos por paso:

$$a_{ft} = (N_t) (\pi) (ID_t)^2 / (144)(4) (np)$$

$$ID_t = \text{diámetro interno tubos} \quad (\text{in})$$

np = número de pasos por tubos y puede tomar los valores 2,4,6,8.

8.2) Masa velocidad por tubos: G_t

$$G_t = W_t / a_{ft}$$

Un criterio conservador indica que G_t debe ser mayor que

500 000 lb/hr ft² y menor que 1 000 000 lb/hr ft²

8.3) Número de Reynolds: Re_t

$$Re_t = (ID_t) (G_t) / (\bar{\mu}_t) (12) (2.42)$$

$\bar{\mu}_t$ Se evalúa a \bar{t}

8.4) Número de Prandtl: Pr_t

$$(Pr_t)^{1/3} = (\bar{C}_{p_t}) (\bar{\mu}_t) (2.42) / kt \quad 1/3$$

8.5) Coeficiente de película lado tubos sin corregir por diferencia de viscosidad en la pared del tubo

$$hio / \phi_t = (0.027) (K_t) (Re_t)^{0.8} (Pr)^{1/3} / (OD_t / 12)$$

hio = coeficiente de película lado tubos

ϕ_t = factor de corrección por viscosidad

9) Cálculo del coeficiente de película lado cuerpo.

9.1) Con el número de pasos lado tubos, distancia entre centros de tubos, arreglo y diámetro externo de tubos, se encuentra en tablas o por plantilla el diámetro de la envolvente.

9.2) Area de flujo para la envolvente:

$$a_{fs} = (B) (D_s) (P_t - OD_t) / (Pt) (144) \text{ (pasos por cuerpo)}$$

B = distancia entre mamparas

D_s = diámetro interno del cuerpo

$$D_s \geq B \geq D_s / 5$$

9.3) Masa velocidad lado cuerpo: G_s

$$G_s = W_s / a_{fs}$$

Un criterio razonable indica que G_s debe ser mayor que 200 000 lb/hr ft² y menor que 500 000 lb/hr ft².

9.4) Diámetro equivalente.

a) Arreglo cuadrado y cuadrado rotado:

$$D_e = 4 \left((Pt)^2 - (\pi) (OD_t)^2 / 4 \right) / (\pi) (OD_t)$$

b) Arreglo Triangular:

$$D_e = 8 (0.43) (Pt)^2 - (\pi) (OD_t)^2 / 8 / (\pi) (OD_t)$$

9.5) Número de Reynolds: Re_S

$$Re_S = (De) (G_S) / (\bar{\mu}_s) \quad (2.42) \quad (12)$$

9.6) Número de Prandtl: Pr_S

$$(Pr_S)^{1/3} = (\overline{Cp}_S) (\bar{\mu}_s) (2.42) / (k_S)^{1/3}$$

9.7) Coeficiente de película lado cuerpo sin corregir por viscosidad

$$h_o / \phi_S = (0.36) (k_S) (Re_S)^{0.55} (Pr_S)^{1/3} / (De / 12)$$

h_o = Coeficiente de película lado cuerpo.

ϕ_S = factor de corrección por viscosidad

10) Cálculo de la temperatura de la pared: t_w

a) Cuando el fluido que se enfría va por tubos:

$$t_w = \bar{t} + \frac{(1 / (h_o / \phi_S))}{(1 / h_o / \phi_S) + (1 / h_i o / \phi_t)} (\bar{T} - \bar{t})$$

b) Cuando el fluido que se enfría va por la coraza:

$$t_w = \bar{t} + \frac{(1 / (h_i o / \phi_t))}{(1 / (h_i o / \phi_t) + (1 / (h_o / \phi_S)))} (\bar{T} - \bar{t})$$

11) Cálculo del factor de corrección por viscosidad lado tubos: ϕ_t

a) se evalúa μ_{t^a} t_w 0.14

$$b) \phi_t = (\bar{\mu}_t / \mu_{t_w})$$

12) Cálculo del factor de corrección por viscosidad lado cuerpo: ϕ_S

a) se evalúa μ_{s^a} t_w

$$b) \phi_S = (\bar{\mu}_s / \mu_{s_w})^{0.14}$$

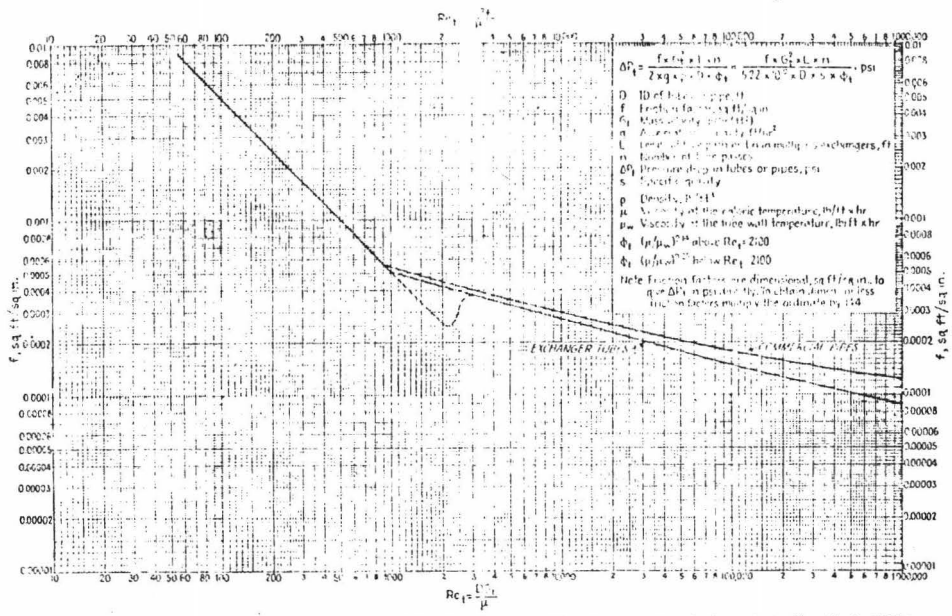


Fig. 26. Tub-side friction factors. (Standards of Tubular Exchanger Manufacturers Association, 2d ed., New York, 1949.)

FIGURA No. 1.2

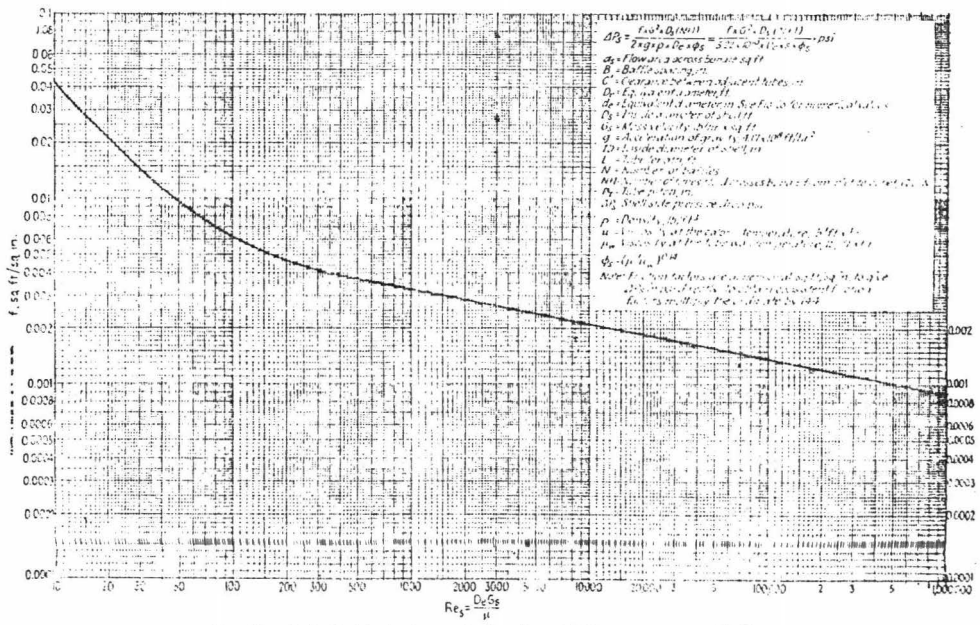


Fig. 29. Shell-side friction factors for bundles with 25% cut segmental baffles.

FIGURA No. 1.3

13) Cálculo del coeficiente de película lado tubos corregido: h_{io}

$$h_{io} = (h_{io} / \phi_t) \phi_t$$

14) Cálculo del coeficiente de película lado cuerpo corregido: h_o

$$h_o = (h_o / \phi_s) \phi_s$$

15) Suma de los factores de incrustamiento: R_d

$$R_d = R_{d_s} + R_{d_t}$$

16) Coeficiente global de transferencia de calor calculado: U_c

$$U_c = (1/h_{io} + 1/h_o + R_d)$$

17) Si $U_c = U_e$ + error permisible, el cálculo se aprueba y se continúa con el paso (19).

18) Si (17) no se cumple ajustar cambiando separación entre mam-
paras. Si esto no conduce a la convergencia, estimar otro --
eficiente global de transferencia de calor y volver al paso (6)

19) Cálculo de las caídas de presión.

19.1) Lado tubos:

a) Con Re_t se encuentra en la figura 1.2 el factor de fricción lado
tubos: f_t

b) Caídas de presión en los tubos:

$$\Delta P_t = (f) (G_t^2) (L) (np) / (5.22 \times 10^{10}) (ID_t/12) (s_t) (\phi_t)$$

$S_t =$ Gravedad específica.

c) Caídas de presión en retornos:

$$\Delta P_r = (4) (\eta_p) (V^2) (62.5) / (s) (g_c) (288)$$

V = Velocidad del fluido.

g_c = Constante gravitacional

d) Caída de presión total lado tubos:

$$\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_r$$

19.2) Lado cuerpo.

a) Con Re_s se encuentra en la figura 1.3 el factor de fricción lado cuerpo: f_s

b) Número de cruces:

$$N = (12 L/B) - 1$$

c) Caídas de presión lado cuerpo:

$$\Delta P_s = (f_s) (G_s^2) (D_s) (N+1) / (5.22 \times 10^{10}) (D_e) (s) (\phi_s)$$

D_e = Diámetro equivalente

20) Si $\Delta P_s \leq \Delta P_s$ máxima permisible el diseño es correcto. Si - -

$\Delta P_s > \Delta P_s$ máxima permisible se estima una U menor y se regresa al paso 6

Método de Bell

Las correlaciones de Bell toman en consideración las - fugas que sufre el fluido que va por la envolvente (figura 1.1) lo que

influye únicamente en el cálculo del coeficiente de transferencia de calor individual y en las caídas de presión lado cuerpo.

El cálculo del coeficiente individual y la caída de presión por tubos - es igual que por el método de Kern (pasos del 1 al 8.5).

9) Coeficiente de película lado cuerpo tomando en consideración las fugas.

9.1) Con el número de tubos totales, arreglo de los tubos, distancia entre centros de tubos diámetro externo de los tubos y con el porcentaje de corte de las mamparas se hace la plantilla del espejo y se obtienen:

N_t Número total de tubos

N_{tw} Número de tubos en la ventana de la mampara

N_{Cl} Número de tubos en la hilera central

N_w Número de hileras de tubos en la ventana de la mampara

N_c Número de hileras de tubos entre extremos de corte de mamparas adyacentes

9.2) Area mínima del flujo cruzado en la línea central: S_c

$$S_c = B ((D_s) - (N_{Cl}) (OD_t))$$

9.3) Masa velocidad en flujo cruzado: G_c

$$G_c = W_s / S_c$$

9.4) Número de Reynolds: Re_c

$$Re_c = (G_c) (OD_t) / 12 \bar{\mu}_s$$

9.5) Con Re_c encontrar el factor de transferencia de calor de Colburn, j , de la figura 1.4 (bancos de tubos ideales).

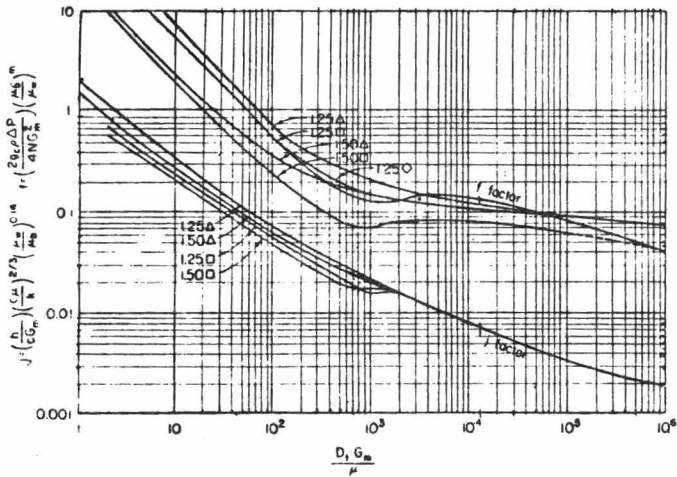


Figura (1 - 4)

9.6) Fracción del área de flujo cruzado total que corresponde al canal donde se desvía el flujo (bypass) entre el haz de tubos y la coraza:

za: F_{bp}

$$F_{bp} = B(D_s - ((N_{cl} - 1) (Pt) + (OD_t))) / (144 S_c)$$

9.7) Factor de corrección para el coeficiente de transferencia de calor:

$$\xi = \text{EXP} \left(- F_{bp} \left(1 - (2N_s / N_c) \right)^{1/3} \right)$$

para $N_s \leq N_c / 2$

$$\xi = 1 \quad \text{Para } N_s > N_c / 2$$

$\alpha = 1.5$ flujo laminar

$\alpha = 1.35$ flujo de transición o turbulento

19
~~9.8)~~ Razón de área de transferencia en las ventanas al área total: R

$$R = 2 N_{bw} / N_t$$

20
~~9.9)~~ Área de flujo de la ventana: S_w

$$S_w = (D_s / 2)^2 \cos^{-1} \left((D_s / 2 - B_c D_s) / D_s \right) - (D_s / 2 - B_c D_s) (B_c D_s)^2 - (B_c D_s)^{1/2} - (N_{bw}) (OD_t)^2 \pi / 4 / 144$$

donde

$$B_c = \frac{\text{(largo corte de la mampara)}}{\text{(diámetro de la mampara)}}$$

21
~~9.10)~~ Factor de corrección del coeficiente de transferencia de calor

ideal por efectos de ventana: ϕ

$$\phi = 1 - R + 0.524 R^{0.32} \left(S_c / S_w \right)^{0.03}$$

9.11) Número total de restricciones con las que se encuentra el fluido en su paso a través del cuerpo de un intercambiador con mamparas: N'_C

$$N'_C = (N_b + 1) N_C + (N_b + 2) N_W$$

donde N'_C = número de hileras entre extremos de corte de las mamparas para arreglos triangulares y cuadrados y uno menos para arreglo cuadrado rotado.

N_b = número de mamparas

9.12) Factor de corrección para el coeficiente de transferencia de calor en flujo cruzado ideal basado en 10 hileras de tubos en flujo cruzado para corregir por número real de hileras de tubos en flujo cruzado.

a) Si $Re_c < 100$

$$\chi = (N'_C / N_C)^{0.18}$$

b) SI $100 \leq Re_c \leq 1000$

$$\chi = 1.0$$

c) SI $Re_c > 1000$

$$\chi = (h_m / h_{\infty})_{\text{ideal}} / (h_m / h_{\infty})_{\text{intercambiador}}$$

En donde $(h_m / h_{\infty})_{\text{ideal}}$ es función de N_C y de $(h_m / h_{\infty})_{\text{intercambiador}}$

intercambiador es función de N'_C . Se determina según la siguiente tabla.

N_c	h / h_∞	h_m / h_∞
1	0.63	0.63
2	0.79	0.70
3	0.93	0.77
4	0.98	0.83
5	0.99	0.86
6	1.00	0.88
7	1.00	0.90
8	1.00	0.91
9	1.00	0.92
10	1.00	0.93
12	1.00	0.94
15	1.00	0.95
18	1.00	0.96
25	1.00	0.97
35	1.00	0.98
72	1.00	0.99

9.13) Coeficiente de transferencia de calor individual lado cuerpo sin considerar fugas y sin corregir por viscosidad:

$$h_{nl} / \phi_s = (c p_s G_m j \phi \int h / \lambda) (Pr)^{-2/3}$$

G_m = media geométrica de la masa velocidad en flujo cruzado y la masa velocidad en flujo a través de la ventana de la mampara.

9.14) Cálculo de la temperatura de la pared

a) Cuando el fluido que se enfría va por tubos;

$$t_w = \bar{t} + \frac{(1 / (h_{nl} / \phi_s))}{(1 / h_{nl} / \phi_s) + (1 / h_{io} / \phi_t)} (\bar{T} - \bar{t})$$

b) Cuando el fluido que se enfría va por la coraza:

$$t_w = \bar{t} + \frac{(1 / h_{io} / \phi_t)}{(1 / h_{io} / \phi_t) + (1 / h_{nl} / \phi_s)} (\bar{T} - \bar{t})$$

9.15) Cálculo del factor de corrección por viscosidad lado cuerpo :

ϕ_s

a) Se evalúa $\bar{\mu}_s$ a t_w

b) $\phi_s = (\bar{\mu}_s / \mu_{sw})^{0.14}$

μ_{sw} = Viscosidad del fluido que va por cuerpo a t_w

9.16) Cálculo del factor de corrección por viscosidad lado tubos:

ϕ_t

a) Se evalúa $\bar{\mu}_t$ a t_w

b) $\phi_t = (\bar{\mu}_t / \mu_{tw})^{0.14}$

μ_{tw} = Viscosidad del fluido que va por tubos a t_w

9.17) Cálculo del coeficiente de transferencia de calor lado cuerpo co-

rrigido: h_{nl}

$$h_{nl} = (h_{nl} / \phi_s) \phi_s$$

9.18) Area de fuga entre mampara y tubos para una mampara.

Según código T.E.M.A. se selecciona la tolerancia entre tubo y barreno de la mampara, T_{tb}

$$S_{tb} = N_t ((OD_t + T_{tb})^2 - OD_t^2) (\pi / 4)$$

9.19) Area de fuga entre mampara y cuerpo para una mampara.

Según código T.E.M.A. se selecciona la tolerancia entre mampara y cuerpo, T_{sb} en función de D_s .

$$S_{sb} = (D_s^2 - (D_s - T_{sb})^2) (\pi / 4)$$

9.20) Area total de fuga para una mampara: S_l

$$S_l = S_{tb} + S_{sb}$$

9.21) Calcular:

$$(1 - h_l / h_{nl}) = 0.45 (S_l / S_c) + 0.1 (1 - \exp(-30 S_l / S_c))$$

9.22) Calcular:

$$(1 - h_l / h_{nl})_{int.} = (1 - h_l / h_{nl})_o ((S_{tb} + 2 S_{sb}) / S_l)$$

9.23) Coeficiente de transferencia de calor individual lado envolvente - considerando fugas:

$$h_l = (1 - (1 - h_l / h_{nl})_{int.}) h_{nl}$$

10) Suma de factores de incrustamiento : R_d

$$R_d = R_{dt} + R_{Ds}$$

11) Coeficiente global de transferencia de calor calculado: U_c

$$U_c = (1/h_{io} + 1/h_l + R_d)^{-1}$$

- 12) Si $U_c = U_e \pm$ error permisible el cálculo es correcto -
y se continúa con el punto 14.
- 13) Si el punto 12 no se cumple modificar distancia entre mamparas -
y/o corte de ventana. Si esto no conduce a la convergencia esti-
mar un coeficiente global de transferencia nuevo y regresar al pa-
so 6.

14) Cálculo de las caídas de presión:

14.1) Lado tubos:

- a) Con Re_t se encuentra en la figura 1.2 el factor de fricción lado -
tubos: f_t

- b) Caídas de presión en los tubos: ΔP_t

$$\Delta P_t = (f) (G_t^2) (L) (np) / (5.22 \times 10^{10}) (ID/12) (s) (\phi_t)$$

- c) Caídas de presión en retornos: ΔP_r

$$\Delta P_r = (4) (np) (V^2) (62.5) / (s) (g_c) (288)$$

- d) Caída de presión total lado tubos: ΔP_T

$$\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_r$$

14.2) Lado cuerpo.

14.2.1) Factor de fricción para flujo cruzado:

a) $Re_c < 100$ $f_s = 39.2 Re^{-0.99}$

b) $100 \leq Re_c \leq 1000$ $f_s = 3.82 Re^{-0.432}$

c) $Re_c > 1000$ $f_s = 0.67 Re^{-0.182}$

14.2.2) Factor de corrección de presión en flujo cruzado:

$$\xi_p = \exp \left(F_{bp} \left(1 - \left(\frac{2N_s}{N_c} \right)^{1/3} \right) \right)$$

Para $Re_c < 100$ $\alpha = 5.0$

Para $Re_c \geq 100$ $\alpha = 4.0$

14.2.3) Caídas de presión en flujo cruzado sin considerar fugas:

$$\Delta P_b$$

$$\Delta P_b = 4 f_s N_c G_c^2 \phi_s / 2 g_c$$

14.2.4) Velocidad media geométrica:

a) Velocidad del flujo cruzado: V_c

$$V_c = W_s / S_c \int_s$$

b) Velocidad del flujo en la ventana: V_w

$$V_w = W_s / S_w \int_s$$

$$V_z = (V_c V_w)^{1/2}$$

14.2.5) Caída de presión en la ventana:

a) Si $Re_n < 100$

$$P_w = 28 (V_z \bar{\mu}_s / (Pt - OD_t) g_c) N_{tw} + 26 (V_z \bar{\mu}_s / D_v g_c)$$

$$(B/D_v) + 2 (\int V_z^2 / 2 g_c)$$

$$D_v = 192 S_w / (N_{tw} OD_t^2 \pi)$$

b) Si $Re_w \geq 100$

$$P_w = (2 + 0.6 N_{tw}) V_z^2 / 2 g_c$$

14.2.6) Calcular: $(1 - \Delta P_l / \Delta P_{nl})_o$

a) $(1 - \Delta P_l / \Delta P_{nl})_o = 0.57 (S_l / S_c) + 0.27 (1 - \exp(-20 S_l / S_c))$

b) $(1 - \Delta P_l / \Delta P_{nl})_{int.} = (1 - \Delta P_l / \Delta P_{nl})_o (S_{tb} + 2 S_{sb}) / S_c$

14.2.7) Caídas de presión totales por la coraza:

$$\Delta P_s = 2\Delta P_c \left(1 + N_{tw} / N_c \right) + (N_b - 1) \Delta P_c + N_b \Delta P_w \left(\Delta P_l / \Delta P_{nl} \right)$$

Ejemplo que será resuelto por los métodos de Kern y de Bell y posteriormente por el programa que aquí se presenta.

Una corriente de 945 938 lb/hr de crudo desalado se quiere calentar desde una temperatura de 412°F hasta una temperatura de 458°F. Para efectuar esta operación se dispone de una corriente de 1 087 169 lb/hr de gas oil pesado a 555°F. Las propiedades a temperatura media son para el crudo desalado:

Capacidad calorífica	0.657	BTU/ lb
Viscosidad	1.229	cps
Conductividad térmica	0.0684	BTU/(hr)(ft ²) (°F/ft)
gravedad específica	0.731	
factor de incrustamiento	0.004	
Para el gas-oil pesado:		
Capacidad calorífica	0.669	BTU/ lb
Viscosidad	0.811	cps
Conductividad térmica	0.0624	<u>BTU/(hrs)(ft²)</u> (°F/ft)
gravedad específica	0.772	
factor de incrustamiento	0.003	

Se usará un intercambiador de cabezal flotante tipo - AES con tubos de 20 ft. de longitud total, calibre BWG 12 de una - pulgada de diámetro externo en arreglo cuadrado a 1.25 in entre cen - tros. La presión de operación será de 170 psi en el cuerpo y 178 - psi en los tubos. Presión y temperatura de diseño para el cuerpo - son 225 psi y 600°F respectivamente y para el canal 325 psi y 540 °F. Todas las partes del intercambiador de calor se construirán de acero al carbón y registrarán los códigos T.E.M.A. clase R y A.S.M.E. Sec - ción VIII.

Ejemplo resuelto por Kern

Lado cuerpo

lado tubos

gas oil pesado

crudo desalado

$$W_s = 1\ 087\ 169\ \text{lb/hr}$$

$$W_t = 945\ 938\ \text{lb/hr}$$

$$T_1 = 555\ ^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 412\ ^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 516\ ^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 458\ ^\circ\text{F}$$

$$Cp_s = 0.6685\ \text{BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

$$Cp_t = 0.6565\ \text{BTU/lb } ^\circ\text{F}$$

$$k_s = 0.0624$$

$$k_t = 0.0684$$

$$S_s = 0.7715$$

$$S_t = 0.7305$$

$$\mu_s = 0.8125\ \text{cps}$$

$$\mu_t = 1.2289\ \text{cps}$$

$$T_m = 535\ ^\circ\text{F}$$

$$t_m = 435\ ^\circ\text{F}$$

$$\rho_s = 48.1416\ \text{lb/ft}^3$$

$$\rho_t = 45.5832\ \text{lb/ft}^3$$

$$Rd = 0.003$$

$$Rd = 0.004$$

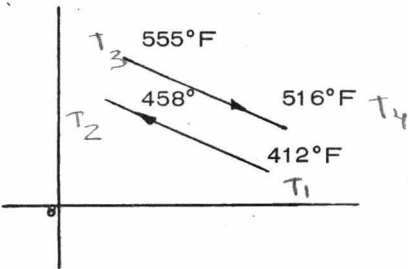
1) Balance de calor:

$$Q_s = (1\ 087\ 169) (0.6685) (555 - 516) = 28.344 \times 10^6 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_t = (945\ 938) (0.6565) (458 - 412) = 28.566 \times 10^6 \text{ BTU/hr}$$

$$Q = 28.566 \times 10^6 \text{ BTU/hr}$$

2) Temperatura media logarítmica:



$$LMTD = \frac{T_3 - T_2 \quad T_4 - T_1}{\ln \frac{(555 - 458) - (516 - 412)}{(555 - 412) \quad (516 - 412)}}$$

$$LMTD = 100.46 \text{ }^\circ\text{F}$$

3) Factor de corrección de la temperatura media logarítmica:

$$R = (555 - 516)/(458 - 412) = 0.8478$$

$$X = 46/(555 - 412) = 0.3217$$

4) Diferencia de la temperatura media corregida:

$$LMTD = (100.46) (0.9696) = 97.406$$

5) Se estima un diámetro de cuerpo y en función del área que se obtiene el coeficiente global de transferencia estimado:

$$L = 20 \text{ ft} \quad DO_t = 1 \text{ in} \quad Pt = 1.25 \text{ en arreglo cuadrado}$$

calibre BWG 12

$$D_s \text{ estimado} = 45 \text{ in}$$

Tipo AES

5.1) Por planilla se obtiene el número total de tubos:

$$N_t = 836$$

5.2) Cálculo aproximado del espesor del espejo:

$$t_{Ts} = \frac{45 \times 1}{2} \sqrt{\frac{325}{17500}} + 2(0.125) + 3/16 = 3.5037 \text{ in}$$

5.3) Cálculo de la longitud efectiva:

$$L = 240 - 2(3.5) = 233 \text{ in}$$

5.4) Cálculo del área de transferencia:

$$A_{tr} = (1/12) (\pi) (233/12) (836) = 4249.61 \text{ ft}^2$$

5.5) Cálculo del coeficiente estimado:

$$U_{est.} = 28.566 \times 10^6 / (97.4078) (4249.61) = 69.01 \text{ BTU/hr ft}^2$$

6) Cálculo del coeficiente de película lado tubos:

6.1) Cálculo del número de Prandtl:

$$Pr = (C_{pt} \bar{\mu}_t) / k_t = (0.6565)(1.2289)(2.42)/(0.068) = 28.544$$

$$Pr^{1/3} = 3.056$$

6.2) Cálculo del área de flujo total:

$$a_f = (836) (0.782)^2 (\pi) / (4) (144) = 2.788 \text{ ft}^2$$

para 4 pasos por tubos:

$$a_f = 2.788/4 = 0.697 \text{ ft}^2$$

6.3) Cálculo de la masa velocidad:

$$G_t = 945938 / 0.697 = 1356986.4 \text{ lb/hr ft}^2$$

6.4) Cálculo del número de Reynolds:

$$Re_t = (1\ 356\ 986.4)(0.782) / ((12)(2.42)(1.2289)) = 29\ 735$$

6.5) Cálculo del coeficiente de película lado tubos sin corregir por viscosidad:

$$h_{iO} / \phi_t = (0.023)(29\ 735)^{-0.2} (28.544)^{-2/3} (0.6565)(1\ 356\ 986.4) =$$

$$h_{iO} / \phi_t = 279.688$$

7) Cálculo del coeficiente de película lado cuerpo sin corregir por viscosidad.

7.1) Cálculo del area de flujo y la masa velocidad por cuerpo:

$$B = 19\ \text{in}$$

$$a_s = (0.25)(19)(45) / ((144)(1.25)) = 1.188\ \text{ft}^2$$

$$G_s = 1\ 087\ 169 / 1.188 = 915\ 510.74\ \text{lb/hr ft}^2$$

7.2) Cálculo del coeficiente de película lado cuerpo:

$$De = 0.083\ \text{ft}$$

$$Re_s = (0.083)(915\ 510.74) / (0.8125)(2.42) = 38\ 413$$

$$h_i / \phi_s = (0.027)(0.0624)(38413)^{0.8} (21.065)^{1/3} / 0.083 = 262.34$$

8) Cálculo de la temperatura de la pared:

$$t_w = 435 + (279.69)^{-1} / ((279.69)^{-1} + (262.34)^{-1})$$

$$\mu_{tw} = 1.042\ \text{cps}$$

$$\mu_{sw} = 0.9855\ \text{cps}$$

$$\phi_t = \left(\frac{1.1289}{1.0420} \right)^{0.14} = 1.011 \quad \phi_s = \left(\frac{0.8125}{0.9855} \right)^{0.14} = 0.9733$$

9) Corrección de los coeficientes de película:

$$\phi_t = (279)(1.011) = 282.76$$

$$\phi_s = (262.34)(0.9733) = 255.35$$

10) Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor:

$$U_c = 1 / ((282.76)^{-1} + (255.35)^{-1} + 0.007) = 69.19$$

porcentaje de error:

$$\text{error} = (69.19 - 69.01) / 69.19 = 0.25 \%$$

el cálculo se acepta.

11) Caídas de presión lado tubos:

$$\text{Para } Re_t = 29\,735 \quad \longrightarrow \quad f = 0.000206$$

$$\Delta P_t = \frac{(0.000206)(1\,356\,986.39)^2 (20)(4)}{(5.22 \times 10^{10})(0.782/12)(0.7305)(1.011)} = 12.08$$

$$v = (1365\,986.34) / (3600)(45.5832) = 8.32 \text{ ft/sec}$$

$$P_r = \frac{(16)(8.32)^2 (62.5)}{(2)(144)(32.2)(0.7305)} = 10.22$$

$$\Delta P_{tot.} = 12.08 + 10.22 = 22.30 \text{ psi}$$

12) Caídas de presión lado cuerpo:

$$\text{Para } Re_s = 38413 \quad \longrightarrow \quad f = 0.00165$$

$$\Delta P_s = \frac{(0.00165)(915,510.74)^2 (45/12)(13)}{(5.22 \times 10^{10})(0.99/12)(0.7715)(0.9733)} = 20.84$$

EJEMPLO PARA EL 1er CAPITULO :

PRECALENTADOR DE CRUDO DESALADO

EJEMPLO RESUELTO POR BELL

D A T O S

	<u>LADO CUERPO</u>		<u>LADO TUBOS</u>
WS =	1087169 LB/Hr	Wt =	945938 LB/Hr
T ₁ =	555° F	t ₁ =	412° F
T ₂ =	516° F	t ₂ =	458° F
CPS=	0.6685	CPT=	0.6565
KS =	0.0624	Kt =	0.0684
MS =	0.8125	MT =	1.2289
SS=	0.7715	ST=	0.7305
=	48.1416	=	45.5832
Tm=	535° F	tm =	435° F
Rd =	0.003	Rd =	0.004

1) Cálculos preliminares al diseño:

$$R = \frac{\Delta t \text{ (Menor)}}{\Delta t \text{ (Mayor)}} = \frac{555-516}{458-412} = \frac{39}{46} = 0.8478$$

$$X = \frac{\Delta t \text{ (Mayor)}}{(t_1-t_2)} = \frac{46}{(555-412)} = 0.3217$$

$$F_t = \frac{\frac{\sqrt{(0.8478)^2 + 1}}{0.8478 - 1} \ln \left[\frac{1 - 0.3217}{1 - (0.8478)(0.3217)} \right]}{\ln \left[\frac{(2/0.3217) - 1 - 0.8478 + \sqrt{(0.8478)^2 + 1}}{(2/0.3217) - 1 - 0.8478 - \sqrt{(0.8478)^2 + 1}} \right]} = 0.9696$$

$$LMTD = \frac{(555 - 458) - (516 - 412)}{\ln \left[\frac{(555 - 458)}{(516 - 412)} \right]}$$

$$\text{LMTD} = 100.4594^\circ \text{F}$$

$$\text{MTD} = (100.4594)(0.9696) = 97.4078^\circ \text{F}$$

$$Q = 1087169 (0.6685)(555 - 516) = 28.344 \cdot 10^6$$

$$Q = 945938 (0.6565)(458 - 412) = 28.566 \cdot 10^6$$

$$Q = \underline{28.455 \cdot 10^6 \text{ BTO/Hr}}$$

- 2) Se estima un diámetro de intercambiador y en base a ese diámetro se establece el área de transferencia.

$$\text{TUBOS } 20 \text{ ft} = L \quad d_o = 1'' \quad \text{Pt} = 1 \frac{1}{4}'' \quad \text{BWG} = 12$$

- 2.1) De plantilla del espejo

$$\underline{\text{Nt TOT} = 836 \text{ Tubos}}$$

- 2.2) Cálculo aproximado del espesor de los espejos:

$$t_{\text{TS}} = \frac{45 \text{ l}}{2} \frac{325}{17500} + 2(0.125) + 3/16 = 3.5037 \text{ in}$$

- 2.3) Longitud efectiva de tubos :

$$L = 240 - 2(3.5) = 233 \text{ in}$$

$$Q = 28.455 \times 10^6$$

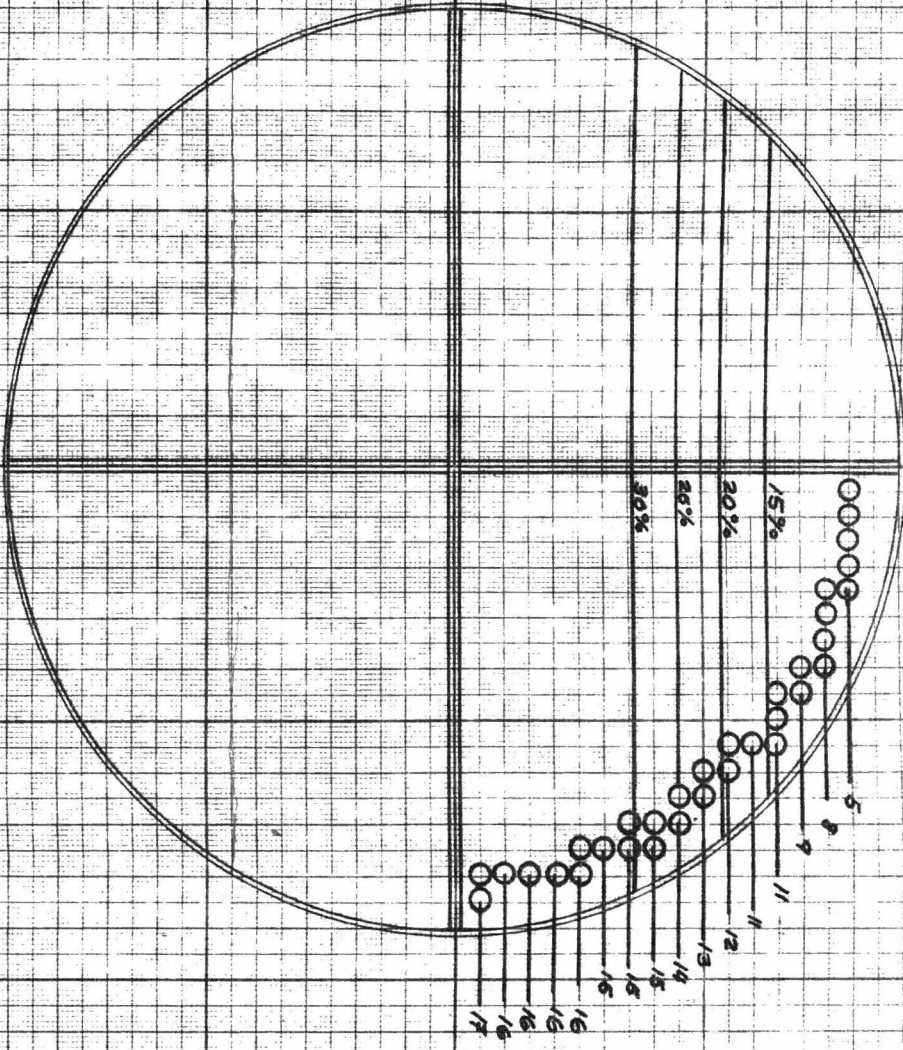
- 2.4) Cálculo del área de transferencia :

$$\text{Atr} = \frac{1}{12} \pi \frac{(233)}{12} (836) = \underline{4249.61 \text{ ft}^2}$$

- 2.5) Cálculo del coeficiente estimado

$$U_{\text{MEST}} = \frac{Q}{(\text{MTD}) \text{Atr}} = \frac{28.455 \cdot 10^6}{(97.4078)(4249.61)} = \underline{\underline{68.7409 \text{ BTU/}^\circ \text{F ft}^2}}$$

DISEÑO DEL PRECALENTADOR DE CRUDO



18

3) Lado tubos

3.1) Cálculo del número de Prandtl

$$(\text{Pr})^{-2/3} = \left[\frac{0.6565 \cdot 1.2289 \cdot 2.42}{0.0684} \right]^{-2/3} = 0.1071$$

3.2) Cálculo del área de flujo lado tubos

Díametro interno tubo = 1 - 2 (0.1090) = 0.7820 in

$$a_f = (836) \frac{(0.7820)^2 \pi}{4 \cdot 144} = 2.7883 \text{ ft}^2$$

Cálculo de la masa velocidad

$$G_t = \frac{945938}{27883} = 339246.59 \text{ M / ft}^2$$

Esta masa velocidad es muy pequeña por lo que aumentamos el # pasos lado cuerpo a 4.

$$a_{ft} = \frac{2.7883}{4} = 0.6971 \text{ ft}^2$$

$$G_t = \frac{945938}{0.6971} = 1356986.39 \text{ M / ft}^2$$

3.3) Cálculo del número de Reynolds

$$\text{Re} = \frac{(1356986.39)(0.7820)}{(12)(2.42)(1.2289)} = 29735$$

3.4) Cálculo del coeficiente de transferencia de calor lado tubos

$$\frac{h_{io}}{\phi_{tw}} = 0.023 (\text{Re})^{-0.2} (\text{Pr})^{-2/3} \frac{\text{C}_R \text{T } G_t}{C_p}$$

$$\frac{h_{io}}{\phi_{tw}} = (0.023)(29735)^{-0.2} (0.1071)(0.6565)(1356986.39)$$

$$\frac{h_{io}}{\phi_{tw}} = 279.6881 \text{ BTU/hr } ^\circ\text{F ft}^2$$

3.5) Cálculo de las caídas de presión lado tubos

$$Re = 29735 \quad f = 0.000206$$

$$APt = \frac{0.000206 (1356986.39)^2 20.4}{5.22 \cdot 10^{10} (0.7820/12) (0.7305)} = 12.2121 \text{ Psi}$$

$$= \frac{1356986.39}{(3600) (45.5832)} = 8.2693 \text{ ft/sig}$$

$$APr = \frac{16 (8.2693)^2 62.5}{288 \cdot 32.2 \cdot 0.7305} = 10.0941 \text{ Psi}$$

$$APT = APt + APr$$

$$\underline{APT = 22.3062 \text{ Psi}}$$

4) Lado cuerpo

4.1) De la plantilla se obtienen los siguientes datos fijando un corte igual a 20%.

$$CORTE = 20 \%$$

$$NS = 0 \quad NtT = 836 \text{ tubos}$$

$$NC = 20 \quad Ntw = 112 \text{ tubos}$$

$$Nw = 6 \quad \begin{matrix} Nt \\ Nel \end{matrix} = 34 \text{ tubos}$$

4.2) Se fija una separación entre baffles

$$B = 16 \text{ ''}$$

4.3) Cálculo de las áreas de flujo y masas velocidades en flujo cruzado y en paralelo.

$$Sc = \frac{(45 - 34) 16}{144} = 1.2222 \text{ ft}^2$$

$$Gc = \frac{1087169}{1.222} = 889501.9 \text{ M/ ft}^2$$

$$\text{Rec} = \frac{(889501.9)(1)}{(12)(2.42)(0.8125)} = 37699$$

$$\text{Sw} = \left[(45)^2 \cdot 0.11182 \right] - (112) \left[\frac{(1)^2 \pi}{4} \right] = 138.47 \text{ in}^2 = 0.9616 \text{ ft}^2$$

$$\text{Gw} = 1.130579 \cdot 10^6 \text{ LB} / \text{ft}^2 \text{ hr}$$

$$\text{Rew} = 47916$$

$$4.4) \quad \text{Sc} / \text{Sw} = 1.2710$$

$$F_{bp} = \frac{45 - [(34 - 1) \cdot 1.25 + 1]}{144 \cdot 1.2222} \cdot 16 = 0.250$$

$$\{ = \text{EXP} [-1.35 \cdot 0.25] = 0.7136$$

$$\phi = 1 - \frac{224}{836} + \left(0.524 \cdot \frac{224}{836} \right)^{0.32} (1.2710)^{0.03} = 1.0783$$

$$N'c = (15)20 - (16)6 = 396$$

$$\chi = \frac{(hm/h_{90}) ID}{(hm/h_{90}) EX} = \frac{0.95}{0.99} = 0.9562$$

$$J = 10 \quad (-0.587 - 0.3749 \lg \text{Rec}) = 0.0050$$

$$\text{Pr}^{-2/3} = \frac{0.6685 \cdot 2.42 \cdot 0.8125^{-2/3}}{0.0624} = 0.1311$$

$$4.5) \quad \text{Cálculo del coeficiente no corregido}$$

$$\frac{hNL}{\phi \text{Sw}} = \frac{0.0050 \cdot 1.0783 \cdot 0.7136}{0.9562} (0.1311)(0.6685)(889501.9)$$

$$\frac{hNL}{\phi \text{Sw}} = 313.6655 \text{ BTU} / \text{°F ft}^2$$

$$4.6) \quad \text{Cálculo de la temperatura de pared}$$

$$t_w = 435 + \frac{1/279.6881}{(1/313.6655) + (1/279.6881)} (535 - 435) = 487.86 \text{ °F}$$

$$\mu_{t_w} = 1.0397$$

$$\mu_{\text{Sw}} = 0.9846 \text{ cp}$$

$$\phi_t = \frac{1.2289^{0.14}}{1.0397} = 1.0237 \quad \phi_s = \frac{0.8125^{0.14}}{0.9846} = 0.9735$$

$$h_{io} = 286.3103 \text{ BTU/ } ^\circ\text{F ft}^2$$

$$h_{NL} = 305.3403 \text{ BTU/ } ^\circ\text{F ft}^2$$

- 4.7) Cálculo de las áreas de flujo, por fugas y de los factores de corrección del coeficiente de transferencia de calor.

$$S_{sb} \text{ STB} = (836 - 112) \frac{\pi}{4} \left[\frac{(1 + 1/32)^2 - (1)^2}{144} \right] = 0.2507 \text{ ft}^2$$

$$\theta_{sb} = \cos^{-1} \frac{(45/2) - (0.2)45}{(45/2)} = 53.13^\circ$$

$$S_{sb} \text{ SSB} = \left[\frac{360 - 2(53.13)}{360} \right] \frac{\pi}{4} \frac{(45)^2 - (45 - 0.225)^2}{144} = 0.0777$$

$$SL - \text{STB} + \text{SSB} = 0.3283 \text{ ft}^2$$

$$(\text{STB} + 2 \text{SSB}) / SL = 1.2365$$

$$SL / SC = 0.2686$$

$$\left[1 - \frac{hL}{hNL} \right]_{ID} = 0.2208 ; \left[1 - \frac{hL}{hNL} \right]_{EX} = (1.2365)(0.2208) = 0.2731$$

$$hL = (0.7269)(305.3403) = 221.9571 \text{ BTU/ } ^\circ\text{F ft}^2$$

$$U_{\text{CALC}} = \frac{1}{(1/221.9571) + (1/286.3103) + 0.007} = 66.6752 \text{ BTU/ } ^\circ\text{F ft}^2$$

$$\% \text{ Diferencia} = 3\%$$

- 5) Cálculo de las caídas de presión:

$$\text{Rec} = 37699 \quad f = 0.67 (37699)^{-0.182} = 0.0984$$

$$5.1) \Delta PB = 4 (0.0984) 20 \frac{(889501.9/300)^2}{2 \cdot 32.2 (48.1416)(0.9735)} = 159.3012 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

$$\int p = \text{EXP.} \left[-40 \cdot 0.25 \right] = 0.3679$$

$$\Delta P_{BP} (0.3679) (159.3012) = 58.6037 \text{ M / ft}^2$$

$$5.2) \quad v = \frac{889501.9 \cdot 1.130579 \cdot 10^6}{(3600)(48.1416)} = 5.7863 \text{ M/ft}^2$$

$$5.3) \quad \Delta P_w = (2 + 0.66) \frac{(48.1416)(5.7863)^2}{2 \cdot 32.2} = 140.1601 \text{ M/ft}^2$$

5.4) Factores de corrección

$$\left[1 - \frac{\Delta P_L}{\Delta P_{NL}} \right]_O = 0.4219 \quad ; \quad \left[1 - \frac{\Delta P_L}{\Delta P_{NL}} \right]_{EX} = 0.5216 \quad ; \quad \left[\frac{\Delta P_L}{\Delta P_{NL}} \right] = 0.4789$$

$$PT = 2(58.6037)(1 + 6/20) + [(13)(58.6037) + (14)(140.1601)] 0.4784 = 1455.4676$$

$$\underline{\Delta PT = 10.1074 \text{ Psi}}$$

CAPITULO II

DISEÑO MECANICO DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

El diseño mecánico de intercambiadores de calor, es el paso intermedio entre la ingeniería básica, o sea, el diseño térmico, y la fabricación del equipo. Se puede decir que el diseño mecánico es la ingeniería de detalle de estos equipos.

El diseño mecánico no únicamente proporciona todas las dimensiones de las diferentes partes del intercambiador, sino también los planos de construcción y los manuales de arranque y mantenimiento del intercambiador. Para el diseño mecánico de equipos de proceso no existe un solo método particular que proporcione todas las dimensiones del equipo, sino se han elaborado un conjunto de procedimientos de diseño para las diferentes partes de los equipos. Por ejemplo hay un procedimiento para el diseño de bridas y otro para determinar los espesores de cilindros bajo presión interna, ambos métodos son totalmente independientes. En el diseño mecánico se calcula por separado cada parte del intercambiador, lo cual no quiere decir que están desligados totalmente los diferentes procedimientos de cálculo, por ejemplo, lo primero que se calcula generalmente en el diseño mecánico de un intercambiador de calor son los espesores de placa requeridos, este dato se requiere para el diseño de la brida, ya que el espesor de placa es igual a la dimensión menor del barril. Resumiendo, el diseño mecánico de intercambiadores de calor es un conjunto de métodos de diseño para dimensionar los diferentes constituyentes del equipo.

Cada tipo de intercambiador sigue una secuencia particular de cálculo, ya que los resultados de un diseño son los datos para el dimensionamiento de otro constituyente del equipo. Todos los métodos de diseño mecánico que han sido desarrollados hasta la fecha, los manuales y códigos relacionados con este tema tienen como principal propósito, lograr que el diseño proporcione equipos seguros.

Para estandarizar los procedimientos de diseño, fueron creados los códigos tales como el TEMA (Tubular Exchanger Manufacturing Association) y el código ASME (American Society of Mechanical Engineers). Para los propósitos de este trabajo, únicamente se utilizará la sección VIII del código ASME, que trata los recipientes a presión no sujetos a fuego directo.

El código TEMA es una colección de información que los diferentes fabricantes de intercambiadores de calor recopilaron en base a sus experiencias de fabricación de estos equipos. Proporciona este código además, un método para clasificar los intercambiadores en diferentes modelos o tipos, especifica las tolerancias que pueden aceptarse en los diferentes maquinados del equipo y también proporciona ciertos criterios que se deben seguir al diseñar y fabricar intercambiadores de calor.

El código TEMA además clasifica los intercambiadores según la rama de la industria a la que van a prestar servicio. Por ejemplo, la industria petroquímica generalmente especifica que se trabaje con TEMA clase R; la industria química en general trabaja con TEMA clase C y la industria farmacéutica y de alimentación trabaja con clase B.

Por otro lado el código ASME sección VIII no fue creado con el único fin de proporcionar un conjunto de normas para el diseño y la fabricación de intercambiadores de calor, sino para todos los recipientes de cualquier forma y bajo presión externa o interna. Dicho código, proporciona los métodos de diseño para las partes maquinadas del intercambiador y además proporciona las tablas de materiales comerciales con sus esfuerzos máximos permisibles en función de la temperatura.

Los códigos tienen como principal propósito estandarizar el diseño y la fabricación y además, garantizar el funcionamiento seguro de los equipos.]

A continuación se presentarán los métodos de diseño mecánico que utiliza el programa HEATEX /DESIGN .

CALCULO DE ESPESORES DE PARTES CILINDRICAS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR Y DE LAS TAPAS FORMADAS .

[Para cuerpos cilíndricos bajo presión interna, el espesor de pared es adecuado por la siguiente ecuación :

$$t_s = \frac{PD (D/2)}{SE - 0.6 PD} + C$$

Donde : t_s = espesor del cuerpo cilíndrico en pulgadas

PD = presión de diseño en LB / in^2

D = diámetro nominal del cuerpo en pulgadas

E = eficiencia de soldadura = 85%

S = esfuerzo máximo permisible del material evaluado a la temperatura de diseño en LB / in^2

C = tolerancia por corrosión en pulgadas

El código TEMA especifica espesores mínimos en función del diámetro del cuerpo cilíndrico y de la clase TEMA del intercambiador. *

TABLA 2.1

Diámetro del cuerpo Cilíndrico	TEMA " R "		TEMA " B "		TEMA " C "	
	Acero	Aleación	Acero	Aleación	Acero	Aleación
6 "	Céd. 30	1/8 "	Céd. 40	1/8 "	Céd. 40	1/8 "
8 " - 12 "	Céd. 30	1/8 "	Céd. 30	1/8 "	Céd. 30	1/8 "
13 " - 23 "	3/8 "	3/16"	Céd. 20 6 5/16"	1/8 "	Céd. 20 6 5/16 "	1/8 "
24 " - 29 "	3/8 "	3/16 "	5/16"	3/16 "	5/16 "	3/16"
30 " - 39 "	7/16"	1/4 "	3/8 "	1/4"	3/8 "	1/4 "
40 " - 60 "	1/2 "	5/16 "	7/16"	1/4 "	7/16 "	1/4 "

Para tapas elípticas se consideró únicamente las tapas tipo ASME, las cuales tienen una relación de diámetro largo a diámetro corto de 2 = 1. Para calcular el espesor de tapas elípticas tipo ASME (2.1).

$$t_{TE} = \frac{PD DK}{2 SE - 0.2 PD} + C$$

Donde : t TE = espesor tapa elíptica en pulgadas

D = diámetro grande de la tapa en pulgadas

$$K = \frac{1}{6} \left[2 + \left(\frac{D}{2h} \right)^2 \right] = 1$$

h = radio corto de la elipse = D/4

Para tapas torisféricas se consideró el radio pequeño igual al 7.5% de radio largo y este a su vez igual al diámetro del cuerpo al que está soldada la tapa.

$$t_{TT} = \frac{PD L M}{2 SE - 0.2 PD} + C$$

Donde : t_{TT} = espesor tapa torisférica en pulgadas

L = radio de curvatura en pulgadas (L diámetro del cuerpo al que está soldada la tapa)

$$M = 1/4 \left(3 + \sqrt{\frac{L}{r}} \right)$$

r = radio pequeño de curvatura en pulgada

$$(r = 0.075 L)$$

DETERMINACION DE ESPACIADORES Y TENSORES :

El diámetro y número de espaciadores y tensores se obtiene por el código

TEMA y están en función del diámetro del intercambiador y de la clase

TEMA.

TABLA 2.2

Diámetro Nominal del Cuerpo	TEMA "R"		TEMA "B"		TEMA "C"	
	No.	Díam.	No.	Díam.	No.	Díam.
8" - 15 "	4	3/8"	4	1/4"	4	1/4"
16" - 27"	6	3/8"	6	3/8"	6	3/8"
28" - 33 "	6	1/2"	6	1/2"	6	1/2"
34" - 48"	8	1/2"	8	1/2"	8	1/2"
49" y mayor	10	1/2"	10	1/2"	10	1/2"

DETERMINACION DE ESPESOR DE MAMPARAS

El espesor de mamparas se determinará de las tablas del TEMA y están

en función del diámetro interno del intercambiador, del espaciamento

entre mamparas contiguas y de la clase de TEMA.

Para TEMA " R " TABLA 2.3A

Díametro Interno Nominal de Cuerpo	ESPESOR DE PLACA				
	ESPACIAMIENTO ENTRE MAMPARAS				
	12" y men.	12" - 18"	18" - 24 "	24" - 30 "	30" y mayor
8" - 14"	1/8"	3/16"	1/4"	3/8"	3/8"
15" - 28"	3/16"	1/4"	3/8"	3/8"	1/2"
29" - 38"	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"
39" y mayor	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	5/8"

Para TEMA " B " TABLA 2.3B

Díametro Interno Nominal de Cuerpo	ESPESOR DE PLACA					
	ESPACIAMIENTO ENTRE MAMPARAS					
	6" y men	6"-12"	12"-18"	18" - 24"	24" - 30"	30" y may
6" - 14 "	1/8"	1/8"	3/16"	1/4"	3/8"	3/8"
15" - 28"	1/8"	3/16"	1/4"	3/8"	3/8"	1/2"
29" - 38"	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"
39" y mayor	-	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	5/8"

Para TEMA " C " TABLA 2.3. C

Díametro Interno Nominal de Cuerpo	ESPESOR DE PLACA					
	ESPACIAMIENTO ENTRE MAMPARAS					
	6" y men	6" - 12"	12" - 18"	18" - 24"	24" - 30"	30" y may
6" - 14"	1/16"	1/8"	3/16"	1/4"	3/8"	3/8"
15" - 28"	1/8"	3/16"	1/4"	3/8"	3/8"	1/2"
29" - 38"	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"
39" y mayor	-	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	5/8"

DISEÑO DE REFUERZOS DE BOQUILLA *

El dimensionamiento de placas de refuerzo está dada por el ASME, Secc. VIII. en el apéndice MA - 280 que a continuación se presenta con pequeñas modificaciones :

- 1) En el diseño térmico se determina el diámetro nominal de las boquillas de entrada y salida del lado tubos y lado cuerpo.

Con el diámetro nominal de la boquilla se calcula el espesor mínimo de pared de la misma.

$$t_B = \frac{(D_b/2) PD}{ES - 0.6 PD} + C$$

Donde : t_B = espesor de pared de la boquilla en pulgadas

D_b = diámetro nominal de la boquilla en pulgadas

Con este espesor mínimo se puede determinar el número de cédula requerido para que cumpla con el espesor mínimo calculado. De tablas se determina el diámetro interno, externo y el espesor real de la boquilla para el número de cédula determinado anteriormente.

- 2) Cálculo del área de refuerzo requerida para la abertura de boquilla.

$$A = d \cdot t_r = (d_{in} - 2C) \cdot t_r$$

Donde: A = área de refuerzo requerida

d = diámetro interno de la boquilla menos dos veces la conexión

t_r = espesor mínimo requerido para el cuerpo donde está soldada la boquilla.

d_{in} = diámetro interno de la boquilla

3) A continuación se presenta el cálculo de las áreas disponibles de refuerzo.

$$A1 = (t - tr) d = (t - tr) (din - 2c) \quad (2.7)$$

$$A1_2 = (t - tr) (tn + t) 2 \quad (2.8)$$

$$A1 = \text{Mayor de } (A1, A1_2) \quad (2.9)$$

$$A2 = (tn - tB) 5t \quad (2.10)$$

$$A2_2 = (tn - tB) 5tn \quad (2.11)$$

$$A2 = \text{Menor de } (A2, A2_2) \quad (2.12)$$

$$A3 = 0 \quad (2.13)$$

$$t \text{ máx} = \text{Mayor de } (t, tn) \quad (2.14)$$

$$A4 = 2 (1/2 (t \text{ máx})^2) \quad (2.15)$$

Area disponible para refuerzo = A DIS

$$A \text{ DIS} = A1 + A2 + A3 + A4 \quad (2.16)$$

Donde : t = espesor real del cuerpo

tn = espesor real de la boquilla

t máx = espesor mayor de la pared de la boquilla
del cuerpo

4) Si $A \text{ DIS} > A$ no se requiere refuerzo

Si $A \text{ DIS} < A$ se requiere refuerzo en la boquilla

5) Cálculo del refuerzo de boquilla.

Se fija un espesor de refuerzo (tR) que se toma como primer intento igual al espesor máximo (t máx).

$$tR = t \text{ máx}$$

El diámetro interno de refuerzo (d_iR) es igual al diámetro externo de la boquilla más una tolerancia.

$$d_iR = d_{ON} - 2 \left(\frac{1}{16} \right) \quad (2.18)$$

Se fijan al diámetro externo del anillo de refuerzo. Se calcula el área con la cual contribuye este refuerzo.

$$A_5 = (d_{oR} - d_iR) t R \quad (2.19)$$

Se calcula nuevamente el área disponible de refuerzo.

$$A_{DIS} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 \quad (2.20)$$

Si $A_{DIS} > A$ el refuerzo es suficiente

Si $A_{DIS} < A$ se requiere más superficie de refuerzo. Por lo tanto se aumenta el diámetro externo del refuerzo, sin que pase el valor de $1.75 d_iR$ y se calcula nuevamente A_5 y el área disponible hasta que se cumpla que $A_{DIS} = A$.

Si d_{oR} es mayor que $1.75 (d_iR)$ se debe aumentar el espesor de la placa de refuerzo hasta que se cumpla que $A_{DIS} = A$.

DISEÑO DE BRIDAS : *

El diseño de las bridas es en el diseño mecánico, uno de los pasos más importantes, debido a que junto con los espejos son las partes más difíciles de maquinar y por lo tanto, son las partes más caras del intercambiador.

En este trabajo no se van a desarrollar las ecuaciones de diseño, únicamente se presentarán las ecuaciones de diseño y la secuencia que se debe seguir para diseñar una brida. Como datos para el diseño de las bridas se requiere lo siguiente:

1) Datos :

- a) Tipo de brida (HEATEX / DESIGN únicamente puede trabajar con bridas de cara realizada R F).
- b) Material de brida y los esfuerzos máximos permisibles a la temperatura de diseño y a la temperatura atmosférica (80° F).
- c) Material de tornillería y los esfuerzos máximos permisibles a la temperatura de diseño y a temperatura atmosférica.
- d) Material de empaque .
- e) Diámetro interno de la brida y el espesor menor del barril (go) que es igual al espesor del cilindro al cual está soldada la brida.
- f) Presión y temperatura de diseño.

2) Dimensionamiento del empaque :

De la tabla 2.4 obtenemos en función del material de empaque el factor de empaque (M) y el esfuerzo máximo de asentamiento de empaque (Y).

Con la presión de diseño obtenemos la relación de diámetros de empaque.

$$\frac{D_{og}}{D_{ig}} = \sqrt{\frac{Y - PD M}{Y - P (M + 1)}} \quad (2.21)$$

Donde : D_{og} = diámetro externo del empaque (in)

D_{ig} = diámetro interno del empaque (in)

$$D_{iG} = B + 2 (F_1) \quad (2.22)$$

Donde : B = diámetro interno de la brida (in)

F_1 = factor función del diámetro (in)

$$\text{Dog} = \text{Dig} \frac{\text{Dog}}{\text{Dig}} \quad (2.23)$$

Cálculo del ancho del empaque en pulgadas (N) :

$$N = \frac{\text{Dog} - \text{Dig}}{2} \quad (2.24)$$

Diámetro medio de empaque también conocido como diámetro de sello de empaque en pulgadas :

$$G = \text{Dig} + N \quad (2.25)$$

Cálculo del ancho efectivo de empaque (b) en pulgadas.

$$b_o = \frac{0.125 + 3 N}{8} \quad (2.26)$$

$$\text{Si } b_o \leq 0.25 \quad b = b_o \quad (2.27)$$

$$\text{Si } b_o > 0.25 \quad b = b_o / 2 \quad (2.28)$$

3) Cálculo de las fuerzas que aparecen en el empaque :

3.1) W_{m2} es la fuerza que se requiere para asentar el empaque, ó sea es la fuerza necesaria para que empaque fluya y a deformarse el empaque vaya las irregularidades del material.

$$W_{m2} = b \pi G Y \quad (LB) \quad (2.29)$$

3.2) Se presentan en la brida otras dos fuerzas que son H_p y H. H_p es la carga del empaque para mantener una junta a prueba de fugas y H es la fuerza que se opone a la presión interna bajo condiciones de operación:

$$H_p = 2 \pi b G m PD \quad (LB) \quad (2.30)$$

$$H = \frac{\pi}{4} G^2 PD \quad (LB) \quad (2.31)$$

3.3) Carga total bajo condiciones de operación:

$$W_m = H_p + H \quad (LB) \quad (2.32)$$

4) Determinación del número y del diámetro de tornillos requeridos.

4.1) Area mínima de tornillería requerida A_m

$$A_{m1} = \frac{W_m}{S_b} \quad A_{m2} = \frac{W_{m2}}{S_{ba}} \quad (in^2) \quad (2.33 \text{ a/b})$$

$$A_m = \text{Mayor de } (A_{m1} \text{ } A_{m2}) \quad (in^2) \quad (2.34)$$

4.2) Determinación del número de tornillos (NB)

El número de tornillos se fija, como primer intento, tomando un tornillo por cada pulgada de diámetro nominal más un 30% llevando este número al múltiplo de cuatro inmediato superior.

4.3) Determinación del diámetro de tornillos :

$$\text{Area cuadrática mínima} = A_c M \frac{A_m}{N_b} \quad (in^2) \quad (2.35)$$

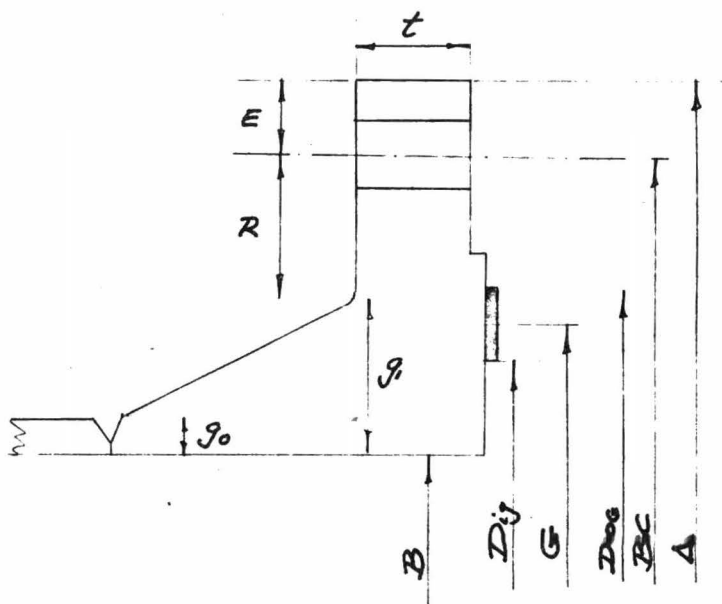
TABLA 2.5 DATOS DE TORNILLERIA

Diámetro del Tornillo a (in)	Area Cuadrática A_c (in ²)	Espaciamiento de tornillos B_{sp} (in)	Distancia Radial R (in)	Distancia al Extremo E (in)
1/2	0.126	1 1/4	13/16	5/8
5/8	0.202	1 1/2	15/16	3/4
3/4	0.302	1 3/4	1 1/8	13/16
7/8	0.419	2 1/16	1 1/4	15/16
1	0.551	2 1/4	1 3/8	1 1/16
1 1/8	0.693	2 1/2	1 1/2	1 1/8

(continúa - TABLA 2.5)

1 1/4	0.890	2 13/16	1 3/4	1 1/4
1 3/8	1.054	3 1/16	1 7/8	1 3/8
1 1/2	1.294	3 1/4	2	1 1/2
1 5/8	1.515	3 1/2	2 1/8	1 5/8
1 3/4	1.744	3 3/4	2 1/4	1 3/4
1 7/8	2.049	4	2 3/8	1 7/8
2	2.300	4 1/4	2 1/2	2
2 1/4	3.020	4 3/4	2 3/4	2 1/4
2 1/2	3.715	5 1/4	3 2/16	2 3/8
2 3/4	4.618	5 3/4	3 3/8	2 5/8
3	5.621	6 1/4	3 5/8	2 7/8

FIGURA 2.1



Con el valor de A_{cu} se entra a la segunda columna de la Tabla 2.5

y se compara A_{cu} con A_c hasta que se cumpla que $A_c \leq A_{cm}$.

Con el valor de A_c se leen los valores correspondientes de diámetro, espaciamento de tornillos y los valores de R y E .

4.4) Cálculo de la carga de tornillos para condiciones de operación.

$$W = 1/2 (A_m + A_b) S_b \quad (\text{LB}) \quad (2.37)$$

Donde : $A_b = N_b A_c \quad (\text{in}^2) \quad (2.37)$

S_b = esfuerzo máximo permisible del material de tornillos

5) Cálculo de los diámetros de la brida :

5.1) Cálculo del espesor grande de barril (g)

$$g_1 = 2.0 \cdot g_0 \quad (\text{in}) \quad (2.38)$$

5.2) Diámetro del círculo de barrenos (BC)

$$BC = B + 2 (g_1 + R) \quad (\text{in}) \quad (2.39)$$

5.3) Diámetro externo de la brida (A)

$$A = B + 2 (g_1 + R + E) \quad (\text{in}) \quad (2.40)$$

6) Cálculo de los momentos que se presentan en la brida :

6.1) Cargas :

$$H_D = \pi B^2 P D / 4 \quad (\text{LB}) \quad (2.41)$$

$$H_G = H_p = 2b \pi G M P \quad (\text{LB}) \quad (2.42)$$

$$H_T = H - H_D = \frac{G^2 \pi P}{4} - H_D \quad (\text{LB}) \quad (2.43)$$

$$H_G = W = 1/2 (A_b + A_m) S_b \quad (\text{LB}) \quad (2.44)$$

6.2) Brazos de palanca :

$$h_D = R + 0.5 g \quad (\text{in}) \quad (2.45)$$

$$h_G = 0.5 (BC - G) \quad (\text{in}) \quad (2.46)$$

$$h_T = 0.5 (R + G + h_G) \quad (\text{in}) \quad (2.45)$$

6.3) Momentos :

$$MD = HD \cdot hD \quad (\text{LB in}) \quad (2.46)$$

$$MG = HG \cdot hG \quad (\text{LB in}) \quad (2.47)$$

$$MT = HT \cdot hT \quad (\text{LB in}) \quad (2.48)$$

$$MO_1 = MD + MG + MT \quad (\text{LB in}) \quad (2.49)$$

$$MO_2 = HG \cdot hG \quad (\text{LB in}) \quad (2.50)$$

$$\overline{MO}_1 = \frac{MO_1}{B} \quad \overline{MO}_2 = \frac{MO_2}{B} \quad (\text{in}) \quad (2.51)$$

7) Para poder calcular los esfuerzos que se presentan en el material de la brida se tienen que calcular una serie de factores de forma que están en función directa con las dimensiones de la brida; y los factores de esfuerzo que están en función de los factores de forma y del espesor de la brida.

7.1) Factores de forma :

$$K = \frac{A}{B} \quad (2.52)$$

$$T = \frac{K^2 (1 + 8.55246 \log K) - 1}{(1.04720 + 1.9448 K^2) (K - 1)} \quad (2.53)$$

$$U = \frac{K^2 (1 + 8.55246 \log K) - 1}{1.36136 (K^2 - 1) (K - 1)} \quad (2.54)$$

$$Z = \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} \quad (2.55)$$

$$Y = \frac{1}{K - 1} 0.66845 + 5.71690 \frac{K^2}{K^2 - 1} \frac{K}{K^2 - 1} \quad (2.56)$$

$$g_o / g_o = .2 \quad (2.57)$$

$$h_o = \sqrt{B \cdot g_o} \quad (\text{in}) \quad (2.58)$$

De la gráfica 2.2 se obtiene el valor de h/h_0 tomando $f = 1$

De la gráfica 2.3 se obtienen los valores de V y F

$$e = \frac{F}{h_0} \quad (\text{in}) \quad (2.59)$$

$$d = \frac{U}{V} h_0 g_0^2 \quad (\text{in}^3) \quad (2.60)$$

7.2) Factores de esfuerzo

Para poder calcular estos factores de esfuerzo, se debe estimar el espesor de la brida (t)

$$\alpha = te + 1 \quad (2.61)$$

$$\beta = 4/3 te + 1 \quad (2.62)$$

$$\gamma = \frac{T}{d} \quad (2.63)$$

$$\delta = \frac{(t^3)}{d} \quad (2.64)$$

$$\lambda = \gamma + \delta \quad (2.65)$$

8) Cálculo de los esfuerzos que se presentan en el material de la brida.

8.1) Esfuerzo en el espesor de barril grande :

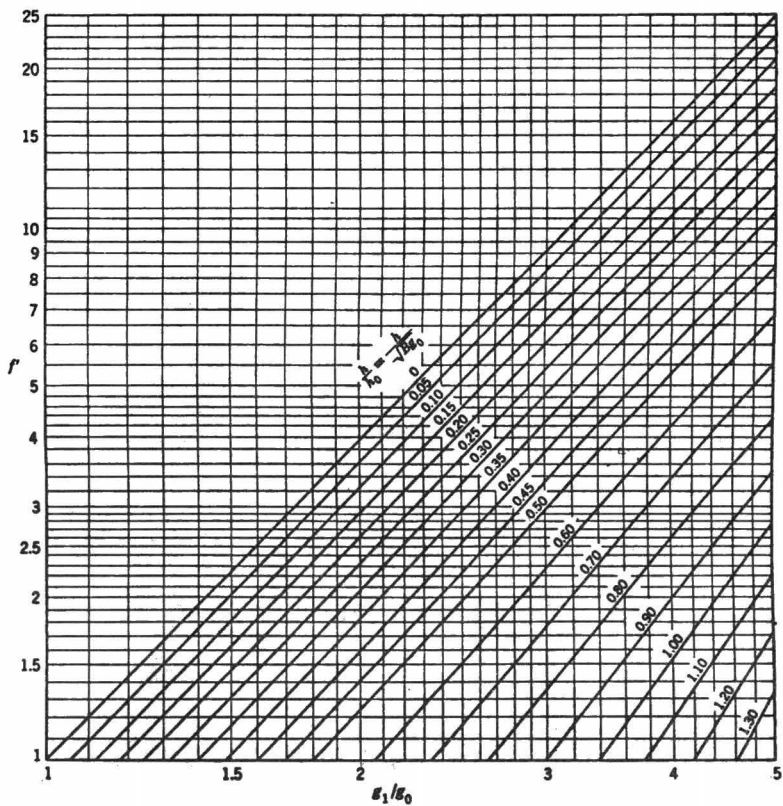
$$SH = \frac{f \overline{MO}_1}{\lambda (g)^2} \quad SH' = \frac{f \overline{MO}_2}{\lambda (g)^2} \quad (\text{LB} / \text{IN}^2) \quad (2.66)$$

8.2) Esfuerzo radial :

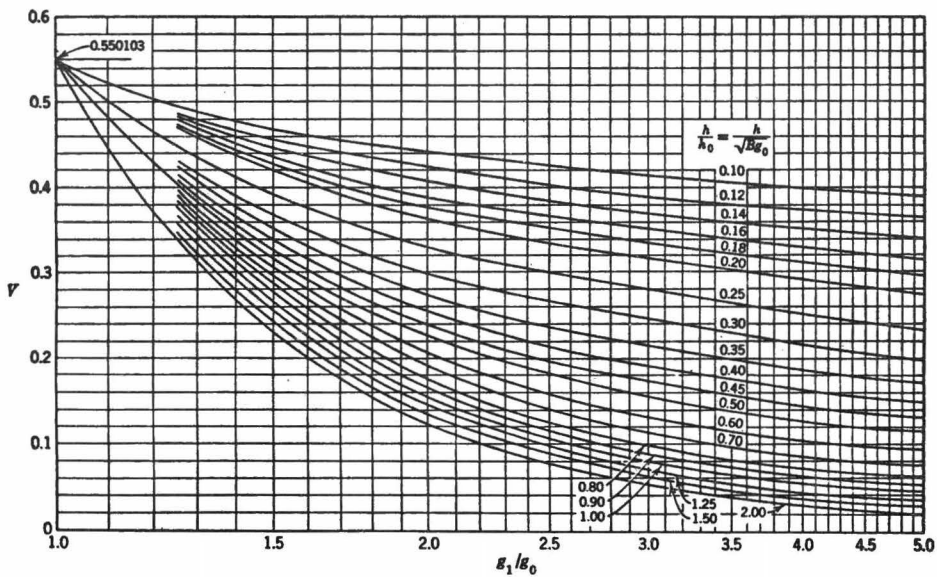
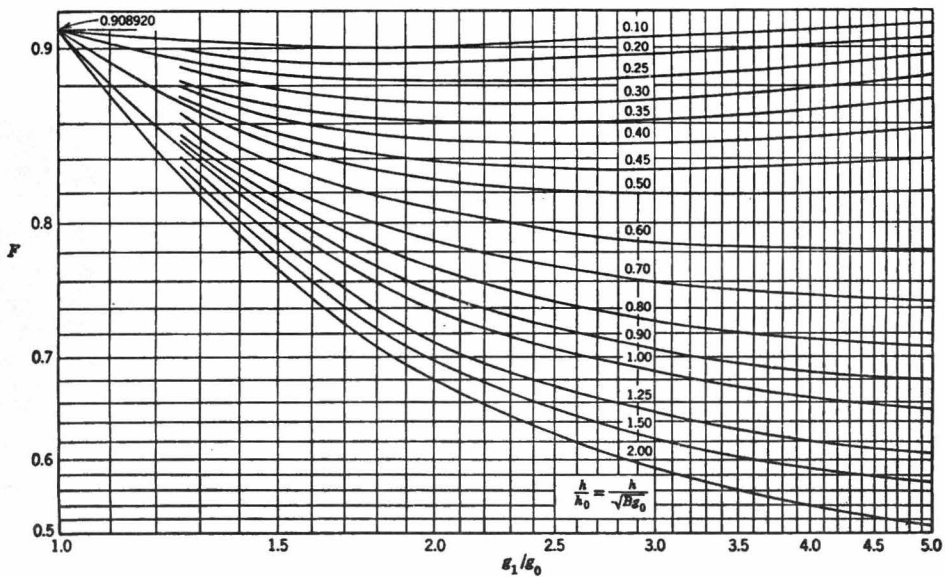
$$SR = \frac{\beta MO_1}{\lambda (t)^2} \quad SR^1 = \frac{\beta MO_2}{\lambda (t)^2} \quad (\text{LB} / \text{in}^2) \quad (2.67)$$

8.3) Esfuerzos tangenciales :

$$ST = \frac{MO_1 Y}{(t)^2} = SR \quad (\text{LB} / \text{in}^2) \quad (2.68)$$



Gráfica (2 - 2)



Gráfica (2 - 3)

$$ST' = \frac{MO_2 Y}{(t)^2} - SR^1 \quad (LB / in^2)$$

8.4) Esfuerzo global :

$$S \text{ máx} = \text{Mayor de } (SR, ST) \quad (LB / in^2) \quad (2.69)$$

$$S \text{ máx} = \text{Mayor de } (SR, ST) \quad (LB / in^2)$$

$$S = \frac{SH + S \text{ máx}}{2} \quad S' = \frac{SH' + S \text{ máx}}{2} \quad (LB/in^2) \quad (2.70)$$

9) Criterios de evaluación :

Si se cumplen las siguientes condiciones:

- a) $SH \leq 1.5 SF$, $SH' \leq 1.5 SFA$
- b) $SR \leq SF$, $SR' \leq SFA$
- c) $ST \leq SF$, $ST' \leq SFA$
- d) $S \leq SF$, $S' \leq SFA$

el espesor de la brida es aceptable y no se necesita estimar un nuevo valor de espesor de brida. Si cualquiera de las condiciones anteriores no se cumple, hay que estimar un nuevo valor de t y regresar al paso 7.2 , se repite este procedimiento hasta que se cumplan todas las condiciones del paso 9.

DISEÑO DEL ESPEJO *

El espesor de espejo se calcula por dos métodos a) por pandeo y b) por esfuerzos cortantes que se presentan en el material.

a) Cálculo del espesor de espejo por pandeo :

$$t_{TS} = \frac{FG}{2} \sqrt{\frac{PDM}{SM}} + 2 C + f2 \text{ (gr)} \quad (2.71)$$

Donde : t TS = espesor mínimo de espejo requerido para minimizar el pandeo (in)

F = factor, función del tipo de intercambiador.

F = 1 para tubos sujetos en ambos extremos por espejos.

F = 125 para intercambiadores de tubos en " U "

G = diámetro medio de empaque obtenido del cálculo de la brida

PDM= presión de diseño máximo (Psi)

SM = esfuerzo máximo permisible del material determinado a la temperatura máxima de diseño

C = tolerancia por corrosión

f2 = 0, cuando el número de pasos lado cuerpo y de tubos es igual a uno

f2 = 1 cuando el número de pasos lado cuerpo es igual a uno y el número de pasos lado tubos es mayor de 1

f2 = 2 cuando de ambos lados hay más de un paso

gr = 3/16" profundidad de la ranura de partición

b) Diseño del espejo calculado por esfuerzos cortantes:

El espesor de espejos calculado por esfuerzos cortantes, está dado por la siguiente ecuación :

$$t_{TSS} = \frac{0.31 D}{\left[1 - \frac{DL}{PT} \right]} \frac{PM}{SM} + 2 C + (f2) \cdot (gr) \quad (\text{in}) \quad (2.72)$$

Donde : t TSS = espesor del espejo mínimo necesario calculado por esfuerzos cortantes

$$DL = \frac{4 A}{C} \quad (\text{in}) \quad (2.73)$$

DL = diámetro equivalente del perímetro del haz de tubos (in)

C = perímetro del polígono formado por los extremos del haz de tubos (in)

A = Area encerrada por el perímetro C' en pulgadas cuadradas

dot = diámetro externo de tubos (in)

Pt = separación entre tubos (in)

Para el cálculo se pueden hacer las siguientes simplificaciones :

$$C' = \pi (OTL) \quad (in) \quad (2.74)$$

$$A = \frac{\pi}{4} (OTL)^2 \quad (in^2) \quad (2.75)$$

donde el OTL es el diámetro promedio de los tubos extremos del haz de tubos.

DISEÑO DE TAPAS PLANAS *

Para poder determinar el espesor mínimo requerido de una tapa plana, se debe haber diseñado primero la brida de la cual debe ir fijada dicha tapa.

Del diseño de la brida se requiere la siguiente información :

N = ancho del empaque (Ec 2)

b = ancho equivalente de empaque (Ec 2)

M = Factor de empaque

G = diámetro medio de empaque (Ec 2)

* Se determinan las siguientes cantidades :

$$H_p = 2b\pi g m P \quad (2.)$$

$$H = \frac{G^2 \pi P}{4} \quad (2.)$$

$$Wm_1 = Hp + H \quad (2.)$$

$$hG = 1/2 (C - G) \quad (2.)$$

En base a estas cantidades se determina el espesor mínimo requerido con las siguientes ecuaciones:

$$t_{PI} = G \sqrt{\frac{0.3 P}{SF} + \frac{1.78 hG Wm_1}{SF (G)^3}} + C \quad (\text{in}) \quad (2.76)$$

$$t_{P2} = G \sqrt{\frac{0.3 P}{SFA} + \frac{1.78 hG Wm_1}{SFA (G)^3}} + C \quad (\text{in}) \quad (2.77)$$

El espesor de la tapa plana que dada por el valor mayor de t_p , y t_{p2}

CALCULO DE LA BRIDA DEL CABEZAL FLOTANTE ~ 0

Para el diseño de la brida del cabezal flotante, se siguen los pasos del diseño de bridas normales, hasta determinar el diámetro y número de tornillos.

Los siguientes pasos que se presentan siguen la misma metodología del diseño de brida, pero en este caso se deben considerar que se presentan momentos debidos a la presión interna igual que en la presión externa y además, debido a la reacción de empaque, se presenta otro momento.

1) Determinación de los factores X y Z

$$X = 0.25 \text{ in} = 1/4'' \quad \text{cuando} \quad D_s \leq 14''$$

$$X = 0.3125 \text{ in} = 5/16'' \quad \text{cuando} \quad 14'' < D_s < 16''$$

$$X = 0.3757 \text{ in} = 3/8'' \quad \text{cuando} \quad 16'' < D_s < 20''$$

$$X = 0.46875 \text{ in} = 15/32'' \quad \text{cuando} \quad D_s \geq 20''$$

$$Z = 0.0625 \text{ in} = 1/16'' \quad \text{cuando} \quad D_s < 20''$$

$$Z = 0.1250 \text{ in} = 1/8'' \quad \text{cuando} \quad D_s \geq 20''$$

2) Cálculo de los diámetros de la brida:

2.1) Diámetro externo del espejo (TSOD)

$$TSOD = Dis - 2 (Z) \quad (\text{In}) \quad (2.78)$$

2.2) Diámetro interno de la brida (B)

$$B = Dig - 2 (X + 0.0625) \quad (\text{in}) \quad (2.79)$$

2.3) Diámetro del círculo de barrenos (BC)

$$BC = Dog + 0.25 + a \quad (\text{in}) \quad (2.80)$$

2.4) Diámetro externo de la brida (A)

$$A = BC + 2 (E + 0.25) \quad (\text{in}) \quad (2.81)$$

3) Cálculo del ángulo

El ángulo β es el que se forma por la tangente de la tapa del cabezal flotante con la vertical y se calcula de la siguiente manera:

3.1) Cálculo del espesor de la tapa del cabezal flotante, tomando como radio de curvatura de la tapa el diámetro nominal del intercambiador.

a) Por presión interna (se trabaja con la presión de diseño lado tubos)

$$t \text{ in} = \frac{Pt \cdot L}{2 \cdot S \cdot E - 0.2 Pt} + 2 C \quad (\text{in}) \quad (2.82)$$

donde : t in = espesor de la tapa del cabezal flotante calculado por presión interna (in)

L = radio de curvatura y es igual al diámetro nominal del intercambiador (in)

S = esfuerzo máximo permisible del material de la tapa (LB / in²)

- b) Por presión externa (se trabaja con la presión de diseño lado cuerpo)

$$t_{EX} = \frac{5 \text{ PS L}}{6 \text{ S}} + 2 \text{ C} \quad (2.83)$$

El espesor nominal de la tapa del cabezal flotante (t FCH)

queda dado por el valor mayor de t_{in} y T_{EX}

3.2) Cálculo del ángulo

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \cos^{-1} \left[\frac{B/2}{L + 0.5 t \text{ FCH}} \right] \quad (\text{RAD}) \quad (2.84)$$

- 4) ~~4~~ Cálculo de los momentos que se presentan en la brida debido a presión interna :

- a) Cargas :

$$HD = \frac{\pi B^2 P t}{4} \quad (\text{LB}) \quad (2.85)$$

$$HG = W \frac{G^2 \pi P}{4} \quad (\text{LB}) \quad (2.86)$$

$$HT = \frac{G^2 \pi P}{4} = HD \quad (\text{LB}) \quad (2.87)$$

$$HR = HD \text{ COT} () \quad (\text{LB}) \quad (2.88)$$

- b) Brazos de palanca :

$$hD = 0.5 (BC - B) \quad (\text{in}) \quad (2.89)$$

$$hG = 0.5 (C - G) \quad (\text{in}) \quad (2.90)$$

$$hT = 0.5 (hD - hG) \quad (\text{in}) \quad (2.91)$$

$$hR = \frac{t}{2} - 1 - \frac{t \text{ FCH}}{2} \quad (\text{in}) \quad (2.92)$$

Para el cálculo de hR se estima en este paso el valor de t

que es el espesor de la brida. Este valor se verifica al final

del cálculo.

c) Momentos :

$$MD = HD \cdot hD \quad (LB \text{ in}) \quad (2.93)$$

$$MG = HG \cdot hG \quad (LB \text{ in}) \quad (2.94)$$

$$MT = HT \cdot hT \quad (LB \text{ in}) \quad (2.95)$$

$$MR = -(HR \cdot hr) \quad (LB \text{ in}) \quad (2.96)$$

$$MO_1 = MD + MG + MT + MR \quad (LB \text{ in}) \quad (2.97)$$

5) Cálculo de los momentos que aparecen en la brida, debido a la presión externa a la que está sujeta la brida.

a) Cargas :

$$HD' = \frac{\pi B^2 PS}{4} \quad (LB) \quad (2.98)$$

$$HT' = \frac{\pi G^2 PS}{4} - HD \quad (LB) \quad (2.99)$$

$$HR' = HD \cot(\quad) \quad (LB) \quad (2.100)$$

b) Brazos de palanca :

$$hD' = 0.5 (G - B) \quad (in) \quad (2.101)$$

$$hT' = 0.5 (hD) \quad (in) \quad (2.102)$$

$$hR' = hR \quad (in) \quad (2.103)$$

c) Momentos :

$$MD' = -(HD' \cdot hD') \quad (LB \text{ in}) \quad (2.104)$$

$$MT' = -(HT' \cdot hT') \quad (LB \text{ in}) \quad (2.105)$$

$$MR' = HR' \cdot hR' \quad (LB \text{ in}) \quad (2.106)$$

$$MO_2 = MD + MT + MR \quad (LB \text{ in}) \quad (2.107)$$

6) Momento que se origina debido al sello de empaque ,

a) Carga :

$$HG'' = W \quad (LB) \quad (2.108)$$

b) Brazo de palanca

$$hG'' = 0.5 (C - G) \quad (LB) \quad (2.109)$$

c) Momento :

$$MO_3 = HG'' \cdot hG'' \quad (LB \text{ in }) \quad (2.110)$$

7) Cálculo del espesor de brida

$$7.1) MO = \text{Valor mayor de } (MO_1; MO_2, MO_3) \quad (2.111)$$

$$7.2) M = \frac{MO}{B} \quad (LB) \quad (2.112)$$

$$7.3) J = \frac{M}{SF} \frac{A + B}{A - B} \quad (\text{in}^2) \quad (2.113)$$

$$7.4) F = \frac{PmB \sqrt{4L^2 - B^2}}{8 SF (A - B)} \quad (\text{in}) \quad (2.114)$$

7.5) Cálculo del espesor de brida

$$t = F (1 + \sqrt{1 + J / F^2}) \quad (\text{in}) \quad (2.115)$$

En el caso que el valor del espesor de la brida estimada en el paso (4. b) difiera del valor calculado, se regresa al cálculo de hR entrando con el valor de t calculado en el paso 7.5.

EJEMPLO NUMERICO DE UN DISEÑO MECANICO

En esta parte se presenta como ilustración de los métodos de diseño mecánico, todos los cálculos que se necesitan llevar a cabo para diseñar mecánicamente, un intercambiador de calor.

Tomamos para este ejemplo el precalentador de crudo desalado que fue diseñado térmicamente en el capítulo anterior y además tomamos como base los resultados que se obtuvieron para el método de Bell.

Para poder llevar a cabo el diseño mecánico, se necesita de la siguiente información:

Presión de diseño lado tubos =	325 Psig
Presión de diseño lado cuerpo =	225 Psig
Temperatura de diseño lado tubos =	540° F
Temperatura de diseño lado cuerpo =	600° F
Tolerancia de corrosión =	1/8" (debido a que se trata TEMA R)

Datos Técnicos del Intercambiador :

Díametro del intercambiador (interno) =	45 "
Número de tubos =	836 tubos
Número de pasos lado cuerpo =	1
Número de pasos lado tubos =	4
Díametro nominal de la boquilla de entrada L.C. =	12 "
Díametro nominal de la boquilla de salida L.C. =	12 "

Diámetro nominal de la boquilla de
 entrada L. T. = 10 "

Diámetro nominal de la boquilla de
 salida L. T. = 10 "

Tipo de mamparas transversales = segmentadas 20 %

Separación entre mamparas = 16 "

Tipo de intercambiador, según TEMA = AES

Eficiencia de soldadura = 85 %

Materiales que se utilizarán con sus esfuerzos máximos permisibles, según el código ASME, Secc. VIII.

T u b o s

✓ Cuerpo	A-515-70	S = 17500 Psi
Canales	A-515-70	S = 17500 Psi
Cubierta del cuerpo	A-515-70	S = 17500 Psi
Cubierta del canal	A-515-70	S = 17500 Psi
Espejos	A-515-70	S = 17500 Psi
Cubierta cabezal flotante	A-515-70	S = 17500 Psi
Bridas del cuerpo	A-105	S = 17500 Psi
Brida cabezal flotante	A-105	S = 17500 Psi
Anillo dividido	A-105	
Tornillería	A-193-B7	S = 18700 Psi
Empaques =	Metal plano enchaquetado con asbesto	

1) Cálculo del espesor del cuerpo :

$$t = \frac{P (D/2)}{SE - 0.6 \times P} + C = \frac{225 (45/2)}{17500 (0.85) - 0.6 \times 225} + 0.125$$

Por tema el espesor mínimo para intercambiador de 45" es 1/2"

Espesor Cuerpo = 1/2"

2) Cálculo del espesor de canales

$$t = \frac{P (D/2)}{SE - 0.6 P} + C = \frac{325 (45/2)}{(0.85) 17500 - 0.6 \times 325} + 0.125$$

$$t = 0.6231 \text{ in}$$

Como el espesor calculado para los canales es mayor al espesor mínimo por TEMA, se utiliza este espesor, únicamente llevándolo al espesor nominal inmediato superior.

$$t = 0.6231 \text{ in} \rightarrow 5/8'' = 0.625 \text{ in}$$

Espesor de canal = 5/8"

3) Cálculo de la brida cabezal flotante

Presión de diseño lado tubos = 325 Psig

Presión de diseño lado cuerpo = 225 Psig

Temperatura de diseño = 600 ° F

Material brida = A-105 S = 17500 Psi a 600° F

S = 17500 Psi a 80° F

Material tornillos = A-193-B7 S = 18700 Psi a 600° F

S = 18700 Psi a 80° F

Material empaque : Metal plano con asbest o enchaquetado

$$Y = 7600$$

$$M = 3.75$$

3.1) Cálculo de la relación de diámetros de empaque :

$$\frac{\text{Dog}}{\text{Dig}} = \sqrt{\frac{Y - P \cdot M}{Y - P (M+1)}} = \sqrt{\frac{7600 - 3.75 \cdot 325}{7600 - 325 (4.75)}} = 1.0265$$

3.2) Cálculo del diámetro externo del espejo :

$$T_s \text{ O.D.} = D_i - 2 (Z) = 45 - 2 (0.125) = 44.75 \text{ in}$$

$$T_s \text{ O.D.} = 44 \frac{3}{4}''$$

3.3) Cálculo de los diámetros interno y externo de empaque y ancho del mismo.

$$\text{Dog} = T_s \text{ O.D.} = 44.75 \text{ in}$$

$$\text{Dig} = \frac{44.75}{1.0265} = 43.5955 \text{ in } \approx 43 \frac{5}{8}''$$

$$\text{Dog} = 44 \frac{3}{4}''$$

$$\text{Dig} = 43 \frac{5}{8}''$$

$$N = \frac{44.75 - 43.625}{2} = 0.5625 \text{ in} = \frac{9}{16}''$$

Diámetro de asentamiento de empaque :

$$G = \text{Dig} + N = 43.625 + 0.5625 = 44.1875 \text{ in}$$

$$G = 44 \frac{3}{16}''$$

$$b_o = \frac{(1/8 + 3 N)}{8} = \frac{(0.125 + 3 (0.5625))}{8} = 0.2266$$

$$\text{Si } b_o \leq 0.25 \quad \underline{b = b_o = 0.2266}$$

3.4) Cargas que proporcionan los tornillos :

$$Wm_2 = b \pi G Y = 239029. \text{ LB}$$

$$H_p = 2 b \pi G m P = 2 (0.2266) 44.1875 \cdot 3.75 \cdot 325 \pi = 76675 \text{ LB}$$

$$H = G^2 \pi P / 4 = (44.1875)^2 \pi \cdot 325 / 4 = 498393 \text{ LB}$$

$$Wm_1 = H_p + H = 575068 \text{ LB}$$

$$A_m = \text{Mayor de } (W_{m_1}, W_{m_2}) / S_b$$

$$A_m = \frac{575068 \text{ LB}}{18700 \text{ LB/in}^2} = 30.7523 \text{ in}^2$$

Para diámetro de 45 " se utilizan 48 tornillos

$$\text{Área cuadrática} = \frac{30.7523}{48} = 0.6407 \text{ in}^2$$

De la Tabla No. (16) se busca el diámetro de tornillo que tenga una área cuadrática cercana a la calculada:

$$\text{Área cuadrática} = 0.693 \text{ in}^2 \text{ equivale un diámetro de tornillo de 1"}$$

Para este diámetro de tornillos tenemos los siguientes valores :

$$\text{Distancia radial : } R = 1 \frac{1}{2} \text{ "}$$

$$\text{Distancia al borde : } E = 1 \frac{1}{8} \text{ "}$$

$$A_b = N_B (\text{área cuad.}) = 48 (0.693) = 33.2640$$

$$W = 1/2 (A_b + A_m) S_b = 1/2 (33.2640 + 30.7523) 18700$$

$$W = 598552.4 \text{ LB}$$

3.5) Calcular el ancho mínimo requerido de empaque :

$$N_{\min} = \frac{A_b S_{B A T}}{2 Y m G} = \frac{(33.2640) (18700)}{2 (7600) (3.75) (44.1875)} = 0.2470 \text{ in}$$

Como $N_{\min} < L_N$; el ancho de empaque es suficiente para tener una unión hermética.

3.6) Cálculo de la tapa del cabezal flotante :

a) Presión externa :

$$t = \frac{5 P L}{6 S} + 2 C = \frac{5 \cdot 225 \cdot 45}{6 \cdot 17500} + 2 \cdot (0.125) = 0.7321 \text{ in}$$

$$T = 3/4 \text{ "}$$

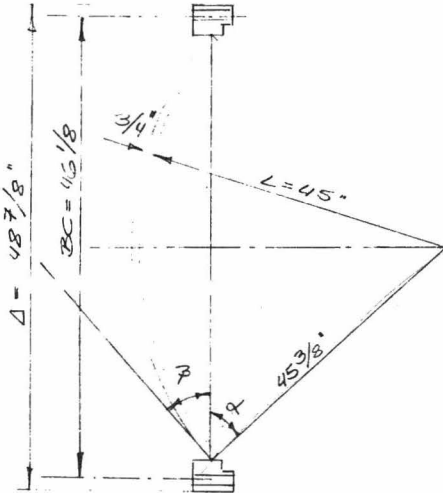
b) Presión interna :

$$t = \frac{PL}{2SE - 0.2P} + 2C = \frac{325 \cdot 45}{2 \cdot 17500 \cdot 0.85 - 0.2 \cdot 325} + 0.25 = 7427$$

$$t = 3/4''$$

Espesor nominal tapa torisférica del cabezal flotante = 3/4''

3.7) Cálculo del ángulo



$$B = \text{Dig} - 2^{\times} = 43.625 - 2(15/32)$$

$$B = 42.6875 \text{ in} = 42 \text{ } 11/16''$$

$$BC = \overset{\text{DOG}}{TSOD} + 2(1/32 + 1/16) + D_B + 1/16$$

$$BC = 44.75 + 2(1/32 + 1/16) + 1.125 + 1/16$$

$$BC = 46.125 \text{ in} = 46 \text{ } 1/8''$$

$$A = BC + 2E + 2(1/4)$$

$$A = 46.125 + 2(1.125) + 2(0.25)$$

$$A = 48.8750 \text{ in} = 48 \text{ } 7/8''$$

$$\cos \alpha = \frac{(42.6875/2)}{45.375} = 0.4704$$

$$\alpha = 61.9407^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha = 90 - 61.9407 = 28.0593^\circ$$

$$= 28.0593^\circ = 0.4897 \text{ RAD}$$

3.8) Cálculo de los momentos que aparecen en la brida, debido a la presión interna :

a) Cargas

$$H_D = \pi B^2 P/4 = \pi (42.6875)^2 \cdot 325 / 4 = 465130 \text{ LB}$$

$$H_G = W - H = 598552 - 498393 = 100159 \text{ LB}$$

$$H_T = H - H_D = 498393 - 465130 = 33263 \text{ LB}$$

$$H_R = H_D \cdot \text{COT}(\beta) = 465130 (\text{COT}(0.4897)) = 872603 \text{ LB}$$

b) Brazos de palanca :

$$h_D = 0.5 \cdot (BC - B) = 0.5 (46.125 - 42.6875) = 1.7188 \text{ in}$$

$$h_G = 0.5 \cdot (BC - G) = 0.5 (46.125 - 44.1875) = 0.9688 \text{ in}$$

$$h_T = 0.5 \cdot (h_D + h_G) = 0.5 (1.7188 + 0.9688) = 1.3438 \text{ in}$$

$$h_R = T/2 - 1 - t/2 = 2.250 - 1 - 0.75 / 2 = 0.8750 \text{ in}$$

c) Momentos :

$$M_D = H_D \cdot h_D = 465130 \cdot 1.7188 = 799465 \text{ LB in}$$

$$M_G = H_G \cdot h_G = 100159 \cdot 0.9688 = 97034 \text{ LB in}$$

$$M_T = H_T \cdot h_T = 33263 \cdot 1.3438 = 44698 \text{ LB in}$$

$$M_R = H_R \cdot h_R = 872603 \cdot 0.8750 = 763527 \text{ LB in}$$

$$M_{O_1} = M_D + M_T + M_R = 177671 \text{ LB in}$$

$$\underline{M_{O_1} = 177671 \text{ LB in}}$$

3.9) Cálculo del momento que aparece, debido al sello del empaque :

a) Carga :

$$H_G = W = 598552 \text{ LB}$$

b) Brazo de palanca :

$$h_G = 0.5 (BC - G) = 0.5 (46.125 - 44.1875) = 0.9688 \text{ in}$$

c) Momento :

$$M_G = H_G \cdot h_G = 598552 \cdot 0.9688 = 579878 \text{ LB in}$$

$$\underline{M_{O_2} = 579878 \text{ LB in}}$$

3.10) Momentos que aparecen en la brida, debido a la presión externa :

a) Cargas

$$H_D = \pi B^2 P/4 = \pi (42.6875)^2 \cdot 225/4 = 322013 \text{ LB}$$

$$HT = \pi G^2 P/4 \approx HD = \pi (44.1875)^2 225/4 - 322013 = 23028 \text{ LB}$$

$$HR = HD \cdot (\text{COT } (\beta)) = 322013 \text{ COT } (28.0593) = 604110 \text{ LB}$$

b) Brazos de palanca :

$$hD = 0.5 \cdot (G - B) = 0.5 \cdot (44.1875 - 42.6875) = 0.750 \text{ in}$$

$$hT = 0.5 \cdot (hD) = 0.5 \cdot (0.750) = 0.375 \text{ in}$$

$$hR = T/2 - 1 - t/2 = 2.250 - 1 - 0.75 / 2 = 0.875 \text{ in}$$

c) Momentos :

$$MD = HD \cdot hD = 322013 \cdot 0.750 = 241510 \text{ LB in}$$

$$MT = HT \cdot hT = 23028 \cdot 0.375 = 8636 \text{ LB in}$$

$$MR = HR \cdot hR = 604110 \cdot 0.875 = 528596 \text{ LB in}$$

$$MO_3 = MD + MT + MR = 278451 \text{ LB in}$$

$$\underline{MO_3 = 278451 \text{ LB} \cdot \text{in}}$$

3.11) Momento máximo que aparece en la brida :

$$\underline{MO = 578878 \text{ LB in}}$$

3.12) Cálculo del espesor de la brida :

$$M = \frac{MO}{B} = \frac{578878}{42.6875} = 13561 \text{ LB}$$

$$j = \frac{M}{S} \left[\frac{A+B}{A+B} \right] = \frac{13561}{17500} \cdot \frac{48.875 + 42.6875}{48.875 - 42.6875}$$

$$j = 11.4670 \text{ in}^2$$

$$F = \frac{PB \sqrt{46^2 - B^2}}{8S(A-B)} = \frac{(325) \cdot (42.6875) \sqrt{4(45)^2 - (42.6875)^2}}{8 \cdot 17500 \cdot (48.875 - 42.6875)}$$

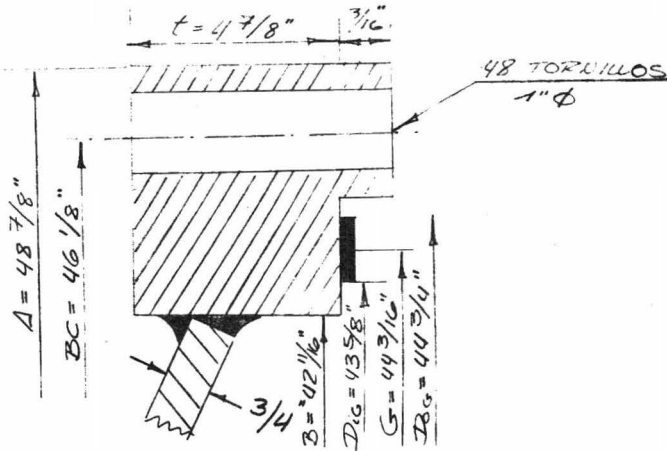
$$F = 1.2689 \text{ in}$$

$$T = F \left(1 + \sqrt{1 + \frac{j}{F^2}} \right) = 1.2689 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{11.4670}{(1.2689)^2}} \right)$$

$$T = 4.8852 \text{ in}$$

$$\underline{\text{Espesor de la brida} = 4 \frac{7}{8} \text{ in} = 4.8750 \text{ in}}$$

3.13) Croquis del cabezal flotante :



4) Cálculo de la brida de cara angosta

4.1) Diámetro interno canal lado cabezal flotante :

Diámetro externo brida cabezal flotante = A = 48.875 "

Diámetro interno canal : $D_c = 48.875 + 2 (0.125)$

$$D_c = 49.125 \text{ in} = 49 \frac{1}{8} "$$

4.2) Cálculo del espesor del canal :

$$t_c = \frac{P (D_c/2)}{E S_c - 0.6 P} + C = \frac{225 (49.125/2)}{(0.85) 17500 - 0.6 225} + 0.125 = 0.4999$$

$$t_c = 0.50 \text{ in} = 1/2 "$$

4.3) Cálculo de las dimensiones de empaque

Material = metal plano con asbesto enchaquetado

$$Y = 7600$$

$$M = 3.75$$

Presión de diseño = 225 Psi

Temperatura de diseño = 600 ° F

$$\frac{D_{og}}{D_{ig}} = \sqrt{\frac{7600 - 3.75 225}{7600 - 4.75 225}} = 1.0171$$

$$\text{Dig} = \text{DC} + 2 () = 49.125 + 2 (0.75) = 50.625 \text{ in}$$

$$\text{Dog} = (1.0171) (50.125) = 51.4907 = 51.50 \text{ in}$$

$$\underline{\text{Dig} = 50.625 = 50 \frac{5}{8} \text{ " ; Dog} = 51.50 \text{ in} = 51 \frac{1}{2} \text{ "}}$$

Ancho del empaque :

$$N = \frac{\text{Dog} - \text{Dig}}{2} = 0.4375 \text{ in} = 7/16 \text{ "}$$

Díametro de asentamiento de empaque :

$$G = \text{Dig} + N = 50.625 + 0.4375 = 51.0625 = 51 \frac{1}{16} \text{ "}$$

$$\underline{G = 51.0625 \text{ in} = 51 \frac{1}{16} \text{ "}}$$

$$b_o = \frac{(0.125 + 3 N)}{8} = \frac{(0.125 + 3 \cdot 0.4375)}{8} = 0.1797$$

$$\text{Si } b_o \leq 0.25 \quad \underline{b = b_o = 0.1797}$$

4.4) Cargas que proporcionan los tornillos :

$$Wm_2 = b \pi \cdot G \cdot Y = 0.1797 \cdot \pi \cdot 51.0625 \cdot 7600 = \underline{219070 \text{ LB}}$$

$$HP = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot M \cdot P = 2 \cdot \pi \cdot 0.1797 \cdot 51.0625 \cdot 3.75 \cdot 225 = 48646 \text{ LB}$$

$$H = G^2 \pi P / 4 = (51.0625)^2 \cdot \pi \cdot 225 / 4 = 460762 \text{ LB}$$

$$Wm_1 = HP + H = \underline{509408 \text{ LB}}$$

$$Am = \frac{Wm_1}{S_b} = \frac{509408}{18700} = \underline{27.2410 \text{ in}^2}$$

Se fija el número de tornillos : $N = 64$

$$\text{Area cuadrática mínima} = \frac{Am}{N} = \frac{27.2410}{64} = 0.4256 \text{ in}^2$$

De la Tabla No. encontramos en base al área cuadrática mínima, que se necesitan tornillos de 1 " de diámetro con un área cuadrática de 0.551 in^2 .

$$Ab = 64 \cdot 0.551 = 35.2640 \text{ in}^2$$

$$W = 1/2 (Am + Ab) S_b = 1/2 (27.241 + 35.264) 18700 = \underline{584422 \text{ LB}}$$

4.5) Cálculo del ancho mínimo de empaque requerido :

$$N_{\min} = \frac{A_b S_a}{2 Y T G} = \frac{35.2640 \cdot 18700}{2 T \cdot 7600 \cdot 51.0625} = 0.2704 \text{ in}$$

Como $N_{\min} \ll N$, el ancho de empaque calculado en el paso 4.3 es suficiente.

4.6) Cálculo de los diámetros de la brida.

- a) Diámetro interno de la brida : $= D_c = 49.125 \text{ in}$
- b) Espesor menor del barril (HUB) : $g_o = t_c = 0.50 \text{ in}$
- c) Espesor mayor del barril (HUB) : $g, = 2 \cdot g_o = 1.0 \text{ in}$
- d) Distancia radial de tabla No. : $R = 1.375 \text{ in}$
- e) Distancia al extremo de la brida : $E = 1.0625 \text{ in}$
- f) Diámetro del círculo de barrenos : $B C = 53.875 \text{ in}$
- g) Diámetro externo de la brida : $A = 56.0 \text{ in}$

4.7) Cálculo de los momentos que aparecen en la brida :

a) Cargas :

$$H D = \pi B^2 P / 4 = \pi \cdot (49.125)^2 \cdot 225 / 4 = 426459 \text{ LB}$$

$$H G = H P = 48646 = 48646 \text{ LB}$$

$$H T = H - H D = 460762 - 426459 = 34303 \text{ LB}$$

$$H'G = W = 584422 \text{ LB}$$

b) Brazos de palanca

$$h D = R + 0.5 g = 1.375 + 0.5 \cdot 1.0 = 1.8750 \text{ in}$$

$$h G = 0.5 (B C - G) = 0.5 (53.875 - 51.0625) = 1.4063 \text{ in}$$

$$h T = 0.5 (R + g + h G) = 0.5 (1.375 + 1.0 + 1.875) = 2.1250 \text{ in}$$

$$h'G = 0.5 (B C - G) = 0.5 (53.875 - 51.0625) = 1.4063 \text{ in}$$

c) Momentos :

$$M D = H D \cdot h D = 426459 \cdot 1.875 = 799611 \text{ LB in}$$

$$MG = HG \cdot hc = 48646 \cdot 1.4063 = 68408$$

$$MT = HT \cdot hT = 34303 \cdot 2.1250 = 72893$$

$$MO_1 = MD + MG + MT = \underline{940912 \text{ LB in}}$$

$$MO_2 = HG \cdot hG = 584422 \cdot 1.4063 = \underline{821843 \text{ LB in}}$$

$$MO_1 = MO_1 / B = \frac{940912}{49.125} = \underline{19153 \text{ LB}}$$

$$MO_2 = MO_2 / B = \frac{821843}{49.125} = \underline{16730 \text{ LB}}$$

4.8) Cálculo de las constantes de forma :

$$K = \frac{A}{B} = \frac{56.0}{49.125} = 1.1399$$

$$T = \frac{K^2 (1 + 8.55246 \log K) - 1}{(1.04720 + 1.9448 K^2) (K - 1)} = 1.86$$

$$Z = \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} = 7.68$$

$$Y = \frac{1}{K - 1} \left[0.66845 + 5.71690 \frac{K^2 \log K}{K^2 - 1} \right] = 14.86$$

$$O = \frac{K^2 (1 + 8.55246 \log K) - 1}{1.36136 (K^2 - 1) (K - 1)} = 16.35$$

$$g_i / g_o = 2.0$$

$$h_o = \sqrt{g_o B} = \sqrt{49.125 \cdot 0.5} = 4.9561 \text{ in}$$

De Gráfica No.

$$\left. \begin{array}{l} g_i / g_o = 2.0 \\ f = 1.0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} h / h_o = 0.57 \\ h = (0.57) (4.9561) = 2.8250 \text{ in} \end{array}$$

$$F = 0.815$$

$$V = 0.215$$

$$e = \frac{F}{ho} = \frac{0.815}{4.9561} = 0.1644$$

$$d = \frac{U}{v} ho go^2 = \frac{16.35}{0.215} = 4.9561 \cdot (0.5)^2 = 94.2235$$

4.9) Cálculo de los factores de esfuerzo.

Estimamos un espesor de brida $t = 1.9375$ in

$$\alpha = te + 1 = 1.3185$$

$$\beta = 4/3 te + 1 = 1.4247$$

$$\gamma = \alpha/\tau = 0.7089$$

$$\delta = \frac{t^3}{d} = 0.0772$$

$$\lambda = \gamma + \delta = 0.7861$$

4.10) Cálculo de esfuerzos que se presentan en la brida :

$$SH = \frac{f \overline{MO}_i}{\lambda (g_i)^2} = \frac{1.0 \ 19153}{0.7861 (1.0)^2} = 24365.35 \text{ LB/in}^2$$

$$SR = \frac{\beta \overline{MO}_i}{\lambda t^2} = \frac{1.4247 \ 19153}{0.7861 (1.9375)^2} = 9247.25 \text{ LB/in}^2$$

$$ST = \frac{\overline{MQ} \cdot Y}{t^2} - ZSR = \frac{19153 \ 14.86}{(1.9375)^2} - (7.68) (9247.25) = 4799.08 \text{ LB/in}^2$$

$$S = \frac{SH + SR}{2} = \frac{24365.35 + 9247.25}{2} = 16806 \text{ LB/in}^2$$

Como se cumplen las siguientes condiciones :

$$SH \leq 1.5 S_f = 1.5 \ 17500 = 26250 \text{ Psi}$$

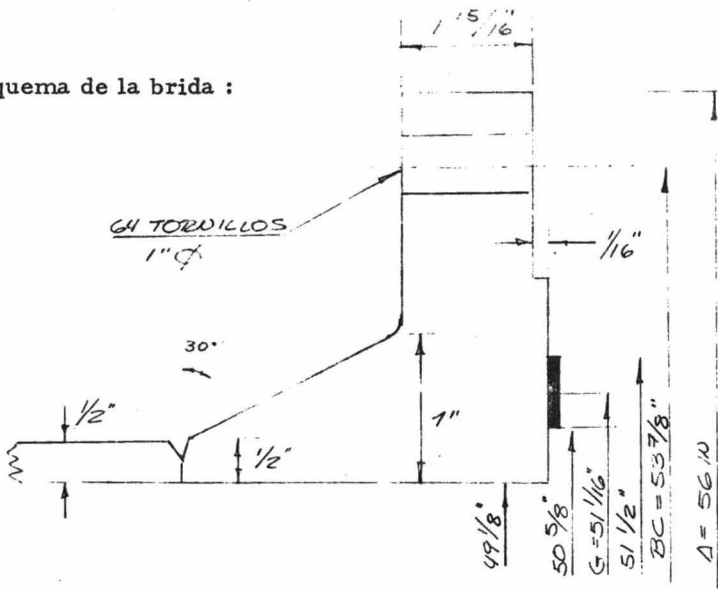
$$SR \leq S_f = 17500 \text{ Psi}$$

$$ST \leq S_f = 17500 \text{ Psi}$$

$$S \leq S_f = 17500 \text{ Psi}$$

El espesor estimado es suficiente para resistir los esfuerzos que aparecen.

4.11) Esquema de la brida :



5) Cálculo de la brida cara ancha

Del diseño de la brida de cara angosta quedan fijos los siguientes parámetros y dimensiones :

Díametro interno de empaque D_{ig}	=	50.625 in = 50 5/8 "
Díametro externo de empaque D_{og}	=	51.50 in = 51 1/2 "
Díametro medio de empaque G	=	51.0625 in = 51 1/16 "
Díametro del círculo de barrenos	=	53.875 in = 53 7/8 "
Díametro externo de la brida A	=	56.0 in = 50 "
No. de tornillos	NT =	64 tornillos
Díametro de tornillos	a =	1 "

5.1) El díametro interno de esta brida es el díametro interno del intercambiador:

$$= Dis = 45 "$$

5.2) Cálculo de los momentos que aparecen en esta brida :

a) Cargas :

Todas las cargas son las mismas a las calculadas en la brida de cara angosta, a excepción de HD, ya que esta carga es función del diámetro interno que en este diseño es diferente al del caso anterior.

$$HD = \pi B^2 P / 4 = \pi (45)^2 225 / 4 = 357847 \text{ LB}$$

$$HG = \quad \quad \quad = 48646 \text{ LB}$$

$$HT = \quad \quad \quad = 34303 \text{ LB}$$

$$HG = \quad \quad \quad = 584422 \text{ LB}$$

b) Brazos de palanca :

Todas las dimensiones son iguales a las del diseño anterior, por lo que los brazos de palanca no varían :

$$hD = 1.8750 \text{ in}$$

$$hG = 1.4063 \text{ in}$$

$$hT = 2.1250 \text{ in}$$

$$hG = 1.4063 \text{ in}$$

c) Momentos :

$$MD = HD \cdot hD = 357847 \cdot 1.8750 = 670963 \text{ LB in}$$

$$MG = HG \cdot hG = 48646 \cdot 1.4063 = 68408 \text{ LB in}$$

$$MT = HT \cdot hT = 34303 \cdot 2.1250 = 72893 \text{ LB in}$$

$$\underline{MO_1 = 812264 \text{ LB in}}$$

$$MO_2 = HG \cdot hG = 584422 \cdot 1.4063 = \underline{821873 \text{ LB in}}$$

$$\overline{MO}_1 = \frac{MO_1}{B} = \frac{18050 \text{ LB}}{B}$$

$$\overline{MO}_2 = \frac{MO_2}{B} = \frac{18264}{B} = \underline{1826.4 \text{ LB}}$$

5.3) Cálculo de las constantes de forma :

$$K = \frac{A}{B} = \frac{56.0}{45} = 1.2444$$

$$T = 1.82$$

$$Y = 9.02$$

$$Z = 4.65$$

$$U = 9.91$$

$$g_i/g_o = 2$$

$$h_o = \sqrt{g_o B} = \sqrt{45 \cdot 0.5} = 4.7437 \text{ in}$$

$$h/h_o = 0.57 \quad h = 4.7437 \cdot 0.57 = 2.7037 \text{ in}$$

$$F = 0.815 \quad V = 0.215$$

$$e = \frac{F}{h_o} = \frac{0.815}{4.7437} = 0.1718$$

$$d = \frac{U}{V} h_o g_o^2 = \frac{991}{0.215} = 4.7437 (0.5)^2 = 54.6629$$

5.4) Cálculo de los factores de esfuerzo

Estimamos un espesor de brida de 2 "

$$t = 2''$$

$$\alpha = te + 1 = 1.3436$$

$$\beta = 4/3 te + 1 = 1.4581$$

$$\gamma = \frac{\alpha}{T} = 0.7382$$

$$\delta = \frac{t^3}{d} = 0.1464$$

$$\lambda = \gamma + \delta = 0.8846$$



QUIMICA

6) Cálculo de las bridas de conexión entre cuerpo y canal :

Para este diseño se trabajan con las condiciones de diseño más críticas.

Presión de diseño = 325 Psi

Temperatura de diseño = 600° F

6.1) Cálculo de las dimensiones del empaque :

Relación de diámetros:

$$\frac{\text{Dog}}{\text{Dig}} = \sqrt{\frac{7600 - 375 \cdot 325}{7600 - 4.76 \cdot 325}} = 1.0265$$

$$\text{Dig} = \text{Dis} + 2 F = 45 + 2 (0.5) = 46 \text{ in}$$

$$\text{Dog} = \frac{\text{Dog}}{\text{Dig}} = \text{DIG} = (1.0265) 46 = 47.2190 \text{ in}$$

$$\text{Dog} = 47.25 \text{ in} = 47 \frac{1}{4}''$$

$$\underline{\text{Dig} = 46 \text{ in}} \quad \underline{\text{Dog} = 47.25 \text{ in}}$$

Ancho del Empaque:

$$N = \frac{\text{Dog} - \text{Dig}}{2} = \frac{47.25 - 46}{2} = 0.625 \text{ in} = 5/8''$$

Diámetro de asentamiento de empaque :

$$G = \text{Dig} + N = 46 + 0.625 = 46.625 \text{ in} = 46 \frac{5}{8}''$$

$$\underline{G = 46 \frac{5}{8}'' - 46.625 \text{ in}}$$

$$b_o = \frac{0.25 + 3 N}{8} = \frac{0.125 + 3 \cdot 0.625}{8} = 0.25$$

$$\text{Si } b_o \leq 0.25 \quad \underline{b = b_o = 0.25}$$

6.2) Cargas que proporcionan los tornillos :

$$Wm_2 = b \pi G Y = 0.25 \cdot \pi \cdot 46.625 \cdot 7600 = 278306 \text{ LB}$$

$$HP = 2 b \pi G m P = 2 \pi 0.25 46.625 3.75 325 = 89259 \text{ LB}$$

$$H = G^2 \pi P/4 = (46.625)^2 \pi 325 / 4 = 554895 \text{ LB}$$

$$Wm_1 = HP + H = 89259 + 554895 = 644154 \text{ LB}$$

$$Am = \frac{644154}{18700} = 34.45 \text{ in}^2$$

Se fija el número de tornillos = 60 tornillos

$$\text{Area cuadrática mínima} = \frac{Am}{NB} = \frac{34.45}{60} = 0.5741 \text{ in}^2$$

De la Tabla No. encontramos en base al área cuadrática mínima que se requieren tornillos de 1 1/8" de diámetro con una área cuadrática de 0.693 in².

$$Ab = 60 0.693 = 41.5800 \text{ in}^2$$

$$W = 1/2 (Ab + Am) Sb = 1/2 (41.58 + 34.4468) 18700$$

$$\underline{W = 710851 \text{ LB}}$$

6.3) Cálculo del ancho mínimo de empaque requerido.

$$N_{min} = \frac{Ab Sa}{2 Y \pi G 2 \pi 7600 46.625} = \frac{41.58 18700}{2 \pi 7600 46.625} = 0.3492 \text{ in}$$

Como Nmin LN el ancho de empaque calculado en el paso 6.1 es suficiente para proporcionar una unión hermética.

6.4) Cálculo de los diámetros de la brida:

- a) Diámetro interno de la brida : B = 45 in
- b) Espesor menor del barril (HUB) : go = 0.625 in
- c) Espesor mayor del barril (HUB) : g₁ = 2 (go) = 1.25 in
- d) Distancia radial (de Tabla No.) : R = 1.50 in
- e) Distancia al extremo de la brida : E = 1.125 in
- f) Diámetro del círculo de barrenos : BC = 50.50 in

g) Diámetro externo de la brida : $A = 52.75 \text{ in}$

6.5) Momentos que aparecen en la brida :

a) Cargas

$$HD = \pi B^2 P / 4 = \pi (45)^2 325 / 4 = 516890 \text{ LB}$$

$$HG = HP = 89259 = 89259 \text{ LB}$$

$$HT = H - HD = 554895 - 516890 = 38004 \text{ LB}$$

$$HG = W = 710851 \text{ LB}$$

b) Brazos de palanca :

$$hD = R + 0.5 g_0 = 1.5 + 0.625 = 2.125 \text{ in}$$

$$hG = 0.5 (BC - G) = 0.5 (50.5 - 46.625) = 1.9375 \text{ in}$$

$$hT = 0.5 (R + g_0 + hG) = 0.5 (1.5 + 1.25 + 1.9375) = 2.3438 \text{ in}$$

$$hc = 0.5 (BC - G) = 0.5 (50.5 - 46.625) = 1.9375 \text{ in}$$

c) Momentos

$$MD = HD hD = 516890 \cdot 2.125 = 1098391 \text{ LB in}$$

$$MG = HG hG = 89259 \cdot 1.9375 = 172930 \text{ LB in}$$

$$MT = HT hT = 38004 \cdot 2.3438 = 89072 \text{ LB in}$$

$$MO_1 = MD + MG + MT = \underline{1360393 \text{ LB in}}$$

$$MO_2 = HG hc = 710851 \cdot 1.9375 = \underline{1377274 \text{ LB in}}$$

$$\overline{MO_1} = \frac{MO_1}{B} = \frac{1360393}{45} = \underline{30231 \text{ LB}}$$

$$\overline{MO_2} = \frac{MO_2}{B} = \frac{1377274}{45} = \underline{30606 \text{ LB}}$$

6.6) Cálculo de las constantes de forma :

$$K = \frac{A}{B} = \frac{52.75}{45} = 1.1722$$

$$T = \frac{K^2 (1 + 8.55246 \log K) - 1}{(1.04720 + 1.9448 K^2)(K - 1)} = 1.85$$

$$Z = \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} = 6.35$$

$$M = \frac{K^2 (1 + 8.55246 \log K) - 1}{1.36136 (K^2 - 1)(K - 1)} = 13.53$$

$$Y = \frac{1}{K-1} \left[0.66845 + 5.71690 \frac{K^2 \log K}{K^2 - 1} \right] = 12.31$$

$$g_i/g_o = 2.0 \quad f = 1.0$$

$$h_o = \sqrt{B g_o} = \sqrt{(45) 0.625} = 5.3033$$

$$g_i/g_o = 2.0$$

$$h/h_o = 0.57 \quad h = 0.57 \cdot 5.3033 = 3.0229 \text{ in}$$

$$f = 1.0$$

$$F = 0.815 \quad V = 0.215$$

$$e = \frac{F}{h_o} = \frac{0.815}{5.3033} = 0.1537$$

$$d = \frac{U}{V} h_o g_o^2 = \frac{13.53}{0.215} (5.3033)(0.625)^2 = 130.3664$$

6.7) Cálculo de los factores de esfuerzo :

Se estima un valor para el espesor de la brida : $t = 2 \frac{1}{4}''$

$$\alpha = te + 1 = 1.3458$$

$$\beta = \frac{4}{3} te + 1 = 1.4611$$

$$\gamma = \frac{t}{T} = 0.7275$$

$$\delta = \frac{t^3}{d} = 0.0874$$

$$\lambda = \gamma + \delta = 0.8148$$

6.8) Cálculo de los esfuerzos que aparecen en la brida :

$$SH = \frac{f \overline{MO}_2}{\lambda (g_p)^2} = \frac{1.0 \ 30606}{0.8148 (1.25)^2} = 24039 \text{ LB / in}^2$$

$$SR = \frac{\beta \overline{MO}_2}{\lambda (t)^2} = \frac{1.4611 \ 30606}{0.8148 (2.25)^2} = 10840 \text{ LB / in}^2$$

$$ST = \frac{MY}{(t)^2} \approx SR = \frac{30606 \ 12.31}{(2.25)^2} = (6.35) 10840 = 5585 \text{ LB / in}^2$$

$$S = \frac{SH + SR}{2} = \frac{24039 + 10840}{2} = 17439 \text{ LB / in}^2$$

6.9) Como se cumplen las siguientes condiciones

$$SH \leq 1.5 S_f = 1.5 \ 17500 = 26250 \text{ LB / in}^2$$

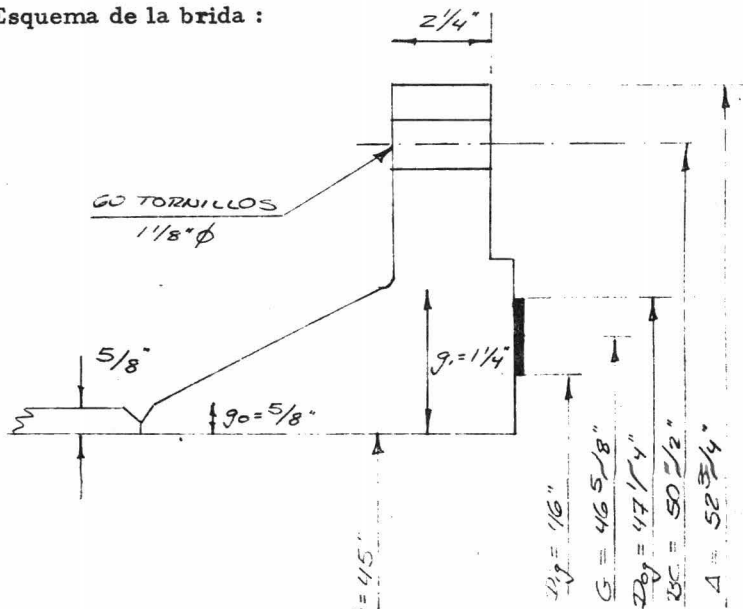
$$SR \leq S_f = 17500 \text{ LB / in}^2$$

$$ST \leq S_f = 17500 \text{ LB / in}^2$$

$$S \leq S_f = 17500 \text{ LB / in}^2$$

El espesor de brida ($t = 2 \ 1/4$ ") es suficiente para resistir los esfuerzos que se presentan.

6.10) Esquema de la brida :



7) Cálculo del espesor de la tapa plana :

Del diseño de la brida de conexión canal / cuerpo , quefan fijas las siguientes dimensiones :

Díametro externo de la tapa = díametro externo

De la brida = $52 \frac{3}{4}$ "

Díametro del círculo de barrenos = $BC = 50 \frac{1}{2}$ "

Díametro medio de empaque = $G = 46 \frac{5}{8}$ "

Ancho de empaque = $N = 5/8$ "

Número de tornillos = 60

Díametro de tornillos = $1 \frac{1}{8}$ "

Carga de sello de empaque = $W = 710851$ LB

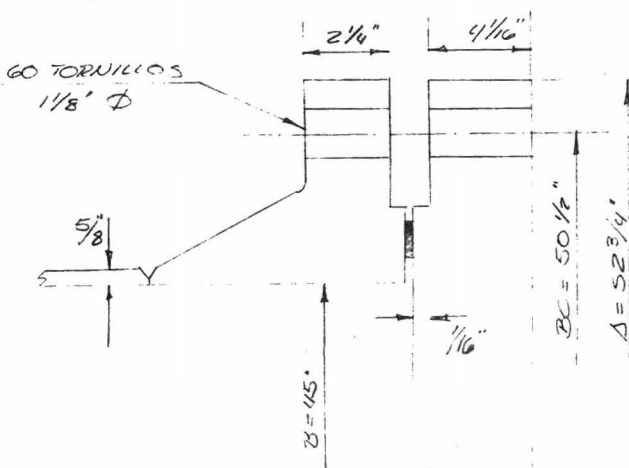
Brazo de palanca correspondiente = $hG = 1.9375$ in

$$t = G \sqrt{\frac{QP}{Sf} + \frac{1.78 WhG}{S (G)^3}} + C = 46625 \sqrt{\frac{0.3 \ 325}{17500} + \frac{1.78 \ 710851 \ 1.9375}{17500 (46.625)^3}}$$

$$+ 0.125 = 4.0130 \text{ in}$$

$$tT = 4 \frac{1}{16} \text{ " } = 4.0625 \text{ in}$$

7.2) Esquema de la tapa :



8) Diseño de los espejos :

El espesor de los espejos se calcula por pandeo y por esfuerzos cortantes que aparecen en el material, y se trabaja con el mayor espesor obtenido.

8.1) Cálculo del espesor de espejo por pandeo :

Del diseño de la brida de conexión canal/cuerpo, obtenemos el diámetro medio de empaque $G = 46 \frac{5}{8} "$.

Se diseña con la presión máxima de diseño $P = 325 \text{ LB} / \text{in}^2$

y con la temperatura máxima de diseño $T = 600^\circ \text{F}$.

En este caso los tubos están fijos de ambos lados por lo tanto $\gamma = 1.0$
Como se tienen 4 pasos por tubos, hay que agregar $3/16 "$ al espesor del espejo para la ranura, donde entra la placa de partición de flujo.

$$t_{EB} = \frac{\gamma G}{2} \sqrt{\frac{P}{SE}} + 2(C) + 3/16" = \frac{1.0 \cdot 46.625}{2} \sqrt{\frac{325}{17500}} + 0.25$$
$$+ 0.1875 = 3.6145 \text{ in} \quad \underline{3 \frac{5}{8} " = 3.625 \text{ in}}$$

8.2) Cálculo del espesor de espejo por esfuerzos cortantes :

El perímetro del extremo de la plantilla de tubos, es calculada aproximadamente con el diámetro externo del haz de tubos (OTL) :

$$C = (\text{OTL}) \pi =$$

El área encerrada por este perímetro es aproximada de la siguiente manera:

$$A = \frac{(\text{OTL})^2 \pi}{4} =$$

$$DL = \frac{4 A}{C} =$$

$$t_{ES} = \frac{0.31 DL}{(1 - d_o/Dt)} \frac{P}{S} + 2C + (3/16) =$$

- 8.3) Como el espesor calculado por pandeo es mayor, se trabaja con este espesor.

Espesor de los espejos =

- 9) Determinación del número y diámetro de espaciadores y tensores :

Para un diámetro de intercambiador de 45 in, se requieren como mínimo 8 espaciadores y tensores de 1/2 " de diámetro.

8 espaciadores de 1/2 " diámetro nominal ; cédula 40

8 tensores de 1/2 " diámetro real

- 10) Determinación del espesor de mamparas :

Para un diámetro de intercambiador de 45 in, un espaciamiento de mamparas de 16.0 in y un intercambiador tipo TEMA R.

Espesor de mamparas = 0.375 in = 3/8 "

- 11) Cálculo de refuerzo de boquillas .

Diámetro nominal boquillas cuerpo = 12 "

- 11.1) Cálculo de espesor mínimo requerido de boquilla.

$$t_{yn} = \frac{(12/2) \cdot 225}{0.85 \cdot 17500 - 0.6 \cdot 225} + 0.125 = 0.2166 \text{ in}$$

Este espesor correspondería a un tubo de 12 " diámetro nominal cédula 20.

Diámetro interno = 12.25 in = 12 1/4 "

Diámetro externo = 12.75 in = 12 3/4 "

11.2) Area de refuerzo requerida :

$$A = d \text{ tr} = (12.25 - 0.125) 0.4685 = 5.6806 \text{ in}^2$$

11.3) Area de refuerzo disponible :

$$A1 = (t - \overset{\text{Jema}}{\text{tr}}) d = (0.5 - 0.4685) (12.25 - 0.125) = 0.3819 \text{ in}^2$$

$$A2 = (t - \text{tr}) (t_n + t) = (0.5 - 0.4685) (0.25 + 0.5) = 0.0473 \text{ in}^2$$

$$A1 = 0.3819 \text{ in}^2$$

$$A2 = (t_n - \text{tr}_n) 5t = (0.25 - 0.2166) 5 \cdot 0.5 = 0.0835 \text{ in}^2$$

$$A2 = (t_n - \text{tr}_n) 5t_n = (0.25 - 0.2166) 5 \cdot 0.25 = 0.0418 \text{ in}^2$$

$$A2 = 0.0418 \text{ in}^2$$

A3 = 0 (ya que la boquilla no se proyecta al interior del cuerpo)

$$A4 = 2 \left(\frac{1}{2} (0.5)^2 \right) = 0.25 \text{ in}^2$$

$$\text{Area disponible} = A1 + A2 + A3 + A4 = 0.6737 \text{ in}^2$$

Como $A > ADIS$ se requiere refuerzo de la boquilla.

11.4) Diámetro interno del refuerzo = DiR = Don + 2 (1/16)

$$DiR = 12.75 + 0.125 = 12.875 \text{ in} = 12 \frac{7}{8} \text{ ''}$$

$$DOR = 20.3125 \text{ in} = 20 \frac{5}{16} \text{ ''}$$

$$\text{tr} = 0.75 \text{ in} = \frac{3}{4} \text{ ''}$$

$$A5 = 0.75 (20.3125 - 12.875) = 5.5781 \text{ in}^2$$

$$\text{Area disponible} = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 = 6.2518 \text{ in}^2$$

Como $A < ADIS$ se encuentra correctamente reforzada la boquilla.

11.5) Boquillas lado tubos :

Diámetro nominal boquillas E/S canal = 10 ''

$$\text{tr}_n = \frac{\left(\frac{10}{2} \right) \cdot 325}{0.85 \cdot 17500 - 0.6 \cdot 325} + 0.125 = 0.2357 \text{ in}$$

Este espesor corresponde a un tubo de diametro nominal 10 " cédula 30.

$$D_{\text{ diametro interno}} = 10.136 \text{ in}$$

$$D_{\text{ diametro externo}} = 10.75 \text{ in} = 10 \frac{3}{4} "$$

11.6) Area de refuerzo requerida.

$$A = d t r = (10.136 - 0.125) 0.6231 = 6.2379 \text{ in}^2$$

11.7) Area de refuerzo disponible .

$$A_1 = (t_n - t_{rn}) d = (0.625 - 0.6231) 10.136 - 0.125) - 0.0190 \text{ in}^2$$

$$A_{12} = (t_n - t_{rn}) (t_n + t)^2 = (0.307 - 0.2357) (0.307 + 0.625)^2 = .1329$$

$$A_1 = 0.1329 \text{ in}^2$$

$$A_{21} = (t_n - t_{rn}) 5 t = (0.307 - 0.2357) 5 \cdot 0.625 = 0.2228 \text{ in}^2$$

$$A_{23} = (t_n - t_{rn}) 5 t_n = (0.307 - 0.2357) 5 \cdot 0.307 = 0.1094 \text{ in}^2$$

$$A_2 = 0.1094 \text{ in}^2$$

$$A_3 = 0$$

$$A_4 = 2 (1/2 (0.625)^2) = 0.3906 \text{ in}^2$$

$$\text{Area disponible} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 0.6329 \text{ in}^2$$

Como $A > A_{DIS}$ se requiere refuerzo

11.8) Dimensiones de refuerzo :

$$D_{ir} = 10.75 + 2 (1/16) = 10.875 \text{ in} = 10 \frac{7}{8} "$$

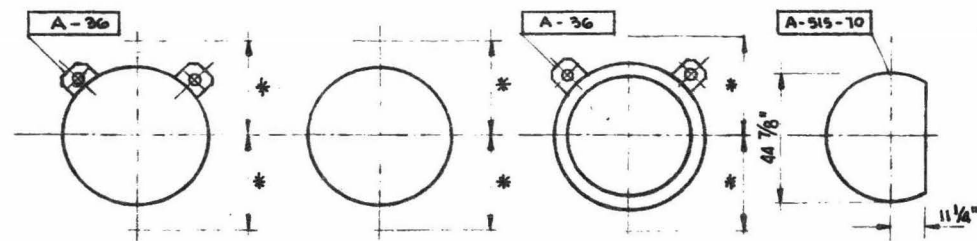
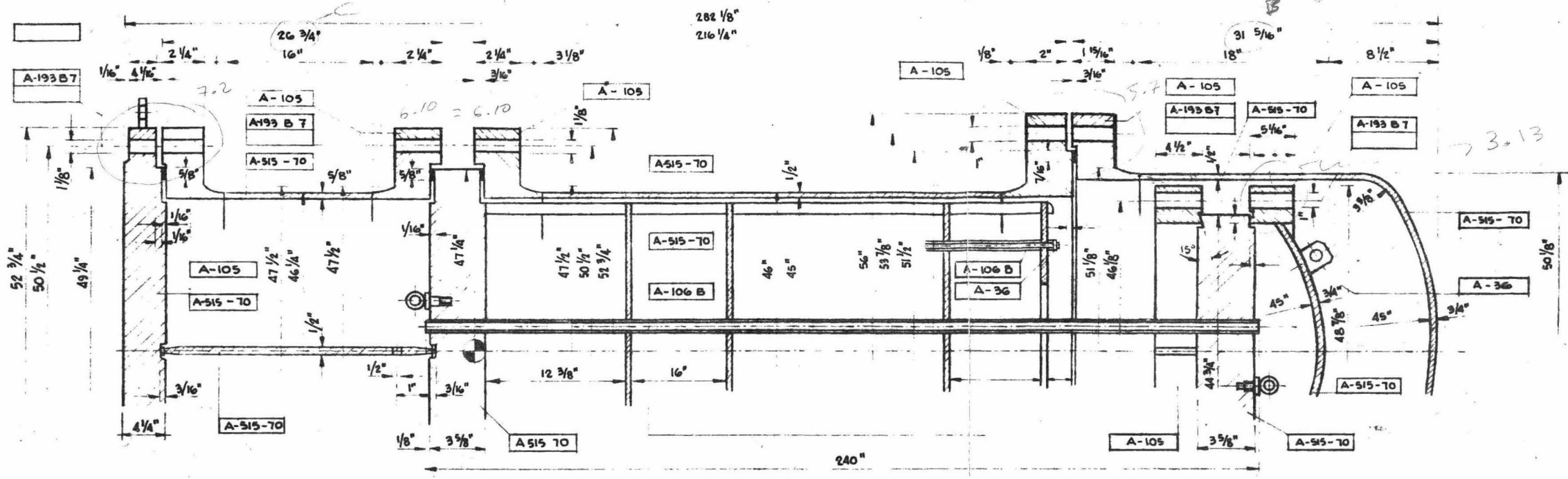
$$D_{or} = 18.875 \text{ in} = 18 \frac{7}{8} "$$

$$t_r = 0.75 \text{ in} = 3/4 "$$

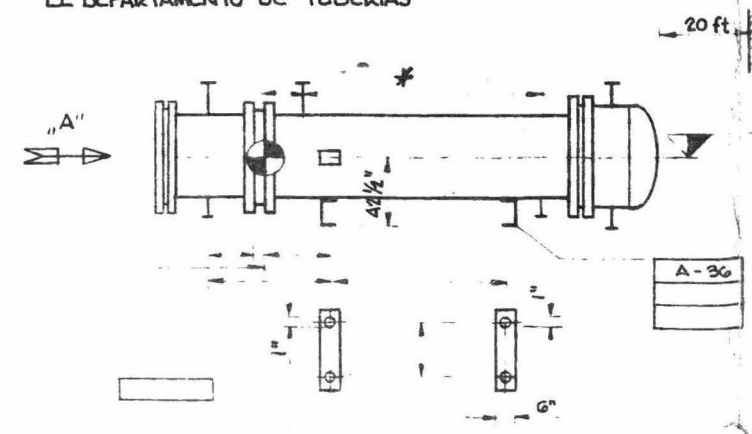
$$A_5 = (18.875 - 10.875) 0.75 = 6 \text{ in}^2$$

$$\text{Area disponible} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = 6.6329 \text{ in}^2$$

Como $A < A_{DIS}$, está correctamente reforzada esta boquilla.



* ESTAS DIMENSIONES LAS PROPORCIONA EL DEPARTAMENTO DE TUBERIAS



	CUERPO	TUBOS
PRESION DE DISEÑO (PSIG)	225	325
TEMPERATURA DE DISEÑO (°F)	600°	540°
PRESION DE PRUEBA (PSIG)	338	488
TOLERANCIA POR CORROSION	1/8"	1/8"
EFICIENCIA DE SOLDADURA	85°	85°
RADIOGRAFIADO	SPOT	SPOT
RELEVADO DE ESFUERZOS	NO	SI
CODGOS TEMA "R", ASME SECCION VII		

CONDICIONES DE DISEÑO

N°	BOQUILLA	Ø	SERIE	TIPO	BRIDA	TUBO
C2	CH. OUTLET	12"	450	R.F	A-105	
C1	CH. INLET	12"	450	R.F	A-105	
S2	SHELL OUTLET	12"	300	R.F	A-105	
S1	SHELL INLET	12"	300	R.F	A-105	
BRIDA						TUBO
						MATERIALES

LISTA DE BOQUILLAS

REV.	FECHA	DESCRIPCION
DIBUJO	FECHA	FIRMA
REVISO	FECHA	FIRMA
APROBO	FECHA	FIRMA
ESCALA		

DESCALTED CRUDE OIL
PREHEATER

FACULTAD DE QUIMICA

DIBUJO N°

CLIENTE

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL PROGRAMA

El programa objeto de esta tesis, del cual se hace referencia como HEATEX/DESIGN, proporciona el diseño completo de intercambiadores de calor que manejen fluidos que no sufran cambio de fase. HEATEX/DESIGN es un programa limitado en varios aspectos, pero su estructura basada en subrutinas permite implementario en un futuro. Un programa de esta naturaleza siempre será susceptible de ser mejorado, ya que el tema es muy vasto y no puede ser agotado en un primer intento. Además la gran inversión de horas-hombre que requiere la elaboración y depuración de un programa como éste, implica que una ampliación de HEATEX/DESIGN en este momento signifique salir del marco de una tesis. Las modificaciones que se hacen generalmente surgen del trabajo con un programa y deben ser maduras para poderse incorporar en forma adecuada. Existe la intención de hacer más completo este programa conforme se disponga de mejor información y mayor experiencia.

HEATEX/DESIGN trabaja con tubos lisos y puede diseñar intercambiadores de cabezal fijo, cabezal flotante y tubos en U. Los tipos de intercambiadores que pueden obtenerse por medio de este programa son los intercambiadores normados por el código T.E.M.A. tipo AEL, AFL, AEM, AFM, AES, AFS, AET, AFT, AEU, AFU, BEM, ■

BFM, BES, BFS, BET, BFT, CEN, CFN, CEU y CFU.

Un control permite al diseñador seleccionar el número - de pasos por cuerpo deseados: intercambiadores de calor con un solo paso por cuerpo, pero varios cuerpos en serie de ser necesario, in - tercambiadores de calor con dos pasos por cuerpo y las unidades en - serie requeridas para el servicio o ambas alternativas para seleccio - nar en función de los resultados. El número de pasos por tubos está limitado a 2,4,6 y 8 pasos. El diámetro de cuerpo máximo que pue - de manejar HEATEX/DESIGN es de 48 pulgadas. Esta limitación obede - ce a consideraciones prácticas de mantenimiento, ya que en la mayoría de los casos no se dispone de las facilidades necesarias para extraer - el haz de tubos si este es mayor. Si no coverge el coeficiente global o las caídas de presión son excesivas se divide el flujo por cuerpo y - por tubos en forma independiente siendo posible obtener arreglos de n unidades en paralelo por tubos y m unidades en paralelo por cuerpo; m y n pueden ser iguales o diferentes.

Es posible trabajar con tubos de 0.75 in y 1.0 in de diá - metro exterior colocados en arreglo triangular, cuadrado o cuadrado ro - tado. El calibre de los tubos está limitado a los calibres BWG 10, 12, 14, 16, 18 y 20. Si se especifica un calibre diferente o no se especi - fica calibre alguno, el programa selecciona automáticamente tubos cali - bre BWG 14.

HEATEX/DESIGN no determina con ecuaciones el número - total de tubos que pueden acomodarse en el cuerpo seleccionado, ya que

estas ecuaciones son sumamente imprecisas. El error va desde un 12% para diámetro de cuerpo pequeños hasta un mínimo de 0.5%.¹⁰ En 800 tubos esto significa una diferencia de 40 tubos equivalente a - 210 ft² para tubos de una pulgada de diámetro exterior y 20 ft de longitud. Estas ecuaciones se utilizan en el programa para determinar un diámetro provisional y ahorrar tiempo de procesador. Las tablas que se encuentran en la literatura^{1,9} son válidas únicamente para intercambiadores de calor tipo ES ya que consideran una tolerancia entre el límite exterior del haz de tubos y la pared del cuerpo correspondiente a intercambiadores de este tipo. Para intercambiadores de calor de cabezal fijo el diámetro de cuerpo seleccionado con estas tablas es excesivo. Las tablas que se encuentran en la referencia 5 sí toman en cuenta el tipo de intercambiador pero no consideran los tubos que se cancelan debido a la mampara longitudinal o la placa de impacto en caso de existir. Además dichas tablas están limitadas a ciertos diámetros de cuerpo, principalmente para unidades grandes donde se reportan datos, para cuerpos de 42, 45 y 48 pulgadas. HEATEX/DESIGN trabaja con una subrutina llamada TUBELA desarrollada especialmente para este programa. Esta subrutina coloca los tubos uno a uno dejando los espacios correspondientes a placas de partición, placa de impacto y mampara longitudinal. La distancia entre el haz de tubos y la pared interna del cuerpo se determina en función del tipo de intercambiador y del diámetro. Cada tubo se coloca a la distancia entre centros especificada y en el arreglo correspondiente. Si alguna parte

del tubo interfiere con las zonas restringidas este tubo se cancela y se procede a colocar el siguiente. Este sistema permite obtener un conteo muy preciso de tubos y simultáneamente se obtienen las coordenadas de cada uno, datos que pueden ser alimentados a una barrenadora digital para barrenar automáticamente los espejos.

Finalmente se corrige el número total de tubos considerando el número de tensores que a su vez se calculan en una subrutina independiente - llamada SPACER. Se hace tanto énfasis en el conteo de tubos, debido a que se vio que aún por métodos menos sofisticados como el de Kern se obtienen intercambiadores razonables si la plantilla del espejo se hace con precisión.

HEATEX/DESIGN trabaja con mamparas segmentadas cuyos cortes pueden ser de 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40%. La distancia máxima entre mamparas es igual al diámetro interno del cuerpo y la mínima es igual a $D_s/5$. Dependiendo del tipo de intercambiador se puede trabajar con selladores (sealing strips) o no. Para intercambiadores de cabezal flotante tipo T es conveniente usar un mínimo de 4 selladores, pero esta decisión queda al criterio del diseñador.

El programa comienza leyendo los datos necesarios. Estos se dividen en 5 secciones: datos del cliente, datos de control, datos del fluido que va por tubos, datos del fluido que va por cuerpo y datos del intercambiador.

Un control inicial permite manejar varios juegos de datos copiando solo una vez el programa. Si este control es igual a cero,-

ya se leyó el último juego de datos. A continuación se alimentan los datos del cliente. Estos datos son optativos y no influyen en el cálculo del intercambiador. Pueden omitirse pero deben intercalarse las tarjetas blancas correspondientes en el juego de datos. Los datos del cliente incluyen nombre y dirección, localización de la planta del cliente, fecha en que se efectúa el cálculo y designación del equipo, número de referencia, número de solicitud y por último el servicio del intercambiador.

El primer control de la sección de controles, CONT1, sirve para indicar si se desea únicamente el diseño térmico del intercambiador (CONT1 = 0) o el diseño térmico y mecánico del mismo. (CONT1 = 1). Un segundo control señala si el fluido que va por tubos se calienta o se enfría. CONT2 = 0 significa que el fluido que va por tubos se enfría y CONT2 = 1 indica que dicho fluido se calienta. El último control permite seleccionar unidades constituidas por intercambiadores de calor con un solo paso por cuerpo (CONT3 = 1), por intercambiadores con dos pasos por cuerpo (CONT3 = 2), o bien ambas alternativas para seleccionar en base a los resultados obtenidos (CONT3 = 0).

Los datos del fluido que circula por el lado de los tubos comprenden el nombre del fluido, el gasto en masa, temperaturas de entrada y salida, capacidad calorífica, viscosidad, conductividad térmica y densidad, estas cuatro propiedades a temperatura de entrada y temperatura de salida, factor de incrustamiento, velocidad mínima que de-

berá tener el flujo y caída de presión máxima permisible. Finalmente se debe especificar presión de trabajo, presión de diseño y temperatura de diseño.

Los datos del flujo que circula por el cuerpo son los mismos que para el flujo que va por dentro de tubos.

Por último deben proporcionarse los datos del diseño del intercambiador de calor. Comprenden: longitud, diámetro externo, distancia entre centros, calibre BWG y arreglo de tubos, número de selladores y en caso de conocerse dimensiones de las boquillas; material de los tubos, material y esfuerzo máximo permisible a la temperatura de diseño del cuerpo, del canal, de la tapa del cabezal flotante, del espejo, de la tapa del canal, de la tapa del cuerpo y de boquillas; el material y esfuerzo máximo permisible a temperatura de diseño y temperatura ambiente de las bridas del cuerpo, del canal y el cabezal flotante; material de mamparas, espaciadores y tensores; finalmente los datos del empaque (material, factor de empaque y esfuerzo mínimo de sello del empaque)'.
'

Una vez terminada la lectura de datos el programa procede al balance de calor. Si se proporcionan las cuatro temperaturas y los dos gastos se calcula el calor en base a los datos del flujo que va por tubos y del flujo que va por cuerpo y se selecciona el mayor para el diseño. Si falta algún dato, ya sea una temperatura o un gasto, HEATEX/DESIGN lo determina y pasa a la evaluación de las viscosidades a la temperatura media. Se dispone de una subruti-

na llamada VISC que efectúa la interpolación de viscosidad por medio de una interpolación exponencial basada en la ecuación de Andrade¹⁶ para hidrocarburos y para agua utiliza la ecuación de Bingham.¹⁷ Después de calcular la diferencia media logarítmica de temperatura - HEATEX/DESIGN llama la subrutina FTA que calcula el factor de corrección de la diferencia media logarítmica de temperatura. Esta subrutina trabaja con las ecuaciones publicadas por Bowman¹⁸. Con los datos obtenidos de esta subrutina y en función de CONT3 se establece el número de cuerpos en serie necesario y se evalúa la diferencia de temperatura media corregida.

Para obtener el intercambiador de calor óptimo es conveniente partir de la unidad más pequeña e incrementar el diámetro del cuerpo hasta lograr la convergencia del coeficiente global de transferencia de calor sin rebasar las caídas de presión máximas permisibles. Pero no es razonable efectuar todos los cálculos laboriosos del coeficiente global de transferencia de calor en unidades pequeñas si el intercambiador que se acepta al final es grande. Debido a esto - - HEATEX/DESIGN fija un diámetro provisional de 8 iny determina el número de tubos que se pueden acomodar en un cuerpo de éste diámetro. Para economizar tiempo de procesador no llama desde los primeros tanteos la subrutina TUBELA. Calcula el número total de tubos, suponiendo un número de pasos por tubos mínimo. Si la caída de presión es excesiva no tiene sentido continuar con el cálculo de los coeficientes y se aumenta el diámetro en una pulgada, si el diámetro pro

visional es menor que 48 in. Si este es igual a 48 in se aumenta una unidad en paralelo por tubos y se comienza nuevamente con 8 in. Este procedimiento se repite hasta lograr una caída de presión por tubos menor que la caída de presión máxima permisible. Ahora se fija el primer diámetro para determinar el número de tubos con la subrutina TUBELA. Este diámetro es una pulgada menor que el diámetro provisional. TUBELA como se indicó anteriormente, determina el número total de tubos que caben en un cuerpo de diámetro fijo colocando tubo por tubo respetando las zonas restringidas. El espacio entre el límite exterior del haz de tubos y la pared interna del cuerpo se fijó de acuerdo con prácticas de construcción obtenidas directamente de algunos fabricantes. Además TUBELA determina el número de tubos en la hilera central, el número de hileras entre extremos de corte de dos mamparas adyacentes, el número de tubos en la ventana de la mampara y el número de hileras en la ventana de la mampara, para cortes de mampara de 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40%. TUBELA decide si es necesario utilizar placa de impacto y calcula sus dimensiones. Esta subrutina tiene acoplado un graficador que permite graficar la plantilla del espejo en la unidad definitiva.

La subrutina SPACER calcula el número de tensores necesarios en función del diámetro del cuerpo, la clase del código T.E.M.A. empleado, el espesor de los tensores y el diámetro interno de los espaciadores.

Con los datos obtenidos por TUBELA se repite el cálculo

lo de la caída de presión y si ésta es menor que la máxima permisible se procede al cálculo del coeficiente de película lado tubos. Si la caída de presión es mayor, se aumenta el diámetro en una pulgada hasta obtener una caída de presión permitida y se continúa con la evaluación del coeficiente de película lado tubos. Para evaluar la caída de presión lado tubos HEATEX/DESIGN utiliza una subrutina propia, ADA DEPTUB. Esta subrutina calcula primero el factor de fricción y luego la caída de presión por tubos basándose en la ecuación de Sieder y Tate ¹. El coeficiente película lado tubos se calcula en la subrutina COEFT que trabaja con ecuaciones empíricas publicadas recientemente ¹⁹.

Terminado el cálculo del coeficiente de película lado tubos sin corregir por la diferencia de viscosidad en la pared del tubo HEATEX/DESIGN calcula la caída de presión lado tubos con los datos obtenidos de TUBELA.

Para efectuar el cálculo del coeficiente de película lado cuerpo el programa fija un corte de mampara de 40% y una distancia entre mamparas igual al diámetro interior del cuerpo. Con estos valores llama la subrutina COEFSSH que calcula el coeficiente de película lado cuerpo según el método de Bell con pequeñas modificaciones introducidas por Mueller ²⁰. Estas modificaciones consisten en ajustes de algunas constantes en base a datos obtenidos recientemente de intercambiadores en funcionamiento. El método de Bell señala que la corrección por viscosidad debe efectuarse en un paso interme-

dio del cálculo del coeficiente de película lado cuerpo. Debido a esto, es necesario evaluar dentro de la subrutina COEFSSH la temperatura de la pared y la viscosidad de ambos flúidos a esta temperatura. Si alguno de los flúidos es agua, el factor de corrección por viscosidad de este flúido se fija igual a 1. COEFSSH calcula todas las áreas de fuga entre tubos y mampara, entre mampara y cuerpo, el área libre entre tubos en la hilera central y el área libre en la ventana. Estos datos se utilizan en la subrutina DEPSH para evaluar la caída de presión en el cuerpo. Como los datos que en este del programa se transportan DE COEFSSH A DEPSH corresponden a un corte de mampara de 40% y la máxima distancia entre mamparas, la caída de presión calculada será la mínima posible en un intercambiador de calor con el diámetro interno del cuerpo fijado para este tanteo. Si la caída de presión obtenida bajo estas condiciones es mayor que la máxima permisible para el flúido que circula por el cuerpo la única solución es aumentar el diámetro. Si éste es menor que 48 in se aumenta en una pulgada el diámetro interior del intercambiador y si es igual a 48 in se divide el flujo por cuerpo. En ambos casos vuelve a llamar TUBELA para repetir los cálculos de coeficiente de película y caída de presión lado tubos y lado cuerpo. Si la caída de presión por el cuerpo con corte de mampara y separación máxima fué menor que la caída de presión máxima permisible HEATEX/DESIGN fija un corte de mampara de 10% y una separación mínima equivalente a $D_s/5$. El coeficiente de película lado-

cuerpo evaluado bajo estas condiciones será el mayor que se pueda obtener en un intercambiador de ese diámetro y también la caída de presión será máxima.

Con el valor del coeficiente individual lado tubos, los coeficientes máximo y mínimo lado cuerpo y los factores de incrustamiento se evalúan los coeficientes globales de transferencia de calor máximo y mínimo respectivamente. El coeficiente global de transferencia de calor propio del intercambiador estimado o simplemente coeficiente global estimado se evalúa a partir del número total de tubos. Para esto se corrige la longitud de los tubos, ya que los extremos sujetos en los espejos no son efectivos para la transferencia de calor. Con la subrutina ESPEJO se calcula el espesor de los espejos por pandeo y esfuerzo cortante. El mayor de los dos espesores se selecciona para el diseño y sirve para corregir la longitud de los tubos. El coeficiente global de transferencia propio del intercambiador estimado se evalúa con el área de transferencia efectiva, el calor transferido y la diferencia de temperatura media corregida y se compara con el coeficiente global máximo y mínimo. Si difiere en menos de 2.5% del coeficiente global máximo o mínimo, éste se selecciona como coeficiente global de transferencia del intercambiador fijando automáticamente el corte de mampara y la distancia entre éstas. Si el coeficiente estimado es mayor que el máximo calculado, es necesario aumentar el diámetro del intercambiador. Si el coeficiente global de transferencia de calor estimado es mayor --

que el coeficiente global mínimo calculado y menor que el coeficiente global máximo calculado se puede lograr la convergencia variando el corte de mampara y la distancia entre ellas.

De acuerdo con datos publicados³ y pruebas efectuadas con el programa que aquí se presenta, un buen criterio para obtener el intercambiador óptimo consiste en tratar de igualar la masa velocidad en flujo cruzado y en la ventana de la mampara. Obedeciendo este, criterio HEATEX/DESIGN ajusta el coeficiente global de transferencia. Se compara la masa velocidad en flujo cruzado con la masa velocidad en la ventana. Si es mayor la masa velocidad en flujo cruzado se aumenta la distancia entre mamparas en $D_g/20$. Si es mayor la masa velocidad en la ventana de la mampara se aumenta el corte de la ventana. Después de cada variación se calcula el coeficiente individual de transferencia de calor lado cuerpo y el coeficiente global de transferencia de calor. Si el coeficiente global calculado y el coeficiente global propio del intercambiador difieren en menos de 2.5% se considera que los coeficientes han convergido y se pasa al cálculo de la caída de presión lado cuerpo. Para economizar tiempo de procesador el programa compara el coeficiente global estimado con el coeficiente global calculado máximo y mínimo. Si el coeficiente global estimado se aproxima más al coeficiente global calculado máximo la convergencia se busca abriendo la ventana de las mamparas y separando las mismas. Si el coeficiente global estimado se aproxima más al coeficiente global mínimo calculado se parte de la separa

ción máxima de mamparas y un corte de 40% para disminuir la separación y el corte de mamparas.

Una vez lograda la convergencia del coeficiente global de transferencia de calor se calcula la caída de presión por cuerpo. Si ésta es menor que la caída de presión máxima permisible se ha obtenido el intercambiador de calor buscado. Si la caída de presión es mayor que la caída de presión máxima permisible se tiene que aumentar el diámetro. En este caso el diámetro interno se aumenta en 0,5 in y se vuelve a llamar TUBELA. Con los datos que se obtienen se repiten los cálculos descritos anteriormente hasta obtener el intercambiador de calor que cumpla con el servicio requerido.

Los resultados del diseño térmico del intercambiador de calor se reportan en forma de hoja de especificaciones similar a la recomendada por el código T.E.M.A. Un control permite imprimir al final del diseño térmico la plantilla del espejo del intercambiador de calor.

El diseño mecánico del intercambiador de calor comprende el diseño del cuerpo, el canal, las bridas, los espejos, las mamparas, las tapas, las boquillas, los refuerzos de boquillas, la placa de impacto, los tensores y los espaciadores y del cabezal flotante en intercambiadores de este tipo. El diseño mecánico se efectúa según los códigos T.E.M.A. y A.S.M.E. sección VIII. Los métodos de diseño se detallan en un capítulo anterior.

Al iniciar el diseño mecánico HEATEX/DESIGN decide -

la secuencia de cálculo en función del tipo de intercambiador de calor. Las subrutinas son las mismas para todos los tipos de intercambiador pero la secuencia es diferente en cada caso, ya que los resultados de una subrutina sirven de datos para otras. En un intercambiador de calor AEL el número y el tipo de bridas que se calculan es diferente que en un intercambiador AET, pero la subrutina FLANGE es común para los dos diseños.

Como primer paso se calcula en todos los tipos el espesor del cuerpo y del canal según el código A.S.M.E. sección VIII y el código T.E.M.A. con la subrutina THICKN. Esta subrutina considera las tolerancias por corrosión dictadas por las diferentes clases del código T.E.M.A. A continuación HEATEX/DESIGN llama la subrutina FLANGE o la subrutina FLOAHE, dependiendo del tipo de intercambiador. La Subrutina FLANGE, como lo indica su nombre diseña las bridas del intercambiador. FLANGE diseña todas las bridas exceptuando la brida del cabezal flotante. El diseño de bridas comprende todos los detalles propios de la brida como son diámetro interno, diámetro externo, diámetro del círculo de barrenos, espesor, altura del barril, altura de la brida; tipo, diámetro externo y espesor de la cara del empaque, el número de barrenos, diámetro de los tornillos y todos los detalles del empaque que son diámetro externo e interno y espesor. Los resultados de esta subrutina se imprimen como hoja de cálculos y en ella se indican además los resultados antes mencionados todos los factores de diseño y los momentos que producen en la brida.

La subrutina FLOAHE tiene la función de diseñar la brida del cabezal flotante y los resultados de esta brida se indican en la misma forma que los resultados de la subrutina FLANGE. Estos resultados sirven de base al cálculo de las otras bridas en intercambiadores de calor de cabezal flotante.

El espejo se calcula con la subrutina ESPEJO por dos métodos diferentes: por pandeo y por esfuerzo cortante. El espesor mayor se utiliza para el diseño final.

Las mamparas se calculan en base al código T.E.M.A. que determina el espesor de las mismas en función del diámetro interior del cuerpo, la distancia entre mamparas adyacentes y la clase del código T.E.M.A. Para el cálculo de las tapas HEATEX/DESIGN dispone de dos subrutinas; TAPASP para tapas planas y TAPASF para tapas formadas. La subrutina TAPASP utiliza los resultados de FLANGE como datos y este tipo de tapa es prácticamente una brida ciega. TAPASF diseña tapas toriesféricas y elípticas para cada caso. El diseñador tiene libertad de escoger la tapa que se ajuste a sus necesidades, ya sea por costo, disponibilidad de cierto tipo de tapa o simplemente por política de la empresa.

Las boquillas se pueden calcular con la subrutina NOZZLE. Si no se han especificado los diámetros de las boquillas, NOZZLE los calcula y especifica la cédula del tubo empleado para la boquilla. Si se dieron los diámetros como datos. NOZZLE se concreta a especificar el espesor del material de las boquillas. Para determinar si es

necesario colocar esfuerzos de boquillas, el programa llama la subrutina PADS que calcula espesor, diámetro interno y diámetro externo del refuerzo y de no requerirse refuerzo alguno así lo indica. La placa de impacto en caso de ser necesaria, se calcula paralelamente con el conteo de tubos en la subrutina TUBELA. Similarmente SPACER, que es llamada en varias ocasiones durante el diseño térmico, calcula en pasos anteriores número y diámetro de tensores así como el diámetro interno de los espaciadores en función del diámetro interno del cuerpo y la clase del código T.E.M.A. requerida.

Los resultados se presentan en una forma que facilita vaciarlos sobre planos tipo que posteriormente pueden emplearse como planos de construcción.

El programa HEATEX/DESIGN fué desarrollado en lenguaje FORTRAN en la versión FULL FORTRAN por ser el lenguaje más común para programas de ingeniería. El lenguaje FORTRAN fué desarrollado por la compañía IBM y el nombre proviene del inglés 'formula translation'. El código de perforación usado es BCL, código de perforación propio de los sistemas Burroughs, como el de la Universidad Nacional Autónoma de México. BCL son las siglas de 'Burroughs Common Language'. Esto no tiene importancia si se piensa usar el programa en su versión actual cargando únicamente datos. Si se quieren hacer modificaciones es fundamental observar lenguaje y código de perforación, ya que no son compatibles diferentes versiones de un mismo lenguaje o diferentes códigos de perforación en un programa.

Instructivo para alimentar los datos:

A. Continuación se presenta un breve instructivo que permite el uso del programa HEATEX/DESIGN a personas no familiarizadas con él. Se explica el rango de cada variable y finalmente se presenta un ejemplo de codificación de un juego de datos típico.

La primera tarjeta lleva un número mayor que 1 y menor que 999 en las 3 primeras columnas. Este número indica que a continuación debe leerse un juego de datos. Después del último juego de datos forzosamente debe colocarse una tarjeta en blanco. Las cinco primeras columnas de cada tarjeta de datos están reservadas para la identificación de los datos. Se proponen las siguientes identificaciones DCL para datos del cliente, CON para controles, DT, DS y DI para datos del fluido que circula por tubos, datos del fluido que circula por la coraza y datos del intercambiador respectivamente.

La primera tarjeta de datos del cliente incluye nombre y dirección del cliente. Ambas son variables alfanuméricas de 36 caracteres cada una. El nombre debe comenzar en la columna 6 y la dirección en la columna 42.

La segunda tarjeta de datos del cliente indicará la localización de la planta, variable alfanumérica de 30 caracteres con el primer caracter en la columna 6; la fecha, alfanumérica de 12 caracteres iniciando en la columna 36; la identificación de equipo, alfanumérica de 6 caracteres comenzando en la columna 48.

La tercera tarjeta de datos del cliente especifica el número de la orden de trabajo, el número de referencia y el número de la solicitud de cotización, los tres enteros de 6 dígitos, partiendo el primer número de la 6a. columna.

La cuarta y última tarjeta de datos del cliente indica el servicio de la unidad con una variable alfanumérica de 30 espacios. Todos los datos del cliente pueden omitirse, pero deben incluirse las tarjetas en blanco.

La tarjeta de controles comprende CONT1, CONT2 y CONT3, todos enteros de 4 dígitos que toman los valores seleccionados según la explicación anterior.

Los datos del fluido que va por tubos se inician con la variable FLUIT, una variable alfanumérica de 24 espacios. Es importante mencionar, que en caso de ser uno de los fluidos agua, únicamente se deberá indicar así: AGUA, y no como AGUA DE ENFRIAMIENTO, AGUA DE PROCESO o similares, ya que el programa compara el nombre del fluido contra la palabra AGUA y tomaría una decisión errónea en el cálculo de viscosidad. Todos los demás datos del fluido que va por tubos tienen formato F15.6 y se distribuyen en la siguiente forma:

WTT, TT1, TT2, CPT1, CPT2.

MUT1, MUT2, KT1, KT2, RDT.

DENT1, DENT2, VETMIN, DPTMAX.

PWORKT, PDIT, TDIT.

Las tarjetas del fluido que circula por el cuerpo son iguales a las del fluido que va por tubos.

La tarjeta 17 del juego de datos es la primera tarjeta de datos del intercambiador. Con esta tarjeta se alimentan los valores de L, DOT, PT, BWG, Y ARR, los cuatro primeros con formatos F 15.6 partiendo de la columna 6 y la última variable con formato A2 en las columnas 79 y 80.

Para la variable Ns se requiere una tarjeta especial. Esto tiene como finalidad facilitar el cambio de valor de la variable Ns. debido a que no hay un criterio definido para colocar los - - - 'sealing strips' es frecuente que varíe esta tarjeta. El formato de esta variable es un número entero con 4 dígitos.

La clase del código T.E.M.A. y el tipo de intercambiador se alimentan en la tarjeta 19. La clase del código se da como variable alfanumérica con formato A1 en la 6a. columna y TIPO con formato A3 en la columna 20.

A continuación se alimentan los datos del material y esfuerzos máximos permisibles. Los formatos son para el material - - 2A6 y para los esfuerzos máximos permisibles F15.6. Los datos van distribuidos en las tarjetas de la siguiente manera: tarjeta 20 material de tubos; tarjeta 21 material del cuerpo y esfuerzo máximo permisible a temperatura de diseño; tarjeta 22 a 26 especifica los mismos datos para canal, espejo, tapa del cabezal flotante, tapa del canal y tapa del cuerpo respectivamente. Con igual formato se indican en las

tarjetas 27, 28 y 29 los materiales y esfuerzos máximos permisibles a temperatura de diseño y a temperatura ambiente de la brida del cuerpo, la brida del canal y la brida del cabezal flotante respectivamente. Las tarjetas 30 a 32 únicamente indican con formato 2A6 que inicia en la columna 6 el material de mamparas, espaciadores y tensores. La tarjeta 33 especifica material y esfuerzos máximos permisibles a temperatura de diseño y a temperatura ambiente para los tornillos con el mismo formato que los datos de bridas. Material y esfuerzos máximos permisibles para las boquillas se indican en las tarjetas 34 y 35 con formato 2A6 desde la columna 6 y F15.6 desde la columna 18. Los datos del empaque tienen un formato diferente. Para el material se especifica un formato 3A6 en la columna 6 y formatos F15.6 para esfuerzo mínimo de sello del empaque y factor de empaque.

Por último deben indicarse los diámetros de boquillas si éstos se conocen. Los diámetros de boquillas en caso de alimentarse se dan con formato F15.6 con el primer espacio correspondiente a la columna 6.

En caso de duda se puede consultar el juego de datos codificados que se anexa o el propio listado. La lista de variables que se presenta a continuación permite identificar fácilmente las variables cuyos valores deben alimentarse como datos.

1- NAME HEATEX / DESIGN	PROJECT NO. BOCHKMAN , KUDER	DATE 18/JUL/1975	PROGRAM INSTRUC. PROG.	GRAPHIC								PAGE OF
			RUNCH									CARD ELECTRO NUMBER*

3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

IDENTIFICATION SEQUENCE		FORTRAN STATEMENT		IDENTIFICATION SEQUENCE	
1	-1				
2	DCL	INST	TOTO MEXICANO DEL PETROLEO	AV.	C IEN METROS MEXICO D.F
3	DCL	TULO	HIDALGO, MEXICO	JUL/18/75	ED107A
4	DCL	1	1045	7201	
5	DCL	DESALTED	CRUDE PREHEATER		
6	CON	0	1	1	
7	DT	DESALTED	CRUDE OIL		0.27
8	DT	945938.0	WT	412.0	TT1
9	DT	1.33	MUT1	1.14	MUT2
10	DT	46.176	DEN1	44.9904	DEN2
11	DT	178.0	PWORKT	325.0	PDIT
12	DS	HEAVY	VACUUM GAS OIL		
13	DS	1087169.0	WST	555.0	TS1
14	DS	0.753	MUS1	0.876	MUS2
15	DS	47.9232	DENS1	48.36	DENS2
16	DS	170.0	PWORKS	225.0	PDIS
17	DI	20.0	L	1.0	DDT
18	DI	4		7.25	PT
19	DI	R	DES		
20	DI	C	STL		
21	DI	CARBON	STEEL	17500.0	
22	DI	CARBON	STEEL	17500.0	
23	DI	CARBON	STEEL	17500.0	
24	DI	CARBON	STEEL	17500.0	

**Number of forms per pad may vary slightly

LISTA DE VARIABLES

ADD	Dirección del cliente.
AM	Esfuerzos mínimo de sello del empaque (psi)
ARR	Arreglo de tubos. Se indica TR para arreglo triangular, SQ para arreglo cuadrado y SR para arreglo cuadrado rotado.
BAFMAT	Material de mamparas
BALMAT	Material de tornillos.
BWG	Calibre BWG de tubos.
CHAMAT	Material del canal.
CHOMAT	Material de la tapa del canal
CONT1	Variable de control que indica si se desea únicamente el diseño ^{térmico} mecánico (CONT1 = 0) o diseño térmico y mecánico del intercambiador (CONT1 = 1).
CONT2	Variable de control que indica cual fluido va por tubos. CONT2 = 0 indica que el fluido que se enfría va por <u>tu</u> bos y CONT2 = 1 significa que el fluido que se enfría va por cuerpo.
CONT3	Variable de control que sirve para seleccionar el número de pasos deseado por cuerpo. CONT3 = 1 hace que el programa trabaje con intercambiadores de calor de un solo paso por cuerpo. CONT3 = 2 hace que el programa trabaje únicamente con intercambiadores de calor de 2 pasos por cuerpo y CONT3 = 0 hace que el -

programa efectúe ambos cálculos para seleccionar -
la mejor alternativa.

- CPS1 Capacidad calorífica del fluido que va por cuerpo a -
TS1 (BTU/ lb °F)
- CPS2 Capacidad calorífica del fluido que va por cuerpo a --
TS2 (BTU/ lb °F)
- CPT1 Capacidad calorífica del fluido que va por tubos a TS1
(BTU/ lb °F)
- CPT2 Capacidad calorífica del fluido que va por tubos a TS2
(BTU/ lb °F)
- CUSTOM Nombre del cliente. *PROFESOR*
- DATE Fecha en que se efectúa el cálculo.
- DENS1 Densidad del fluido que va por cuerpo a TS1 (1 lb/ft³)
- DENS2 Densidad del fluido que va por cuerpo a TS2 (lb/ft³)
- DENT1 Densidad del fluido que va por tubos a TS1 (lb/ft³)
- DENT2 Densidad del fluido que va por tubos a TS2 (lb/ft³)
- DOT Diámetro externo de tubos (in)
- DPSMAX Caída de presión máxima permisible en el cuerpo (psi)
- DPTMAX Caída de presión máxima permisible en los tubos (psi)
- FFHMAT Material de la brida de cabezal flotante
- FHCMAT Material de la tapa del cabezal flotante.
- FLCMAT Material de la brida del canal.
- FLSMAT Material de la brida del cuerpo.
- FLUIS* FLUIS Nombre del fluido que circula por el cuerpo
- FLUIT / / / / / / los tubos

GASMAT	Material del empaque.
INQ	Número de solicitud de cotización
IREF	Número de referencia
ITEM	Clave de identificación del espejo
JOB	Número de orden de trabajo.
KS1	Conductividad térmica del fluido que va por cuerpo - a TS1 (BTU/ hr ft °F)
KS2	Conductividad térmica del fluido que va por cuerpo a TS2 (BTU/ hr ft °F)
KT1	Conductividad térmica del fluido que va por tubos a - TS1 (BTU/ hr ft °F)
KT2	Conductividad térmica del fluido que va por tubos a - TS2 (BTU/hr ft °F)
L	Longitud total de los tubos.
MAS	Variable de control que indica si falta de leerse un - juego de datos. MAS = 0 hace que el programa ter - mine. MAS ≠ 0 significa que debe leerse un juego - de datos.
MUS1	Viscosidad del fluido que va por cuerpo a TS1 (cps)
MUS2	Viscosidad del fluido que va por cuerpo a TS2 (cps)
MUT1	Viscosidad del fluido que va por tubos a TS1 (cps)
MUT2	Viscosidad del fluido que va por tubos a TS2 (cps)
NOCMAT	Material de las boquillas del canal.
NOSMAT	Material de las boquillas del cuerpo.

NS	Número de selladores ('sealing strips')
PDS	Presión de diseño cuerpo (psi)
PDT	Presión de diseño tubos (psi)
PLANT	Localización de la planta del cliente.
PT	Distancia entre centros de tubos (in)
PWORKS	Presión de operación cuerpo.
PWORKT	Presión de operación tubos
RDS	Factor de incrustamiento del fluido que va por el -- cuerpo
RDT	Factor de incrustamiento del fluido que va por tubos
SBAT	Esfuerzo máximo permisible a la tensión del material de los tornillos a temperatura ambiente (psi)
SBO	Esfuerzo máximo permisible a la tensión del material de los tornillos a temperatura de diseño (psi)
SCC	Esfuerzo máximo permisible del material de la tapa - del canal a temperatura de diseño (psi)
SCH	Esfuerzo máximo permisible del material del canal a temperatura de diseño (psi)
SERV	Servicio de la unidad.
SFATC	Esfuerzo máximo permisible del material de la bri- da del canal a temperatura ambiente (psi)
SFATS	Esfuerzo máximo permisible del material de la bri- da del cuerpo a temperatura ambiente (psi)
SFC	Esfuerzo máximo permisible del material de la bri-

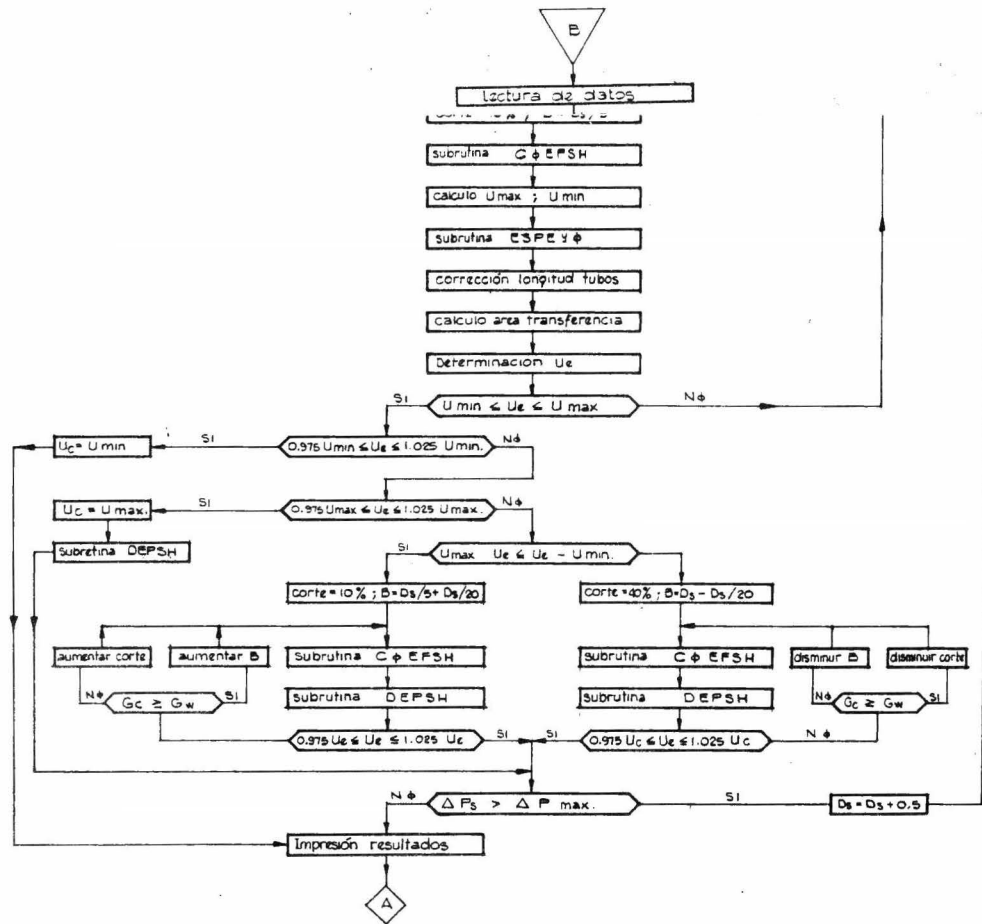
	da del canal a temperatura de diseño (psi)
SFF	Esfuerzo máximo permisible del material de la brida del cabezal flotante a temperatura de diseño (psi)
SFFAT	Esfuerzo máximo permisible del material de la brida del cabezal flotante a temperatura ambiente (psi)
SFH	Esfuerzo máximo permisible del material de la tapa del cabezal flotante a temperatura de diseño (psi)
SFS	Esfuerzo máximo permisible del material de la brida - del cuerpo a temperatura de diseño (psi)
SHCMAT	Material de la tapa del cuerpo.
SHEMAT	Material del cuerpo.
SN1	Diámetro de la boquilla de entrada del cuerpo (in)
SN2	Diámetro de la boquilla de salida del cuerpo (in)
SNOS	Esfuerzo m.áximo permisible del material de las boquillas del cuerpo a temperatura de diseño (psi)
SNOT	Esfuerzo máximo permisible del material de las boquillas del canal a temperatura de diseño (psi)
SPAMAT	Material de los espaciadores
SSC	Esfuerzo máximo permisible del material de la tapa del - cuerpo a temperatura de diseño (psi)
SSH	Esfuerzo máximo permisible del material del cuerpo a - - temperatura de diseño (psi)
STS	Esfuerzò máximo permisible del material del espejo a la - temperatura mayor de diseño (psi)

TDIS	Temperatura de diseño cuerpo (°F)
TDIT	Temperatura de diseño tubos (°F)
TEMA	Clase del código T.E.M.A. que deberá usarse
TIEMAT	Material de los templadores
TIPO	Tipo del intercambiador de calor
TN1	Diámetro nominal de la boquilla de entrada del canal (in)
TN2	Diámetro nominal de la boquilla de salida del canal (in)
TS1	Temperatura de entrada del fluido que va por el cuerpo (°F)
TS2	Temperatura de salida del fluido que va por el cuerpo (°F)
TSHMAT	Material de los espejos.
TT1	Temperatura de entrada del fluido que va por tubos (°F)
TT2	Temperatura de salida del fluido que va por tubos (°F) .
TUBMAT	Material de tubos
VESMIN	Velocidad mínima permisible del fluido que circula por el cuerpo (ft/ sec)
VETMIN	Velocidad mínima permisible del fluido que circula por tubos (ft/ sec)
WST	Gasto en masa total por el cuerpo (lb/ hr)
WTT	Gasto en masa total por tubos (lb/ hr)
Y	Factor de empaque.

C A P I T U L O I V

En este capítulo se presentan los diagramas de flujo del programa principal HEATEX / DESIGN y de todas las subrutinas que se utilizan. El programa principal comprende el diseño térmico y mecánico.

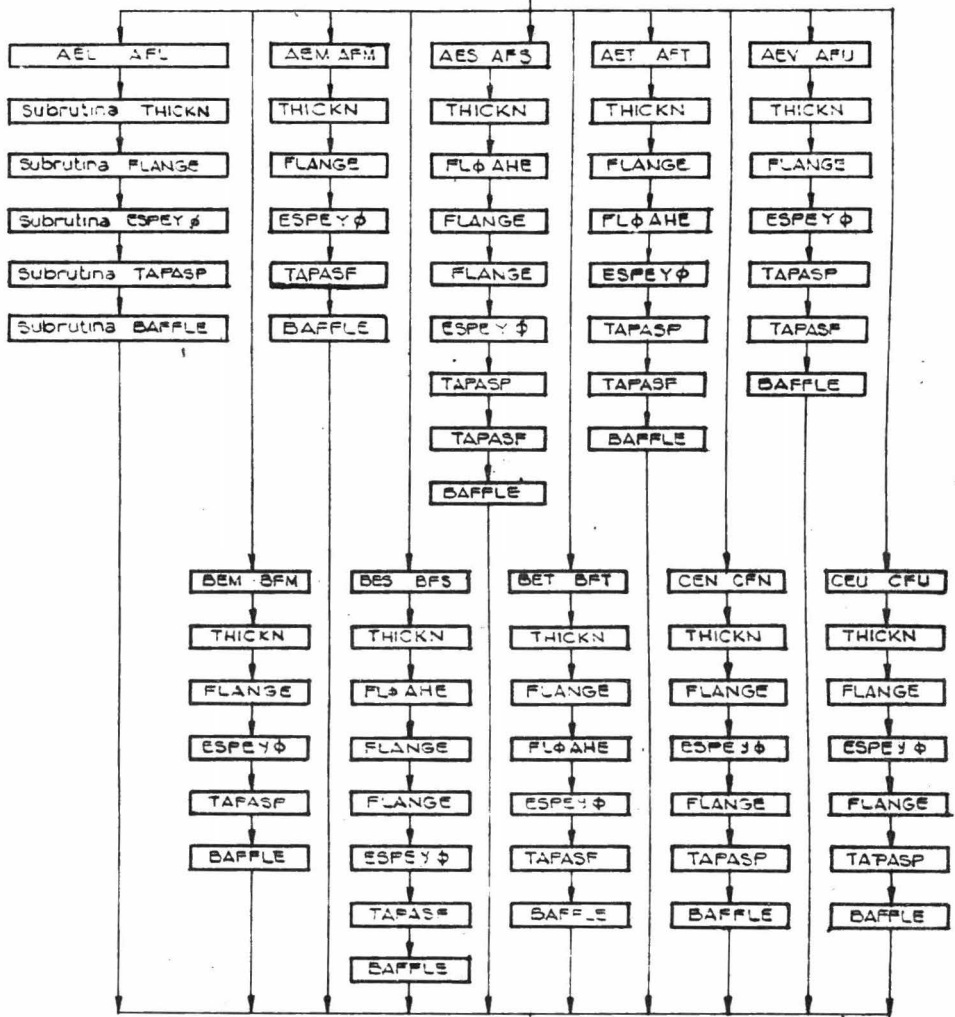
Para ganar claridad se presentan el diagrama de flujo del diseño térmico y el diagrama de flujo del diseño mecánico en forma separada. Los diagramas de flujo son diagramas esquemáticos cuya finalidad es mostrar la lógica del programa. Para evitar confusiones se omiten en ellos todos los detalles y las situaciones que son necesarias para no alterar la secuencia del programa. Además del diagrama del programa principal, se presentan las subrutinas CdEFSh, CdEFT, DEPSH, DEPTUB, TUBELA, VISC, FTA, SPACER, ESPEJO, NdZZLE, PADS, FLANGE, FLOAHE, THICKN, TAPASP, TAPASF y BAFFLE.



DISEÑO
MÉTRICO

A

Selección tipo intercambiador



Impresión resultados

E

SUBROUTINA COEF SH

B

Cálculo del area de flujo en hilera central de tubos,
la masa velocidad y el número de Reynolds en flujo cru-
zado

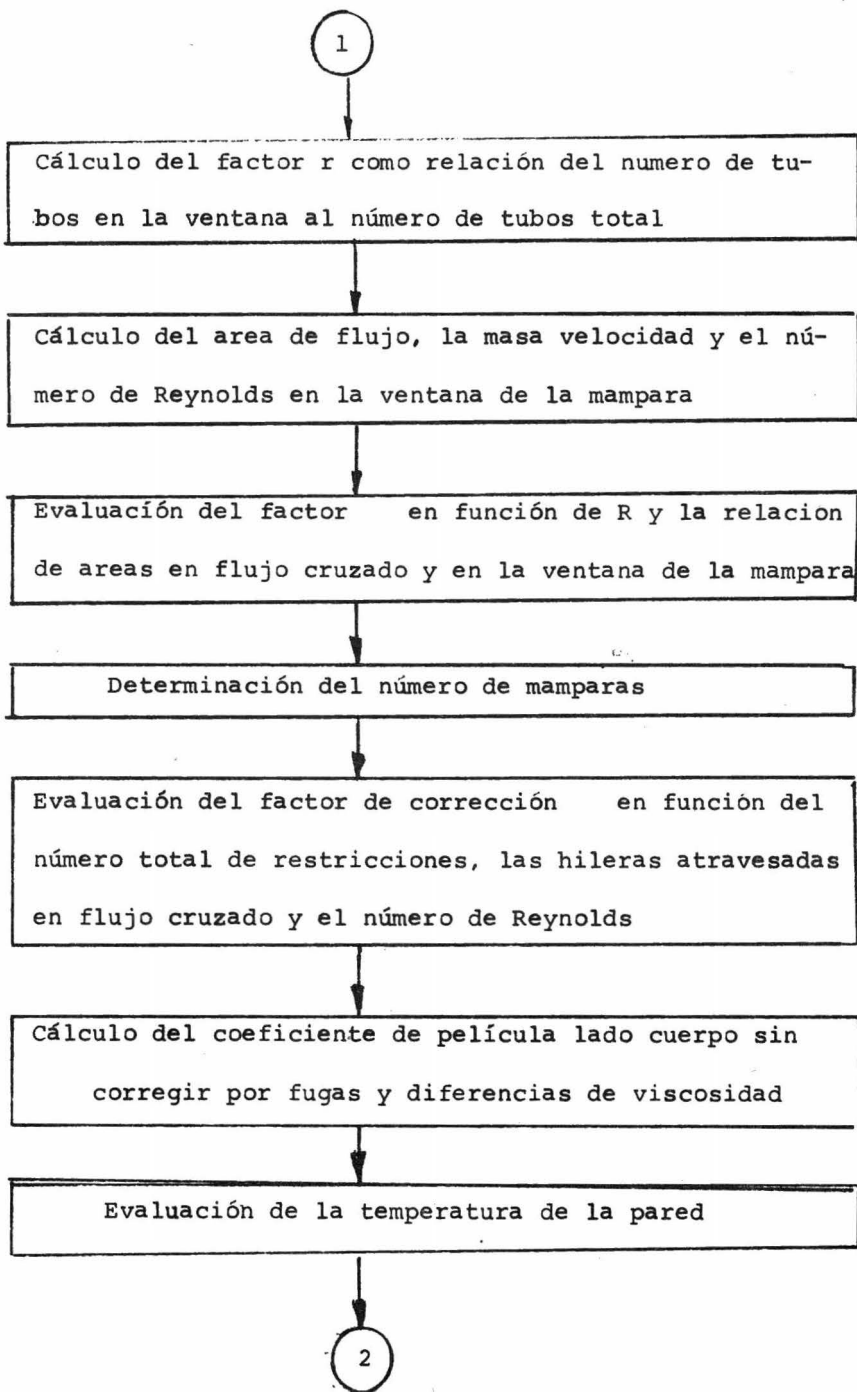
Selección del factor j en función del número de Reynolds
el arreglo y la relación de distancia entre centros y diá-
metro externo

Cálculo de la fracción del fluido que sufre fugas alrede-
dor del haz de tubos

Determinación del factor en función del número de Reynolds

Determinación del factor en función del número de 'sealing
strips', el número de hileras de tubos en flujo cruzado , el
factor y la fracción del fluido que sufre fugas

1



2

Subrutina VISC para evaluar el factor de corrección por viscosidad en el cuerpo

Subrutina VISC para evaluar el factor de corrección por viscosidad en los tubos

Corrección del coeficiente de película lado tubos

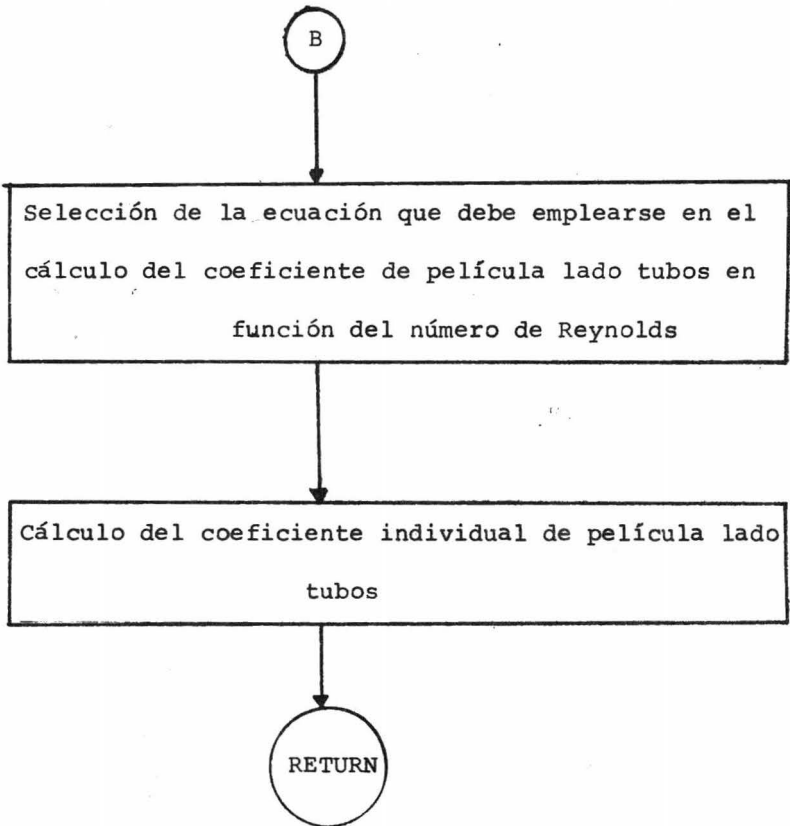
Corrección del coeficiente lado cuerpo sin corregir

Cálculo del las areas de fuga

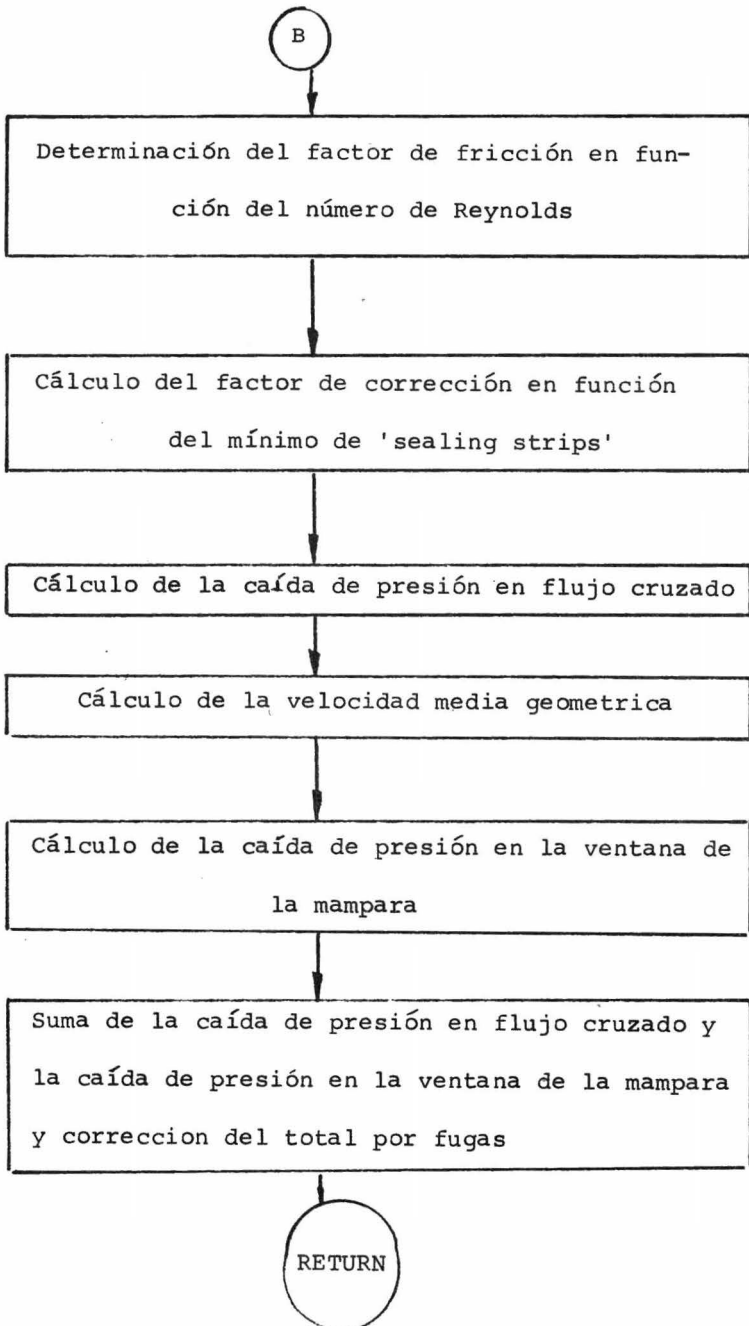
Corrección del coeficiente de película lado cuerpo por fugas

RETURN

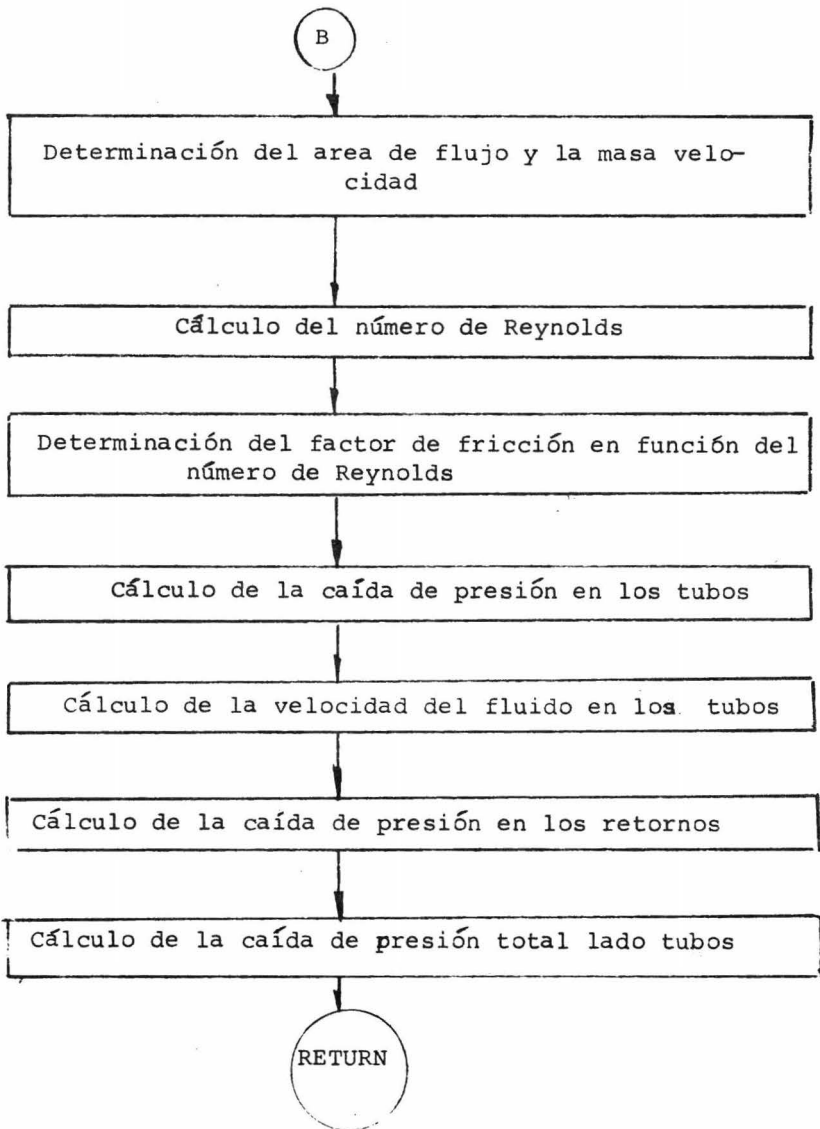
SUBROUTINA COEFT



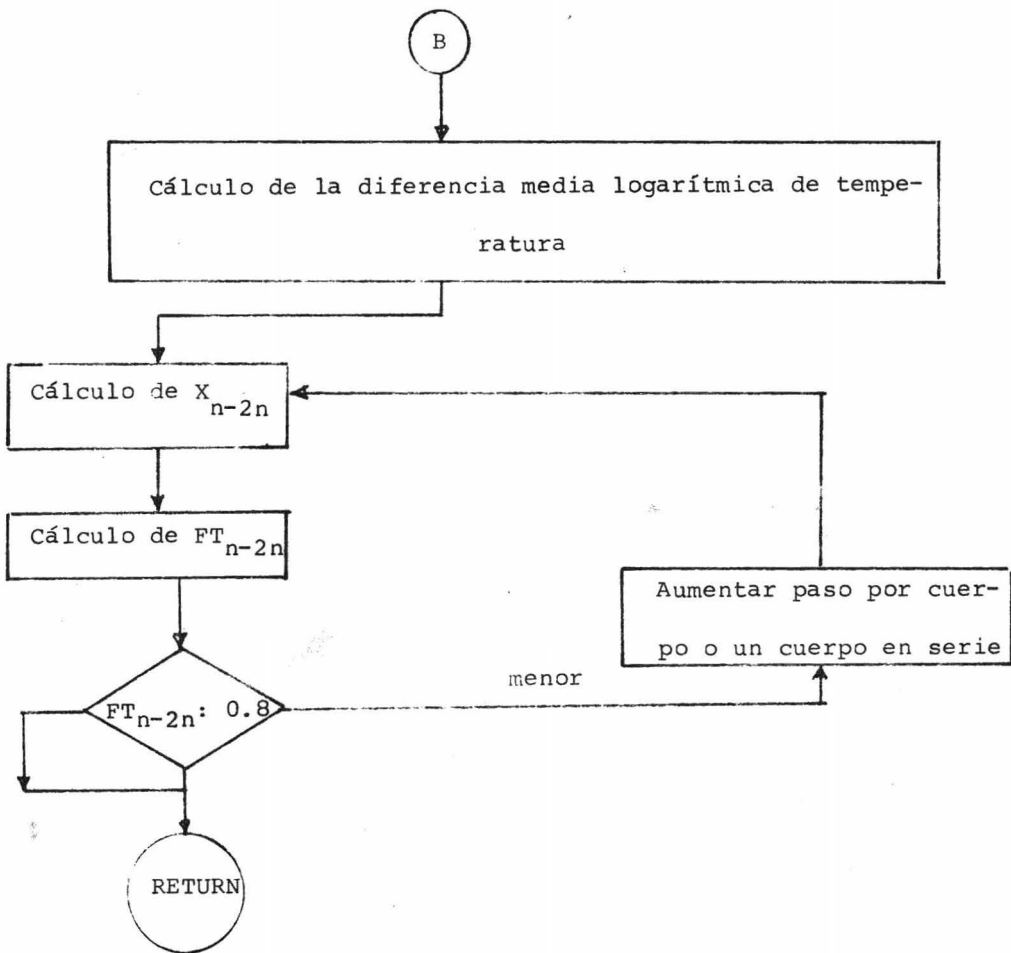
SUBROUTINA DEPSH



SUBROUTINA DEPTUB



SUBROUTINA FTA



SUBROUTINA VISC

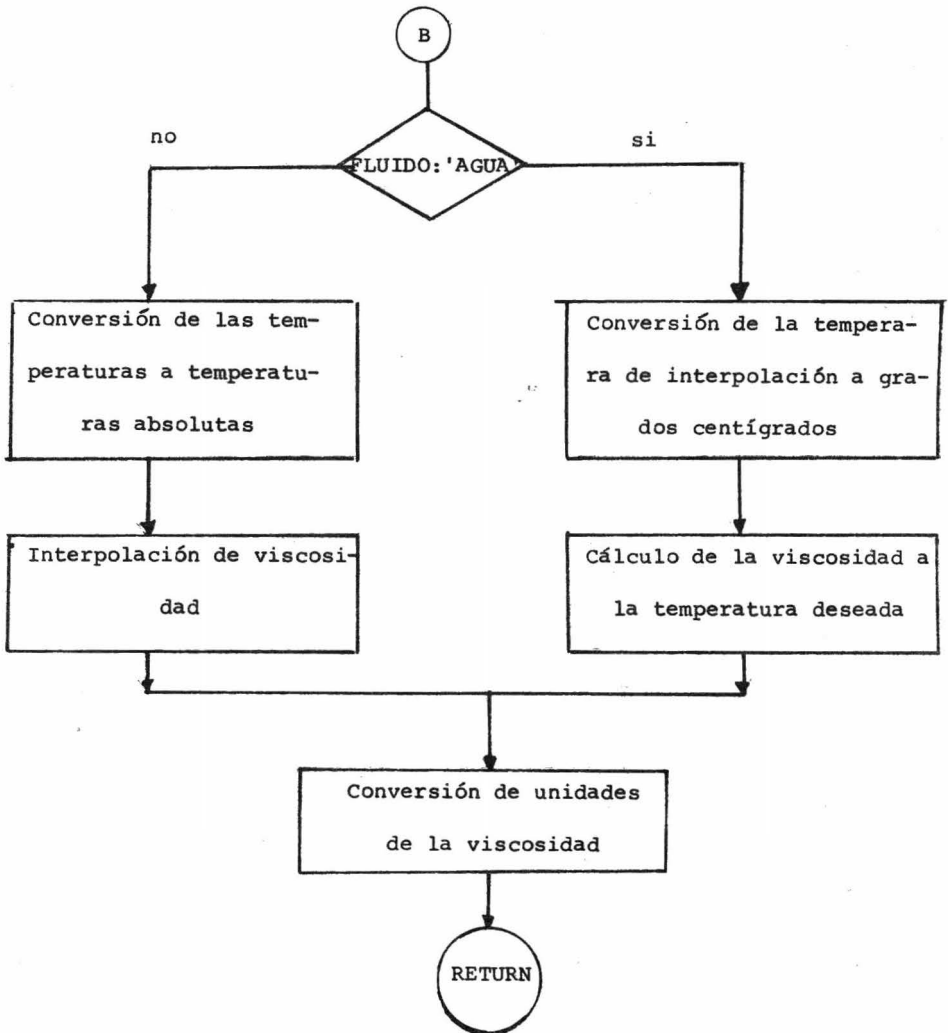
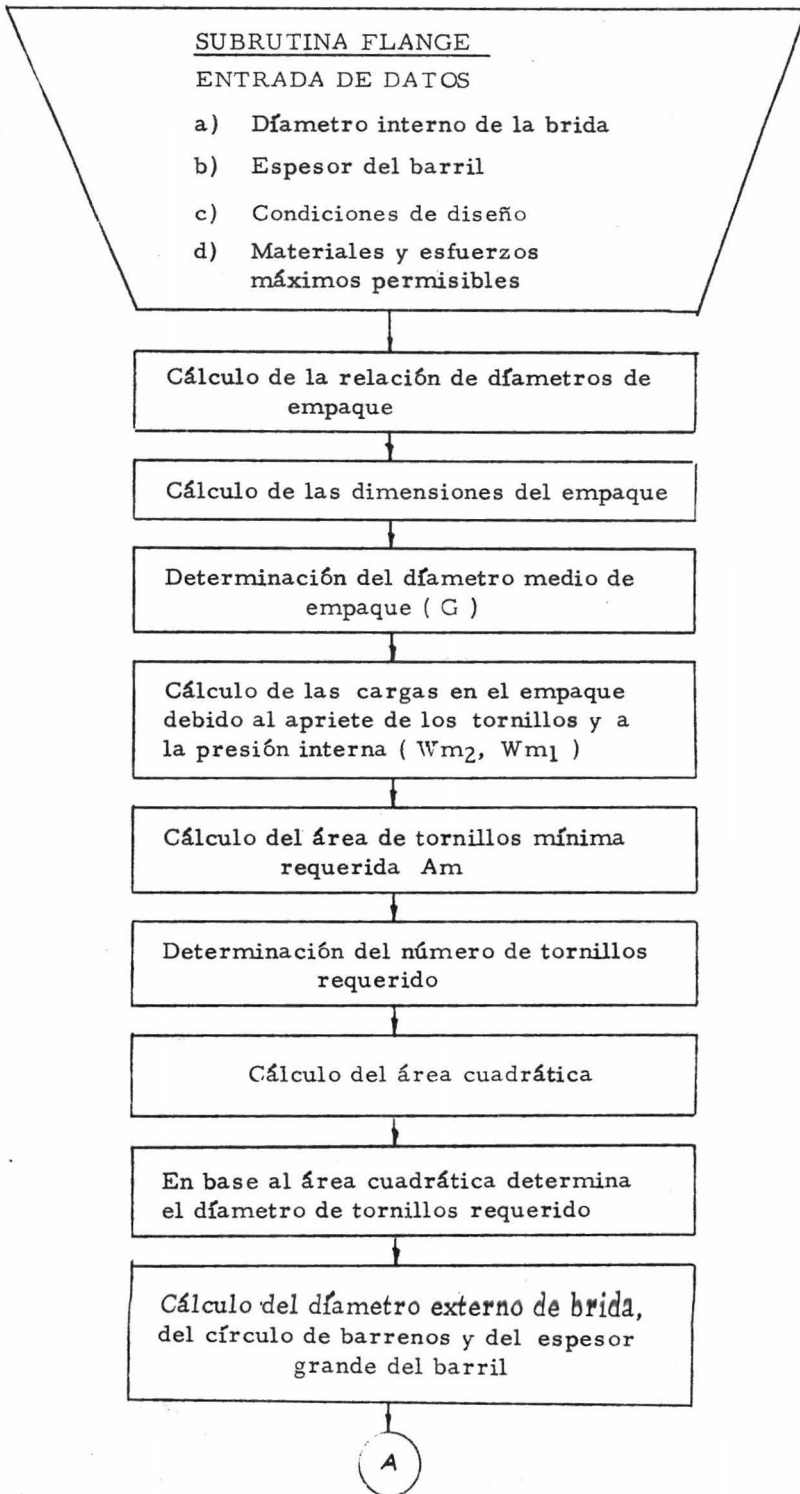
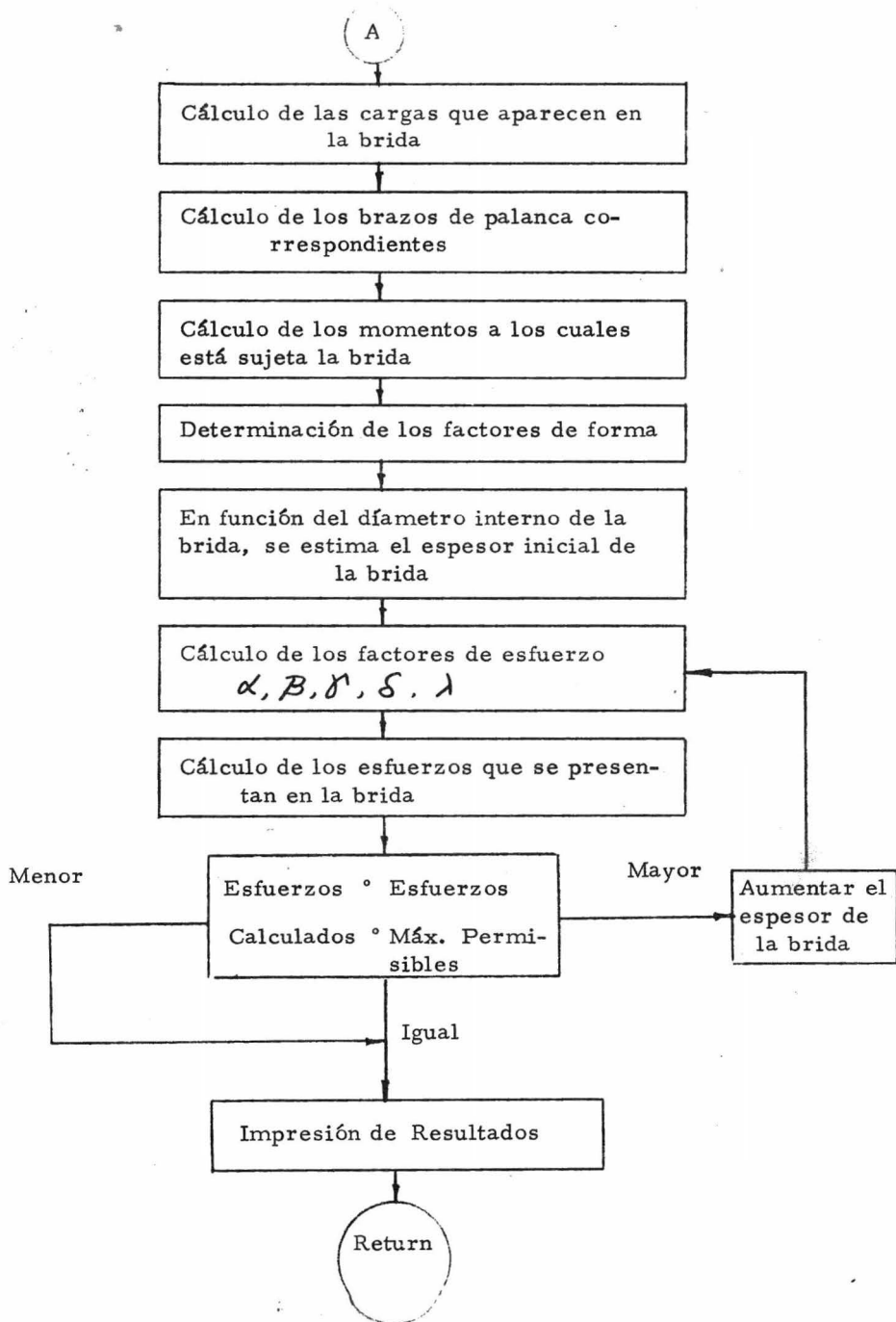
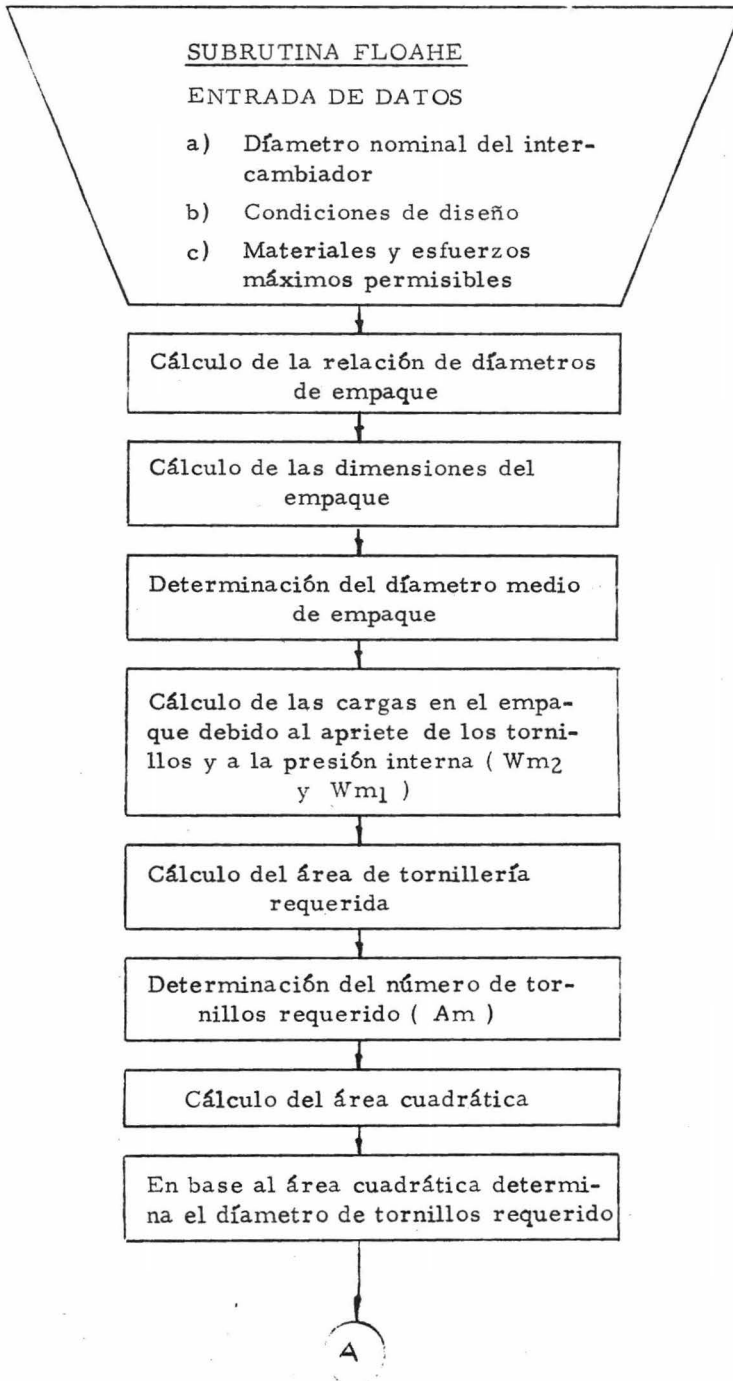
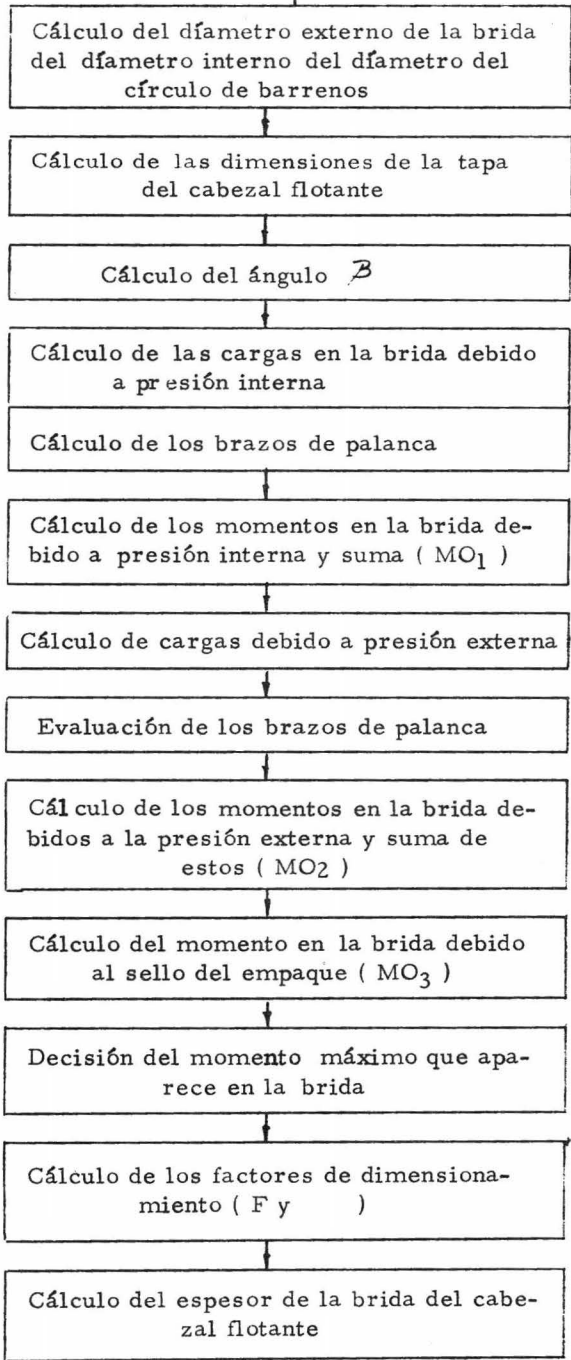


DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA SUBROUTINA FLANGE

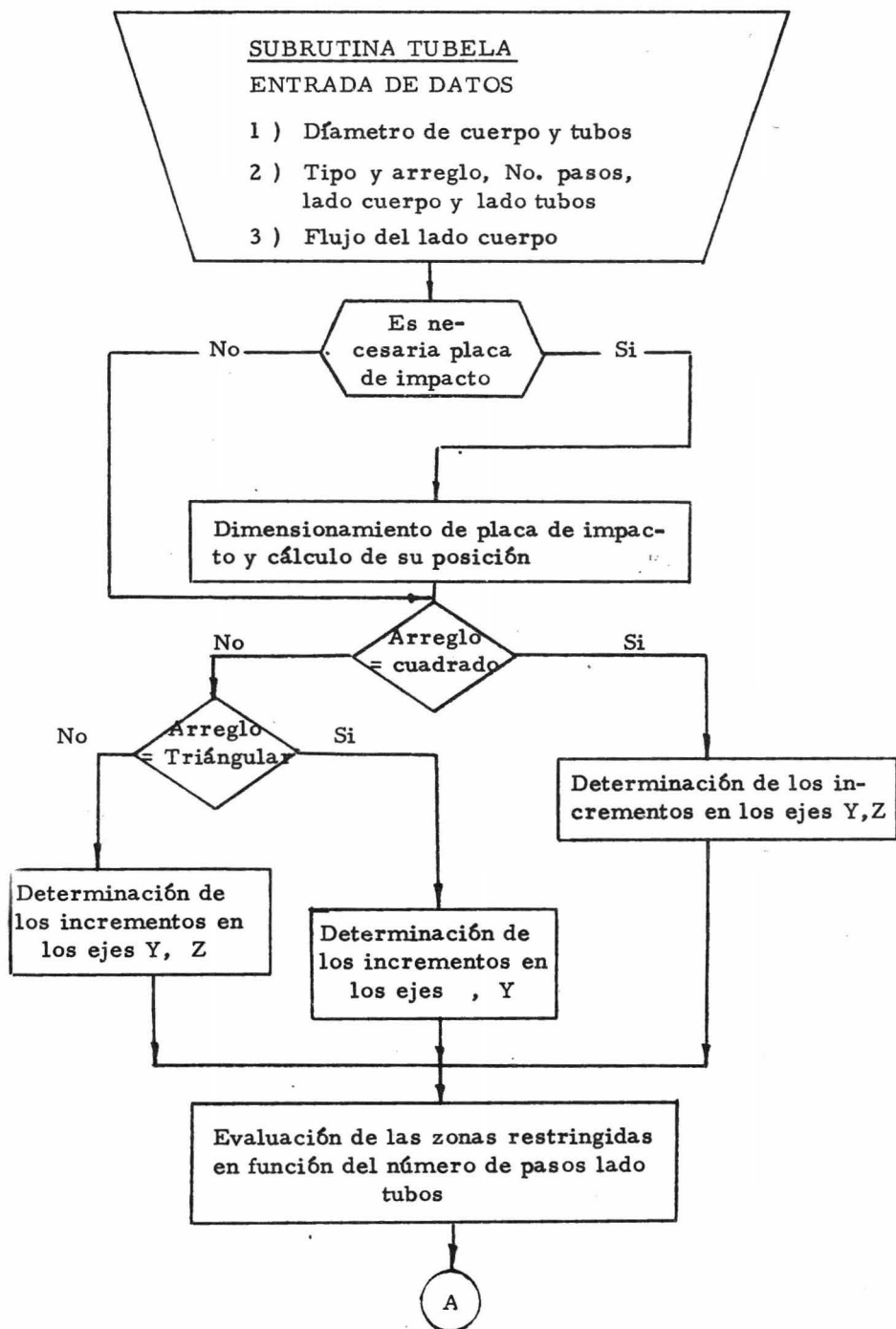


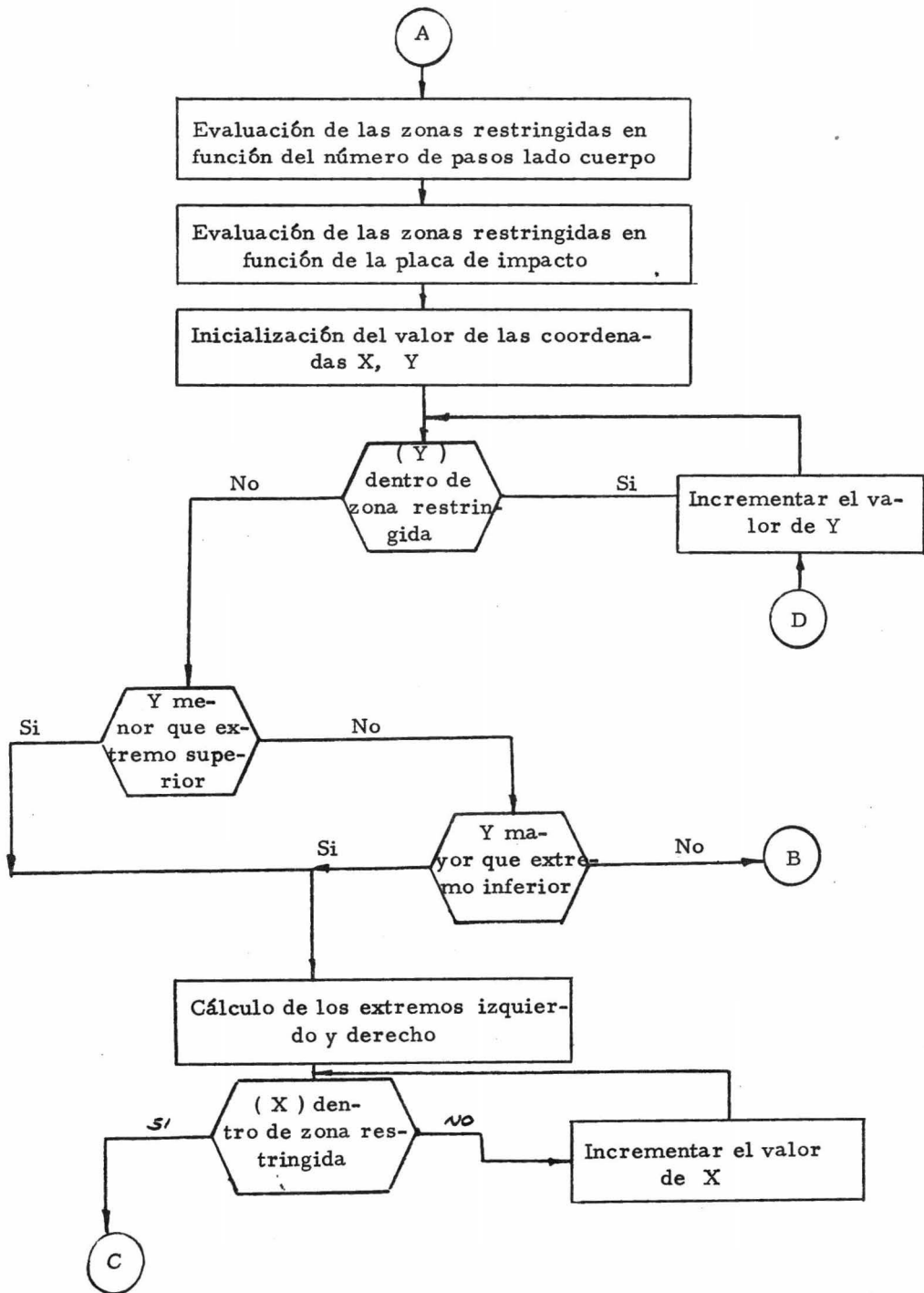






Return





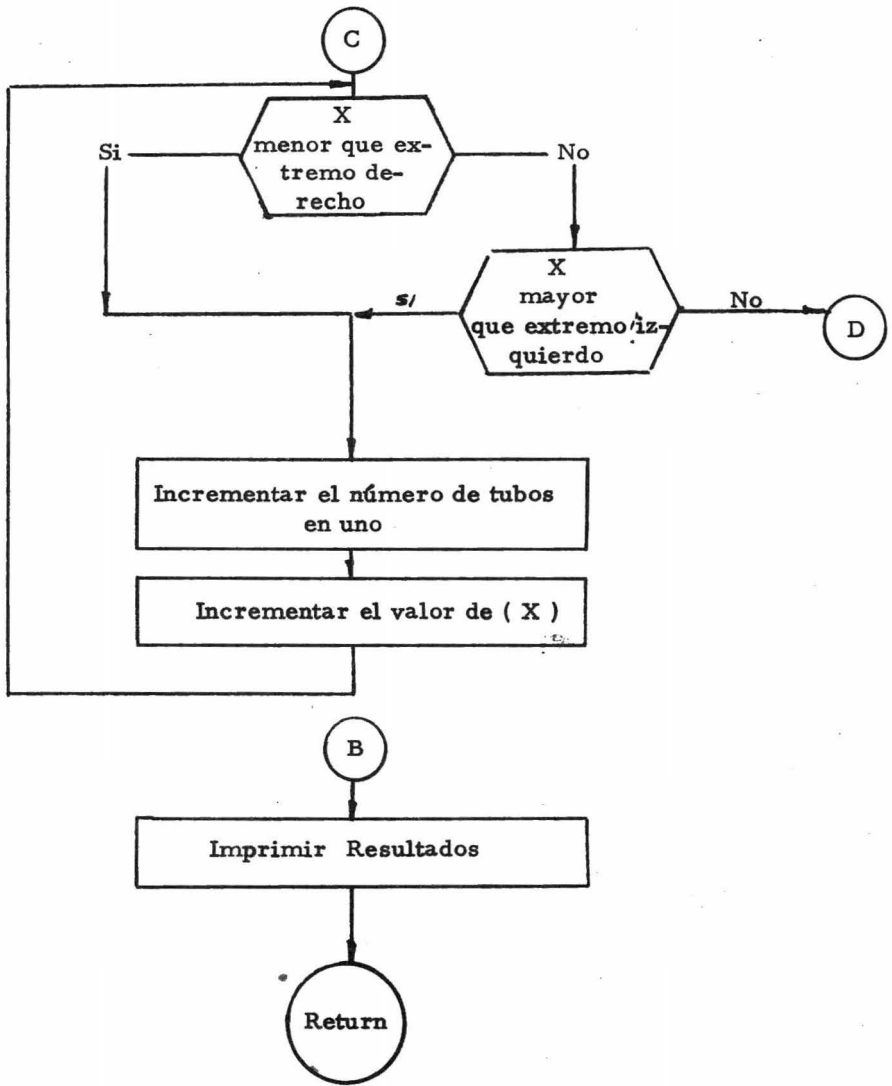


DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA SUBROUTINA ESPEJO

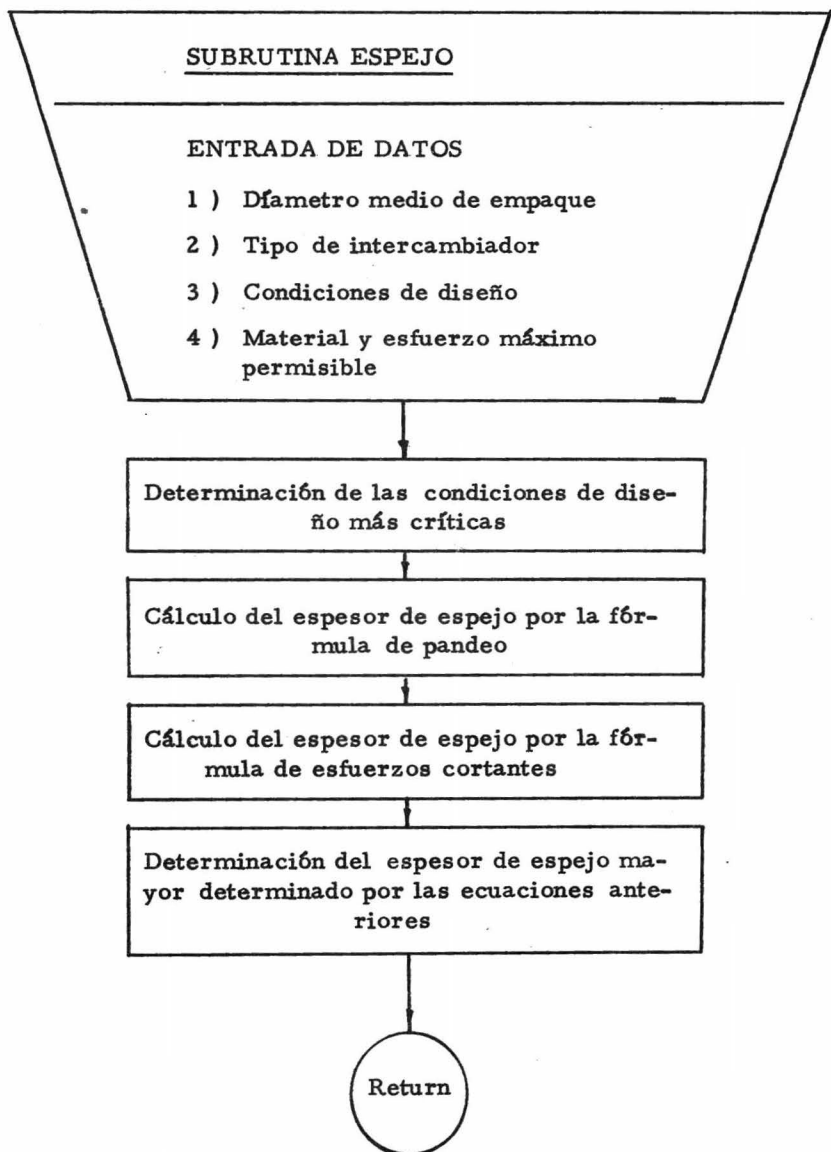


DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA SUBROUTINA TAPAS P

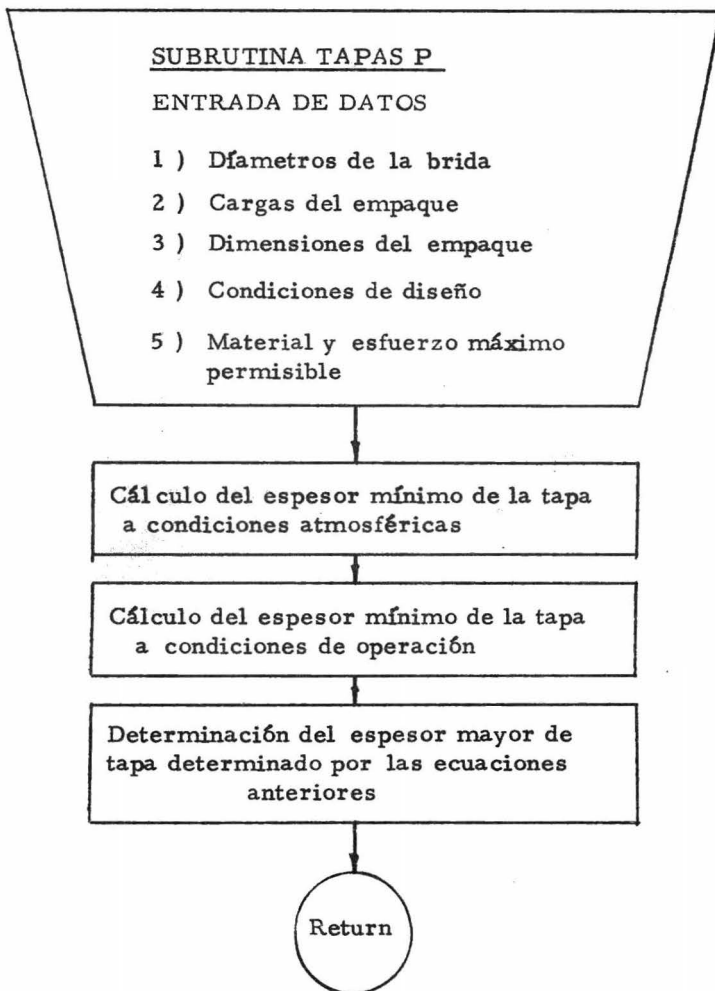


DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA SUBRUTINA TAPAS F

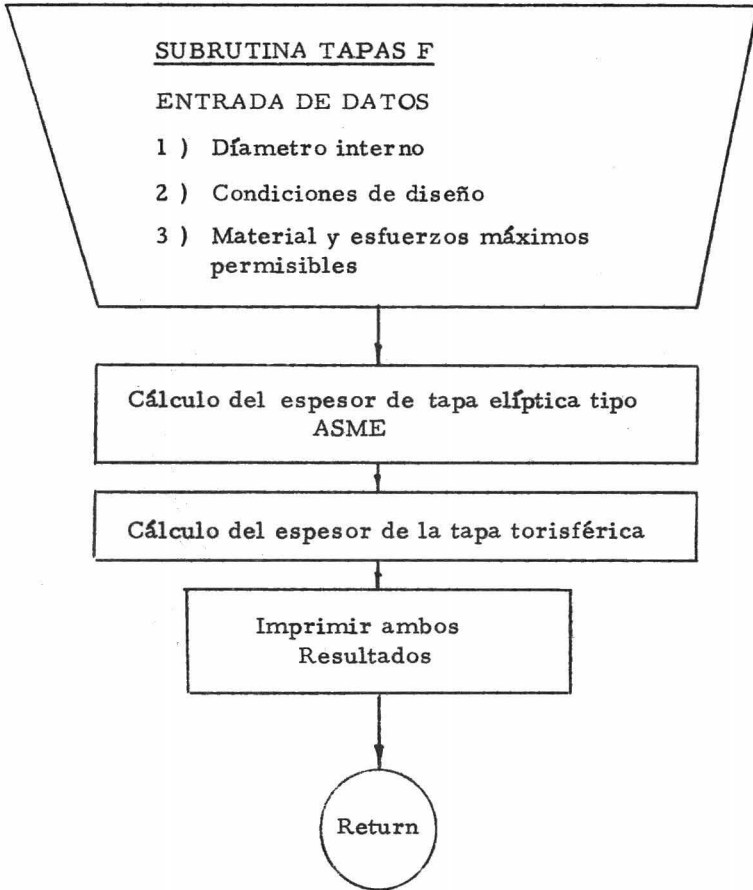
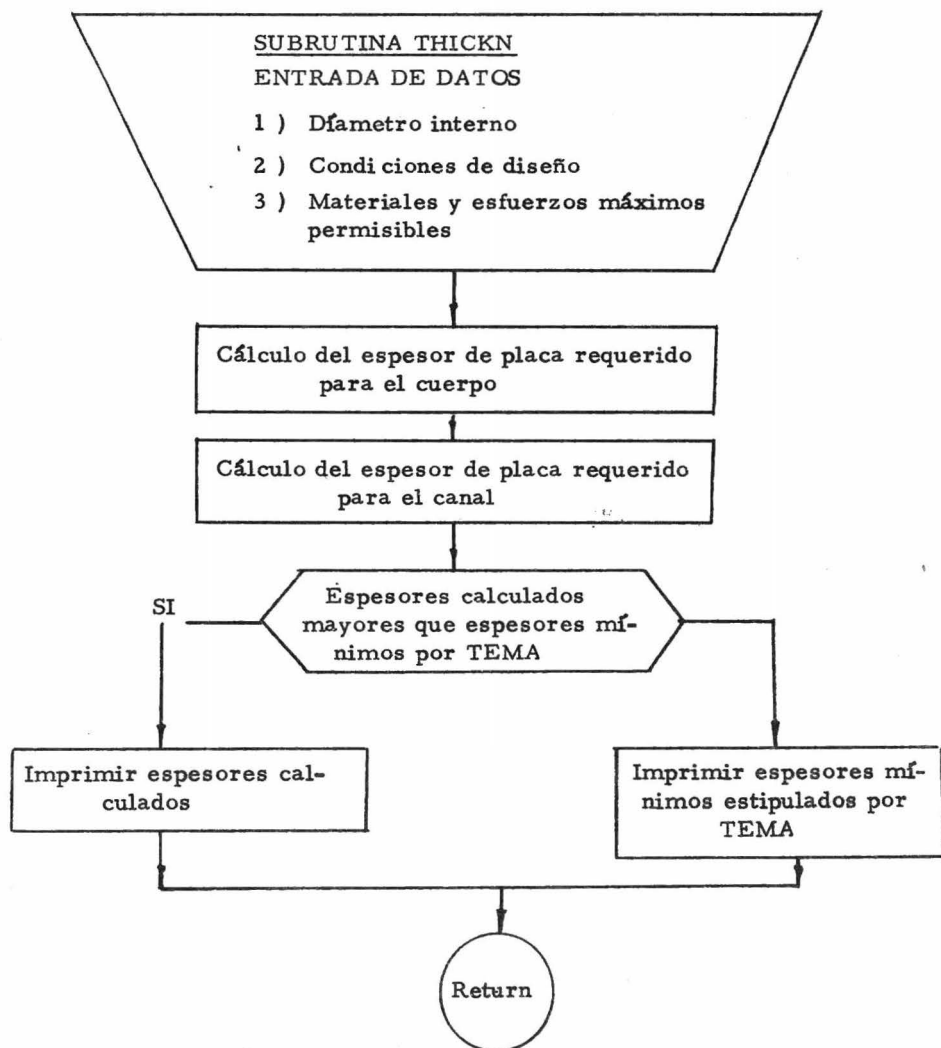
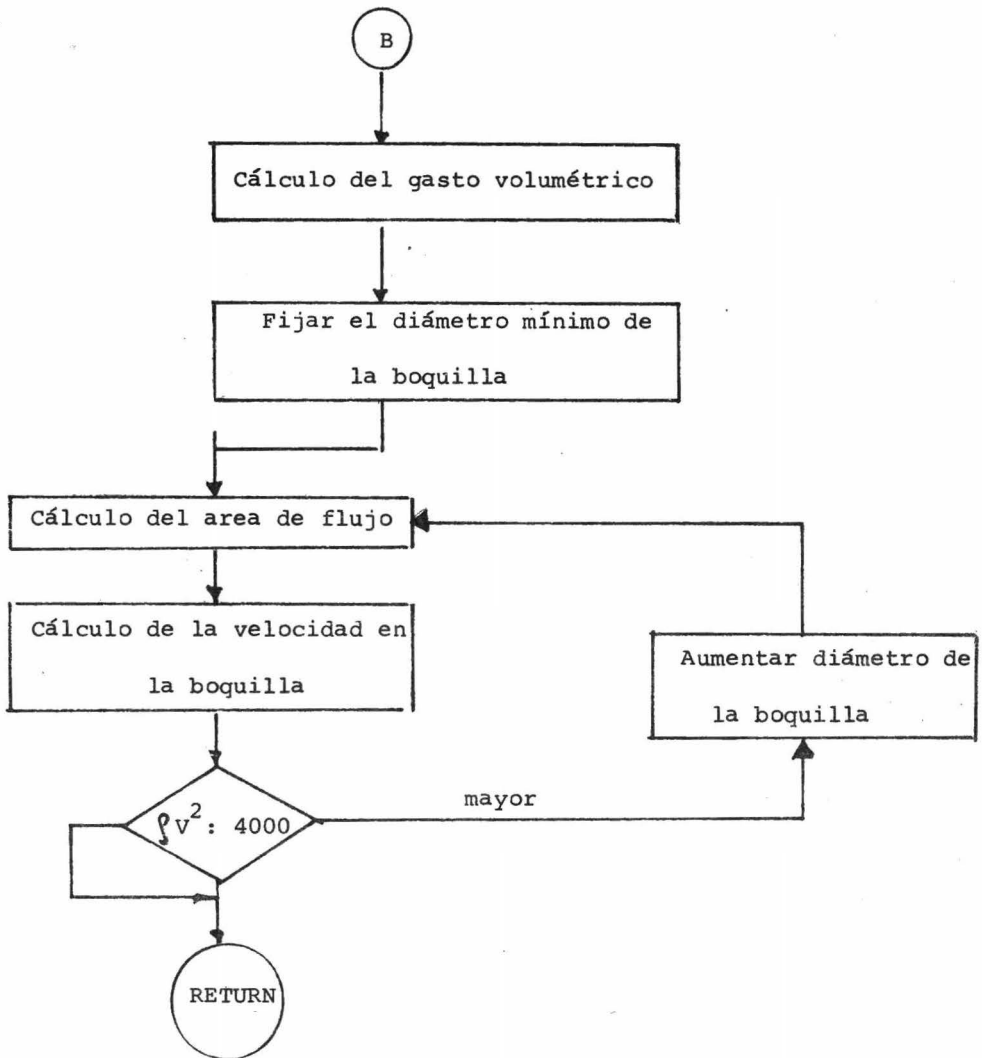


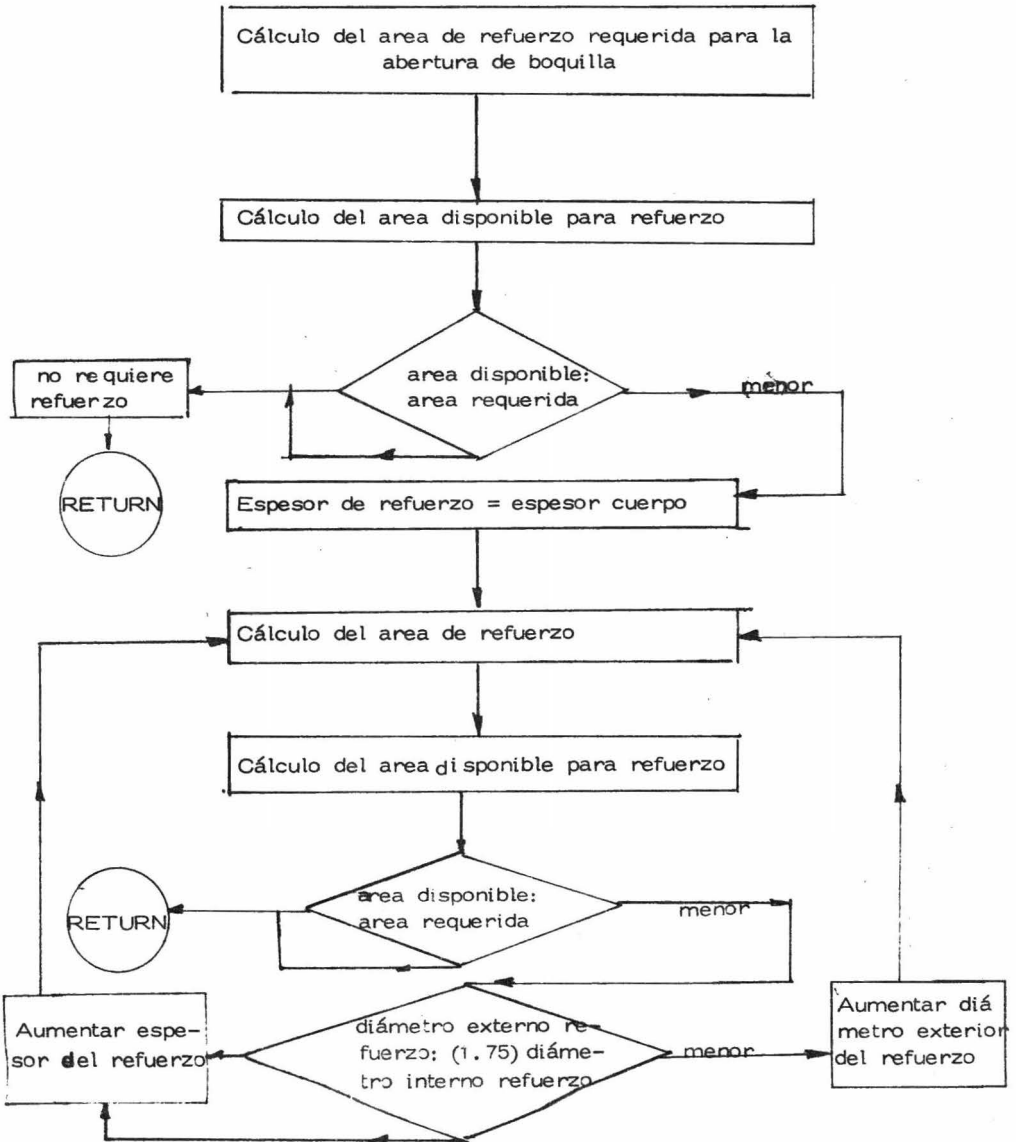
DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA SUBROUTINA THICKN



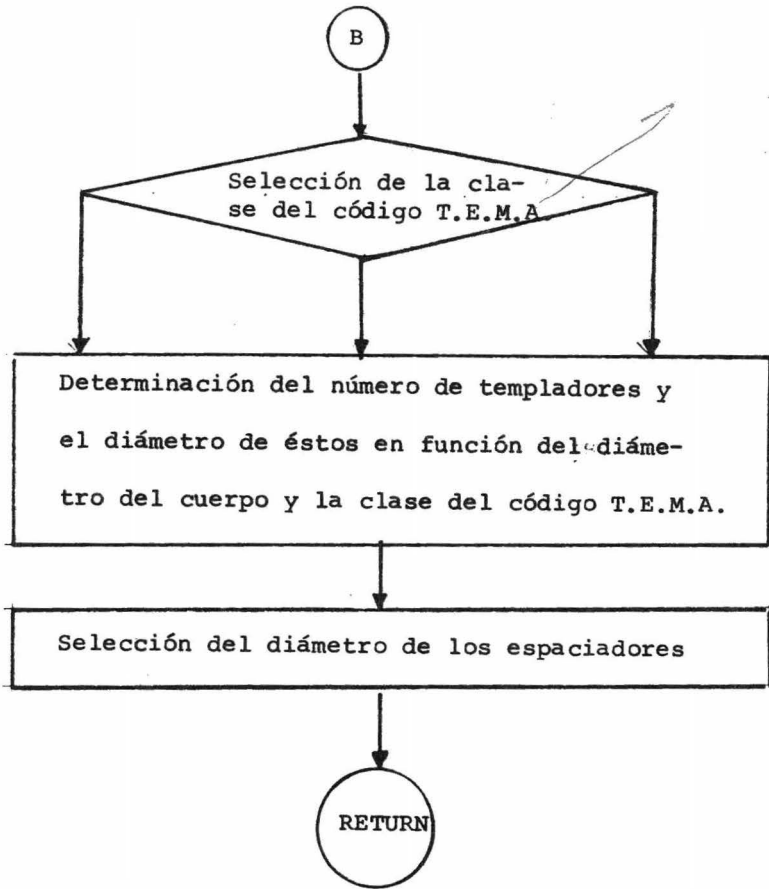
SUBROUTINA NOZZLE



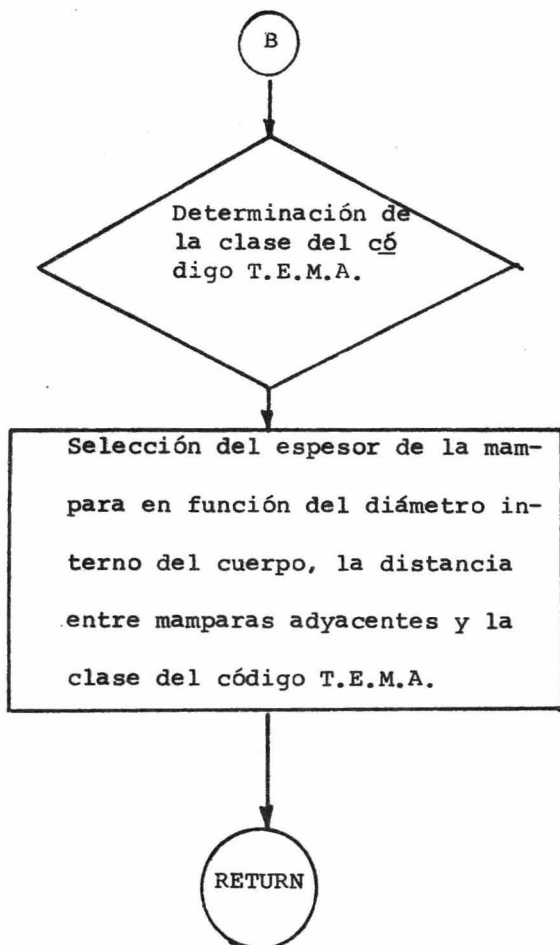
SUBROUTINA PADS



SUBROUTINE SPACER



SUBROUTINA BAFFLE



CAPITULO V

A continuación se presenta el listado completo del programa HEATEX / DESIGN. Se incluyen además los resultados de varios intercambiadores de calor calculados por este programa.

La primer página del listado presenta el tiempo requerido para el diseño de estos intercambiadores. De aquí se puede ver la gran ayuda que puede representar este programa para el diseñador de equipos de transferencia de calor.

104 IF(CONT1.EQ.0)GO TO 112
Q2=MS*CS*(T1-T2)/Q=Q2/WT=Q/(CPT*(TT2-TT1))
GO TO 109

112 Q2=MS*CS*(T2-TS1)/Q=Q2/WT=Q/(CPT*(TT1-TT2))
GO TO 109

105 IF(CONT2.EQ.0)GO TO 113
Q1=WT*CP*(TT2-TT1)/Q=Q1/JS=Q/(CPS*(TT1-TT2))
GO TO 109

106 106
113 Q1=WT*CP*(TT1-TT2)/Q=Q1/JS=Q/(CPS*(TT2-TT1))
T4T=(TT1+TT2)/2.JT4S=(TS1+TS2)/2.
CALL VTSC(TT1,TT2,MUT1,MUT2,FLUIT,THI,MUT)
CALL VTRC(TS1,TS2,MUS1,MUS2,FLUIS,THS,MUS)
PRT=CP*MUT/KT+PRS=CPS*MUS/KS
TDT=ABS(TT2-TT1)+TDS=ABS(TS1-TS2)
IF(TD4.PD+TDT)GO TO 114
LWTD=(TS1-TT2)-(TS2-TT1)/ALNG((TS1-TT2)/(TS2-TT1))
NPS=1
GO TO 115

114 LWTD=PD*FT=1.
NPS=1
GO TO 114

115 CUERP=1.
CALL FT1(TT1,TT2,TS1,TS2,CHERP0,N,LHTD,MTD)
CUFRPN=FLOAT(N)
IF(CUFRPN.EQ.1.)GO TO 116
IF(CONT1.EQ.0)GO TO 117
IF(CONT1.EQ.2)GO TO 118
GO TO 119

117 NPS=1
GO TO 116

118 TRAP=FLOAT(N)/2.IU=FIX(TRAP)/REST=TRAP-FLOAT(IN)
IF(REST.EQ.0.)GO TO 120
CUFRPN=CHERP0+1.
CALL FTA(TT1,TT2,TS1,TS2,CHERP0,N,LHTD,MTD)

120 NPS=2*CHERP0=CHERP0/FLOAT(NPS)
116 IF(FT.NE.1.)GO TO 119
NPTMIN=1
GO TO 121

119 NPTMIN=FIX(2.*FLOAT(NPS)*CUERP0) 134
121 NT=MT/FLOAT(NCPART)
MS=NST/FLOAT(NCPARS)

129 DISPR=1.
128 IF(ABS.PD+TR)GO TO 122
K1=(-1./4)K2=(-0.1)K3=.43K4=(-0.25)
GO TO 123

122 K1=1./4IK2=(-0.9)K3=0.69IK4=(-0.6)
123 IF(ABS.PD+TR)GO TO 124
NTP=FIX((N)ISPR=K1)**2.*PI/A.+K2)-PT*(DISPR=K1)*(K3)*FLOAT(NPTMIN
1)*K4)/PT**2.)
GO TO 125

124 NTP=FIX((N)ISPR=K1)**2.*PI/A.+K2)-PT*(DISPR=K1)*(K3)*FLOAT(NPTMIN
1)*K4)/(1.22+PT**2.)
125 CORVIT=1.
CALL NPTUR(MUT,MT,SGRT,PHIT,L,CORVIT,NPTMIN,NTP,CUERPO,GT,RE
1T,FLTT,VELT)
IF(NE[PTT.EE.DPTMAX)GO TO 126
IF(NISPR.EQ.48.)GO TO 127
DISPR=NTSPR+1.
GO TO 129

127 NCPART=NCPART+1

C 002101F22
C 002101F33
C 002101F82
C 002101F85
C 002101FD4
C 002101FE1
C 002101FF2
C 002102041
C 002102044
C 002102093
C 002102001
C 002102113
C 002102155
C 002102193
C 0021021C5
C 0021021D5
C 002102225
C 002102233
C 002102240
C 002102253
C 002102264
C 002102264
C 002102272
C 0021022C0
C 0021022C5
C 002102204
C 0021022E5
C 002102301
C 002102304
C 002102312
C 002102315
C 002102351
C 002102360
C 002102371
C 002102385
C 0021023E0
C 0021023F1
C 0021023F5
C 002102402
C 002102422
C 002102434
C 002102450
C 002102455
C 002102484
C 002102504
C 002102511
C 002102594
C 0021025C4
C 002102610
C 002102635
C 002102642
C 002102684
C 0021026C5
C 002102603
C 002102733
C 002102751
C 002102763
C 002102775
C 002102790
C 002102793


```

104, CORRNS)
FAC=0.
CALL FLANGE(FLSHAT,SFC,SFATS,RJLHAT,SHD,SHAT,GASHAT,Y,ANG,GASTHK,PD
IS,TOT,OTS,TCH,A*RC*G*H*H*1,RJG,FAC*DIS)
PRINT 330
320 F0RMAT(43X,"THIS DESIGN IS FOR BOTH SHELL FLANGES"//)
TSQDA
CALL F0RJOCT(SQDA,G,FSHAT,STS,PHT,PDS,DTL,OPT,UPS,PT,CORRNS,TIPD,D
LOT,TOT,TDS,TSHK)
PRINT 300,TS,HAT,STS,P,TEMP,TEQU,TSHK
CALL FLANGE(FLENHAT,SFC,SFATC,RJLHAT,SHD,SHAT,GASHAT,Y,ANG,GASTHK,PD
LT,TOT,OTS,TCH,A*RC*G*H*H*1,RJG,FAC*DIS)
PRINT 331
321 F0RMAT(43X,"THIS DESIGN IS FOR BOTH CHANNEL FLANGES"//)
CALL TAPASPC(PDT,TOT,CHLHAT,SFC,SFC,SFATC,CORRNS,H*1,G*HG,A*BC)
CALL RAFFLE(DIS,R,TEHA,LABFHAT,JB)
PRINT 310,NDTR,TRDIA,PIE,HAT,NDTR,TWDIA,SPANAT
GO TO 313
309 CALL THTCK(NDIS,POT,PDS,SSH,SCA,TEHA,SHENHAT,CHANHAT,TOT,TDIS,TS,H
TCH,CORRNS)
FAC=0.
CALL FLANGE(FLSHAT,SFC,SFATS,RJLHAT,SHD,SHAT,GASHAT,Y,ANG,GASTHK,PD
IS,TOT,OTS,TCH,A*RC*G*H*H*1,RJG,FAC*DIS)
PRINT 330
TSQDA
CALL F0RJOCT(SQDA,G,FSHAT,STS,PHT,PDS,DTL,OPT,UPS,PT,CORRNS,TIPD,D
LOT,TOT,TDS,TSHK)
PRINT 300,TS,HAT,STS,P,TEMP,TEQU,TSHK
CALL FLANGE(FLENHAT,SFC,SFATC,RJLHAT,SHD,SHAT,GASHAT,Y,ANG,GASTHK,PD
LT,TOT,OTS,TCH,A*RC*G*H*H*1,RJG,FAC*DIS)
PRINT 331
CALL TAPASPC(PDT,TOT,CHLHAT,SFC,SFC,SFATC,CORRNS,H*1,G*HG,A*BC)
CALL RAFFLE(DIS,R,TEHA,LABFHAT,JB)
PRINT 310,NDTR,TRDIA,PIE,HAT,NDTR,TWDIA,SPANAT
GO TO 313
310 PRINT 300,TTPO
322 F0RMAT(43X,"THE MECHANICAL DESIGN OF THIS"X*3,2X,"TEJA TYPE HEAT
EXCHANGER IS NOT POSSIBLE"//X*3,"PLEASE CONSULT THE PROGRAM INSTRU
2CTHVEN",75(" "))
GO TO 303
313 IF(COUNT,IF,2)GO TO 323
IF(COUNT,IF,1)GO TO 323
FUNS=1
GO TO 147
323 GO TO 351
352 CALL EXIT
END

```

```

C 0021087711
C 0021087712
C 0021087710
C 0021087710
C 0021087711
C 0021087712
C 0021087712
C 0021087711
C 0021087715
C 0021087710
C 0021087712
C 0021087712
C 0021087713
C 0021087712
C 0021087712
C 0021087711
C 0021087710
C 0021087710
C 0021087711
C 0021087712
C 0021087710
C 0021087710
C 0021087711
C 0021087712
C 0021087712
C 0021087711
C 0021087715
C 0021087712
C 0021087712
C 0021087712
C 0021087713
C 0021087712
C 0021087713
C 0021087710
C 0021087712
C 0021087715
C 0021087711
C 0021087710
C 0021087710
C 0021087713
C 0021087710
C 0021087715

```

F0RMAT STATEMENT 003 IS 0033 1088+
SERIAL 002 IS 0000 1086


```

14 TO TR=03125
   IF
15 IF(ATS=1F.DTSH(I))GOTO 16
   IF(I.F0.6)GOTO 16
   I=I+1
   GO TO 15
16 TOI PA=TOIR(I)
   STR=((TOI+TALT)*2.-DOT**2.)*PI/4.)*(FLOAT(NTT/NPS)-FLOAT(NTBU))/
11A4.
   SSR=TOI34*(ATS-TILR4)*(PI-4.COS(1.-2.*CUT))/(288.*FLOAT(NPS))
   SL=STR+SSR
   SLC=SI/60
   STI=STR+2.*SSR
   HLE=(.65*SL+1*(1.-EXP(-30.*SLC)))*STI/SL
   HLE=(1.-HLE)*HML
   RETI04
   END

```

```

C 007400F014
C 007400F013
C 007400F011
C 0074010012
C 0074010114
C 0074010310
C 0074010313
C 0074010511
C 0074010914
C 0074010914
C 0074011011
C 0074011113
C 0074011213
C 0074011412
C 0074011415
C 0074011414
C 0074011F10

```

SEGMENT 007 15 015R 174R 96


```

SUBROUTINE DDEFT(HIT,CPT*KT,DIT*GT,RET,PRT,L*WPT,CUERPO,HINF)
IF(CPT*GT*1000.0) GO TO 1
IF(CPT*GT*2100.0) GO TO 2
HINF=.44*RET**(-2./3.)*PRT**(-2./3.)*(L*FLOAT(WPT)*CUERPO*12./DIT
1)*(-1./3.)*CPT*GT
GO TO 3
2 HINF=.116*CPT*GT*(C*(LT**(.2./3.)-125.)/RET)*C1.+(DIT/(12.*L*FLOAT(W
2PT)*CUERPO))**(.2./3.)*PRT**(-2./3.)
GO TO 3
1 HINF=.033*RET**(-.2)*PRT**(-2./3.)*CPT*GT
3 RETURN
END

```

```

      START OF SEGMENT 030
C 0001000010
C 0001000010
C 0001000013
C 0001000010
C 0001000015
C 0001000015
C 0001000012
C 0001000012
C 0001000014
C 0001000010
C 0001000012
C 0001000012
C 0001000015
SEGMENT 030 IS 0036 LONG

```

111
 SUBROUTINE VISC(T1,T2,MU1,MU2,FLUIDD,T3,MU3)
 REAL MU1,MU2,MU3
 DIMENSION FLUIDD(4)
 IF(FLUIDD(1).EQ.'AGUA ')GO TO 1
 TK1=(T1-32.)/1.8+273.
 TK2=(T2-32.)/1.8+273.
 TK3=(T3-32.)/1.8+273.
 MU3=MU1*(MU1/MU2)**((TK2/TK3)-((TK1-TK3)/(TK2-TK1)))
 GO TO 2
 1 TC3=(T3-32.)/1.8
 MU3=100./(2.1482*((TC3-8.435)+SQRT(8078.4+(TC3-8.435)**2.))-120.)
 2 MU3=MU3*.42
 RETURN
 END

START OF SEGMENT 00F
 C 00F1000010
 C 00F1000010
 C 00F1000010
 C 00F1000010
 C 00F1000014
 C 00F1000012
 C 00F1000012
 C 00F1001315
 C 00F1001412
 C 00F1001714
 C 00F1002212
 C 00F1002414
 C 00F1002511
 SEGMENT 00F IS 0031 LONG

```

SUBROUTINE TIBELAC(I5,DUT,ARR,PT,NSP,NTP,NS,DENS1,TYPE,NTT,NTCL,NT
18N90,NTW45,NTW80,NTW75,NTW70,NTW65,NTW60,NW10,NW15,NW20,NW25
2,NW30,NW35,NW40,NC10,NC15,NC20,NC25,NC30,NC35,NC40,UTL)
COMMON CONTA
DIMENSION XT(3500),YT(3500),VFCTR(100*80),VECT(3500)
REAL NW10,NW25,NW35,NW40,NW50,INTERM,IMPAN1,IMPARI,IMPAR2
DATA NW10,NW25,NW35,NW40,NW50/10.,20.,25.,30.,35./
PI=3.14159
NTCL=0JNTW40=0JNTW45=0JNTW80=0JNTW75=0JNTW70=0JNTW65=0JNTW60
10=0JNW10=0JNW15=0JNW20=0JNW25=0JNW30=0JNW35=0JNW40=0JNC10=0JNC15=0
1JNC20=0JNC25=0JNC30=0JNC35=0JNC40=0
BLANC=' '
ODT=' '
DD 59 J=1*60
DD 58 J=1*100
VECTO(T, J)=BLANC
58 CONTINUE
59 CONTINUE
RT=ODT/2.
OSMS=(OSMS1+3600.)
IF(OTL.LF.10.)GO TO 1
IF(OTL.LF.25.)GO TO 2
IF(OTL.LF.35.)GO TO 3
IF(OTL.LF.40.)GO TO 4
DINMAX=NW50
GO TO 5
1 DINMAX=NW10
GO TO 5
2 DINMAX=NW25
GO TO 5
3 DINMAX=NW35
GO TO 5
4 DINMAX=NW40
5 DIN=2.
6 AF=NTW*2.*PI/576.
VEI=ODT/AF
FA=VEL*2.*DENS1
IF(FA.LF.4000.)GO TO 7
DIMNTN=2.
GO TO 8
7 IF(FA.LF.1500.)GO TO 8
IF(NTN.GT.DINMAX)GO TO 9
DINNTN=2.
GO TO 4
8 YP=0.
GO TO 10
9 REI=ODT*5*OT(DEF1/1400.)
IMPAN=ODTAR/RIS
IMPARI=NTN/2.*2.
BETAI=VQAD/RIS
HIPRT=2.
15 ALPHA=HT/RIS
H=0.015708
OMEG=VQAD/RIS
PSI=0.00001
INTERM=0.
EPAT=RT*H
NUMFIMM1(POST,OMEG)
INTERM=INTERM+NUM

```

```

START OF SEGMENT AUF
C 00F1000010
C 00F1000010
C 00F1000010
C 00F1000010
C 00F1000010
C 00F1000010
C 00F1000010
C 00F1000010
C 00F1000010
C 00F1000213
C 00F1000711
C 00F1000011
C 00F1001111
C 00F1001313
C 00F1001513
C 00F1001710
C 00F1001410
C 00F1001415
C 00F1001010
C 00F1001F11
C 00F1002013
C 00F1002213*
C 00F1002315
C 00F1002511
C 00F1002413
C 00F1002715
C 00F1002814
C 00F1002011
C 00F1002410
C 00F1002815
C 00F1002014
C 00F1002011
C 00F1002F10
C 00F1002F15
C 00F1003111
C 00F1003213
C 00F1003315
C 00F1003510
C 00F1003612
C 00F1003615
C 00F1003412
C 00F1003314
C 00F1003010
C 00F1003011
C 00F1003014
C 00F1003712
C 00F1003012
C 00F1002712
C 00F1003112
C 00F1003814
C 00F1003810
C 00F1003813
C 00F1003915
C 00F1004013
C 00F1004011
C 00F1003713
C 00F1003F15

```



```

DD 301 T=IXP1I,IXP1D
VECTOR(T,IVP1)="*"
301 CONTINUE
302 IF(EXP020,FO,EXP021)GO TO 303
DD 30A T=IXP2I,IXP2D
VECTOR(T,IVP2)="*"
304 CONTINUE
303 IF(EXP030,FO,EXP031)GO TO 305
DD 30A T=IXP3I,IXP3D
VECTOR(T,IVP3)="*"
306 CONTINUE
305 IF(XP0,FO,0)GO TO 307
DD 30A T=1,1015
VECTOR(IVP,1)="*"
308 CONTINUE
307 CONTINUE
IF(TV0E,FO,"AET",JR,TYPE,EO,"AEU",JR,TYPE,EO,"BET",JR,TYPE,EO,"BFN")
1)GO TO 25
DELFT=DELFT/2,+0.0425
GO TO 23
25 IF(DELFT,FO,+0.75)GO TO 27
IF(DELFT,FO,+1)GO TO 30
DELFT=DELFT/2,+0.475
GO TO 23
27 DELFT=DELFT/2,+1.5
GO TO 23
30 DELFT=DELFT/2,+1.55
23 NTO0
IF(ADD,FO,"SQ")GO TO 31
IF(ADD,FO,"TO")GO TO 32
AJJY=DELFT*SQRT(2.)
AJJY=DELFT*SQRT(2.)/2.
GO TO 33
32 AJJY=DELFT
AJJY=DELFT*SQRT(3.)/2.
GO TO 33
31 AJJY=DELFT
AJJY=DELFT
33 N=1
SIGN=1.
INTS=INTY(NTS)+1)TOIS=I)IX(NTS)+1
VECT(JR(I),INTS)="*"LC(T)R(I)DIS,IRIS)="*"
34 IF(V,OF,YPP1I,AND,Y,LE,YPP12)GO TO 34
IF(V,OF,YPP01,AND,Y,LE,YPP22)GO TO 34
IF(V,OF,YPP31,AND,Y,LE,YPP32)GO TO 34
IF(V,OF,LE,0)GO TO 35
IF(V,OF,YPP1)GO TO 35
SIGN=-1.
N=N+1
YPP1S=AJJY
GO TO 34
34 YPP+SIGN*AJJY
N=N+1
GO TO 34
35 IF(V,OF,RIS,AND,Y,LE,(DIS-DELFT))GO TO 37
IF(IGN,I,T,0)GO TO 30
SIGN=-1.
N=N+1
YPP1S=AJJY

```

```

C 00F101444
C 00F101340
C 00F1013A1
C 00F1013C2
C 00F1013D0
C 00F1013F0
C 00F101331
C 00F101452
C 00F101464
C 00F101480
C 00F1014C1
C 00F1014F2
C 00F1014F3
C 00F1014F0
C 00F101551
C 00F101572
C 00F101572
C 00F101574
C 00F1015F5
C 00F101A24
C 00F101A31
C 00F101A54
C 00F101A65
C 00F101A94
C 00F101A11
C 00F101A14
C 00F101A61
C 00F101714
C 00F101723
C 00F101744
C 00F101774
C 00F101794
C 00F1017C1
C 00F1017C3
C 00F101800
C 00F101813
C 00F101812
C 00F101821
C 00F101825
C 00F101833
C 00F101842
C 00F101851
C 00F101874
C 00F101883
C 00F101892
C 00F101894
C 00F1018A1
C 00F1018E0
C 00F101912
C 00F1019F5
C 00F101A14
C 00F101A25
C 00F101A34
C 00F101A43

```

```

GO TO 35
39 IF(Y,AF,AEI,ET,AND,Y,LE,RI$)GO TO 37
GO TO 100
37 IX=ITV(Y)+1
XJ=RTS+SQRT(ABS(2.*RIS+Y**2.))
XI=RTS-SQRT(ABS(2.*RIS+Y**2.))
IX=ITV(XI+1.4467*Y)**1
IX=ITV(XI+1.6667)*1
VECTOR(XI,IV)="*"
VECTOR(XI,IV)="*"
STAT1=1.
IF(Y,AT,EXR40S,OR,Y,LT,EXR40I)GO TO 400
N040=N040+1
4 00 IF(Y,AT,EXR35S,OR,Y,LT,EXR35I)GO TO 401
N035=N035+1
# 01 IF(Y,AT,EXR30S,OR,Y,LT,EXR30I)GO TO 402
N030=N030+1
# 02 IF(Y,AT,EXR25S,OR,Y,LT,EXR25I)GO TO 403
N025=N025+1
# 03 IF(Y,AT,EXR20S,OR,Y,LT,EXR20I)GO TO 404
N020=N020+1
# 04 IF(Y,AT,EXR15S,OR,Y,LT,EXR15I)GO TO 405
N015=N015+1
# 05 IF(Y,AT,EXR10S,OR,Y,LT,EXR10I)GO TO 406
N010=N010+1
# 06 IF(Y,IF,EXR11I)GO TO 407
IF(Y,IF,EXR11I)GO TO 408
IF(Y,IF,EXR21I)GO TO 409
IF(Y,IF,EXR25I)GO TO 410
IF(Y,IF,EXR31I)GO TO 411
IF(Y,IF,EXR35I)GO TO 412
IF(Y,IF,EXR40I)GO TO 413
GO TO 414
# 07 N410=N410+1
# 08 N415=N415+1
# 09 N420=N420+1
# 10 N425=N425+1
# 11 N430=N430+1
# 12 N435=N435+1
# 13 N440=N440+1
# 14 EXN=RTS+SQRT(2.*RIS+Y**2.)=AELET
EXT=RTS-SQRT(2.*RIS+Y**2.)=AELET
IF(ARD,PO,"SQ")GO TO 30
QUIT=FLNAT(N)/2.
TRAP=ITV(QUIT)
RECT=QUIT*FLNAT(TRAP)
IF(REST,PO,0.)GO TO 40
X=RTS
GO TO 41
40 X=RTS+4.44Y/2.
GO TO 41
39 X=RTS
41 IF(Y,AF,YPPI,AND,X,LE,XP2)GO TO 42
IF(Y,AF,RTS,AND,Y,LE,EXU)GO TO 43
IF(SIQ41,LT,0.)GO TO 44
IF(ARD,PO,"SQ")GO TO 46
IF(REST,PO,0.)GO TO 46
STAT1=-1
X=RTS-4.44X
GO TO 41

```

```

C 00F101A515
C 00F101A412
C 00F101A314
C 00F101A011
C 00F101A414
C 00F101AF15
C 00F101B310
C 00F101B414
C 00F101B412
C 00F101B311
C 00F101C211
C 00F101C215
C 00F101C511
C 00F101C613
C 00F101C815
C 00F101C815
C 00F101C811
C 00F101C015
C 00F101D011
C 00F101D113
C 00F101D315
C 00F101D511
C 00F101D713
C 00F101D915
C 00F101D911
C 00F101E013
C 00F101E015
C 00F101E013
C 00F101E115
C 00F101E111
C 00F101E113
C 00F101E115
C 00F101E412
C 00F101E714
C 00F101F010
C 00F101F412
C 00F101ER14
C 00F101F010
C 00F101FF12
C 00F101FF14
C 00F101F410
C 00F101F412
C 00F101FF10
C 00F101FE15
C 00F101FF14
C 00F1020011
C 00F1020010
C 00F1020013
C 00F1020012
C 00F1020014
C 00F1020010
C 00F1020011
C 00F1020014
C 00F1020015
C 00F1020014
C 00F1020010

```


✓ SUBROUTINE REPTHRC(MIT,DIT,WT,SGRT,DENT,L,CORVIT,NPT,NTT,CUERPO,GT,
 IRET,NFLATT,WELT)
 REAL MIT
 APT=NTT**2.*3.14159*FLUAT(NTT)/(576.*FLUAT(NPT))
 GT=WT/APT
 RET=GT*MIT/(12.*MIT)
 IF(CRET.GT.2160.)GO 1
 F=10.**(-.3289-.9881*ALOG10(CRET))
 GO TO 2
 1 F=10.**(-2.5124-.2625*ALOG10(CRET))
 2 DELPT=CUERPO*F*GT**2.*L*FLUAT(NPT)/(5.22*10.**10.*(DIT/12.)*SGRT+C
 ORVIT)
 VELT=GT/(3600.*DENT)
 DELPR=4.*FLUAT(NPT)*VELT**2.**42.5*CUEP0/(288.*32.2*SGRT)
 DELPTT=DELPT+DELPR
 RETURN
 END

START OF SEGMENT 012
 C 012100010
 C 012100010
 C 012100010
 C 012100010
 C 012100012
 C 012100014
 C 012100014
 C 012100015
 C 012100012
 C 012100014
 C 012100014
 C 012100012
 C 012100013
 C 012100013
 C 012100014
 C 012100014
 C 012100014
 C 012100011
 SEGMENT 012 TS 0041 LONG


```

SIBR00ITNE FTA(TT1,TT2,TS1,TS2,CIFRPD,N,LMTD,HTD)
REAL MTD,LMTD
TDS=ARS(TS1-TS2)
TDT=ARS(T2-TT1)
IF(TDS.FD.TDT)GO TO 1
LMTD=(TS1-TT2*TS2+TT1)/ALOG((TS1-TT2)/(TS2-TT1))
GO TO 2
1 LMTD=TDC
2 DTMAX=A4X1(TDS,TDT)
DTMIN=A4T1(TDS,TDT)
R=DTMIN/DTMAX
X=DTMAX/(TS1-TT1)
N=FTX(CIFRPD)
5 XX=(1.-(1.-R*X)/(1.-X))*X(1./FLD(N))/(R-((1.-R*X)/(1.-X))*X(1./FLD(N)))
1/FLD(N))
A=1.-XXI=1.-R*XXI=(2./XX)-1.-R*SQRT(R**2.+1.)
D=(2./XX)-1.-R*SQRT(R**2.+1.)E=A/DJF=C/D
IF(F.LF,0,4)F.LF,3)GO TO 3
F=ALOG(E)*SQRT(R**2.+1.)/((R-1.)*A)DG(F)
IF(F.LF,0,4)GO TO 3
MTD=FTA(MTD)
GO TO 4
3 M=4+1
GO TO 5
4 RETURN
END

```

```

START OF SEGMENT 014
C 0141000010
C 0141000010
C 0141000010
C 0141000114
C 0141000312
C 0141000414
C 0141000914
C 0141000411
C 0141000410
C 0141000015
C 0141001014
C 0141001114
C 0141001313
C 0141001413
C 0141001415
C 0141001012
C 0141002411
C 0141002415
C 0141002615
C 0141003011
C 0141003414
C 0141003610
C 0141003613
C 0141003715
C 0141003812
C 0141003815
SEGMENT 014 TS 0744 L074

```


1012	NRRL=H7R0L+4	C	0151001172
	GO TO 1011	C	0151005215
54	BOLTD=HT4MRN(I)	C	0151005312
	BOLTS=RNSPA(I)	C	0151005510
	RE=H(I)	C	0151005614
	EE=F(I)	C	0151005812
	CNS=ROST(I)	C	0151005810
	BOLINT=VALI(I)	C	0151005914
	FAC=FAC(I)	C	0151005912
	A42=HNRN*ROSTAC(I)	C	0151005F10
	GO TO 73	C	0151006111
154	BOLTD=HT4MRN(I+1)	C	0151006114
	BOLTS=RNSPA(I+1)	C	0151006110
	RE=H(I+1)	C	0151006412
	EE=F(I+1)	C	0151006514
	CNS=ROST(I+1)	C	0151006610
	BOLINT=VALI(I+1)	C	0151006612
	FAC=FAC(I+1)	C	0151006914
	A42=HNRN*ROSTAC(I+1)	C	0151006910
72	GASMC=42*SBAT/(2.0*Y*PI*G)	C	0151006C15
	IF(GASMC<LF*GASMIT)GO TO 74	C	0151007011
	DOH=DOH*0.0425	C	0151007111
74	IF(GO=1.5)73,73,56	C	0151007114
	GO TO 34	C	0151007711
77	IF(GO=1.5)73,73,56	C	0151007714
73	G1=2.0*GO	C	0151007814
	GO TO 57	C	0151007C10
56	G1=1.5*GO	C	0151007C13
57	BC=51+GO*(G1+RF)	C	0151007F10
3425	TR42=4.0*(BC+0.125)	C	0151007912
	BOLCT=TR42*(TRAP2)/1	C	0151007915
	ATT=RNLCIR*RNLCN	C	0151008411
	IF(ATT,ATT,0)GO TO 30	C	0151008410
	GC=GC*0.125	C	0151008410
	GO TO 1125	C	0151008414
90	A=RNLCI*2.0*EE	C	0151008411
	B=0.5*(M1+M2)*SB	C	0151008410
	HG=0.5*(RNLCIR-G)	C	0151008410
	MA=H*HG	C	0151008413
	HO=J*STH**2.*P/0.	C	0151008415
	HQ=DF+Q1*0.5	C	0151008413
	HJ=H0*HJQ	C	0151008415
	HG=HG*HJ	C	0151008411
	HT=H*HJ	C	0151008F13
	HTR=(RF*G1+HJ)/2.	C	0151008F15
	HTE=HT+HTR	C	0151008G11
	HO=HG+H*HT	C	0151008A13
	RK=1/STJ	C	0151008A12
323	TE=(RK**2.0*(1.0+8.55246*ALOG10(RK)) ^{-1.0})/((1.0472+1.0448*RK**2.0)	C	0151008A14
	1*(RK ^{-1.0}))	C	0151008A10
	U=(RK**2.0*(1.0+8.55246*ALOG10(RK)) ^{-1.0})/(1.36136*(RK**2.0-1.0))*(R	C	0151008B13
	K=1.0))	C	0151008B11
	Z=(0K**2.0+1.0)/(RK**2.0 ^{-1.0})	C	0151008B14
	Y=0.44985/(RK ^{-1.0})*5.7169*RK**2*ALOG10(RK)/(RK ^{-1.0})*(RK**2 ^{-1.0})	C	0151008B12
	HO=500T*(SIN*GO)	C	0151008C14
76	REAFS=H1/GO	C	0151008C14
	K=1	C	0151008C10
65	IF(REAFS=RFLA(K))58,59,60	C	0151008C14
60	IF(REAFS=RFLA(K+1))52,53,64	C	0151008C15
64	IF(K=RE,19)GO TO 75	C	0151008C14

K=K+1	C 0151007140
GO TO A5	C 0151007242
59 RE45=RFL4(K)	C 0151007243
GO TO A1	C 0151007443
63 RE45=RFL4(K+1)	C 0151007540
GO TO A1	C 0151007642
75 RE45=RFL4(10)	C 0151007645
GO TO A1	C 0151007841
58 RE45=RFL4(1)	C 0151007844
GO TO A1	C 0151007945
62 SL70F=(RFL4(K+1)-REL4(K))/REL4(K+1)-REL4(K)	C 0151007942
RE45=SL70F*(REGFS-REL4(K))+REL4(K)	C 0151007940
61 H1=H0+RFL4S	C 0151007944
J=1	C 0151007940
27 IF(RRFS=RRF(J))21,22,23	C 0151007944
23 IF(RRFS=RF4(J+1))22,22,24	C 0151007945
24 IF(J=4)25,24,26	C 0151007944
25 J=J+1	C 0151007940
GO TO 27	C 0151007942
21 J=1	C 0151007945
GO TO 22	C 0151007943
26 J=4	C 0151007940
22 M=1A	C 0151007945
39 IF(RF45+RE4(M))40,23,29	C 0151007944
29 IF(OR45+RE4(M-1))29,20,30	C 0151007945
30 IF(M=0)GO TO 41	C 0151007941
31 M=M-1	C 0151007942
GO TO 39	C 0151007944
40 M=1A	C 0151007941
GO TO 29	C 0151007940
41 M=1	C 0151007943
28 SL70P1=(FF(1,M)-FF(J+1,M))/(RFG(J)-REU(J+1))	C 0151007941
SL70P2=(FF(1,M+1)-FF(J+1,M+1))/(REU(J)-REU(J+1))	C 0151017445
SL70P3=(FV(1,M)-FV(J+1,M))/(RFG(J)-REU(J+1))	C 0151017945
SL70P4=(FV(1,M+1)-FV(J+1,M+1))/(REU(J)-REU(J+1))	C 0151017343
SF1=SL70P1*(REGFS-REU(J+1))+FC(J+1,M)	C 0151017443
SF2=SL70P2*(REGFS-REU(J+1))+FC(J+1,M+1)	C 0151017442
SV1=SL70P3*(REGFS-REU(J+1))+FV(J+1,M)	C 0151017344
SV2=SL70P4*(REGFS-REU(J+1))+FV(J+1,M+1)	C 0151017343
F=(SF1+SF2)/2.	C 0151017345
V=(SV1+SV2)/2.	C 0151017344
FSW=1.	C 0151017343
ES=1+FSW/10	C 0151017341
DSW=FSW/10+47*30**2.	C 0151017343
IF(EST+V*20.)GO TO 42	C 0151017541
T=1.0	C 0151017541
GO TO 41	C 0151017541
42 T=0.5	C 0151017544
71 ALPH4=T+FSHAP/1.	C 0151017543
RETA=0.+T*FSHAP/3.+1.	C 0151017541
GAMMA=ALPHA/TE	C 0151017545
DELTA=T+3./DSHAP	C 0151017541
LA=0.4+0.444+DELTA	C 0151017541
Y0=40./ST0	C 0151017543
MA=4./ST0	C 0151017540
FACTJ=0.+*GOLTO+T	C 0151017542
IF(FACTJ+L*BLTIS)GO TO 40	C 0151017541
Y0=40.	C 0151017541
MA=4.	C 0151017541
GO TO 47	C 0151017545


```
1 NOMINAL HEAD RADIUS (R)="FB.4" IN *",30X,"*"/," * BETA",
219Y="FB.1,6Y,"*36X,"*"/,1X*80("*)
PRINT 119,F0NST,HEIG
109 FORMAT( * FLANGE CJST (ONLY MATERIALS)="FB.1" US DLS,"32X,"*
1/, " * APPROXIMATE FLANGE HEIGHT ="FB.2" LI",37X,"*"/,1X*80("
3"))
100 RETURN
END
```

```
C 0164019912
C 0164019912
C 0164019912
C 0164010012
C 0164010012
C 0164010012
C 0164010012
C 0164010012
C 0164010015
FORMAT SPGHEVT 053 IS 0023 LNW0.
SEGMENT 016 IS 01F L016
```

```

HD=PI+R**2.*PI*4.
HDLA=(R**2)/2.
WD=HD*41A
HG=H*4
HGI=(R**2)/2.
MG=HG*41A
HT=H*40
HTI=(HTI+4AL)/2.
HT=HT*41A
R=RTD
IF(TFM,F3,"CM",GR,TE,IA,LI,"GM"JU TU 30
CDBR**2.125
GO TO 22
30 CDBR**2.0425
22 THKPYT**.*PI*TR/(5**SHEAD)*2.*CURRUS
THKIN=THK**2.*SHEAD*0.85*0.2*PI*W)*2.*CURRUS
THKCV=H*V*(THK*XT*THK*IT)
IF(THKCV*IT+1.0)GO TO 31
THKIN=PI*AT(IFIX(THKCV)))*THK*IT*TRAP1=14.*THK
IT*TRAP1=FIX(TRAP1)*REST=TRAP1-FLD*AT(IT*TRAP1)
IF(REST.GE.0.5)AND(REST.LE.0.5)GO TO 32
THFADU=THK*IT*FLD*AT(IT*TRAP1+1)/16.
GO TO 35
32 THFADU=KIN*FLD*AT(IT*TRAP1)/16.
GO TO 35
31 TRAP1=14.*THKCV*IT*TRAP1=FIX(TRAP1)*REST=TRAP1-FLD*AT(IT*TRAP1)
IF(REST.GE.0.5)AND(REST.LE.0.5)GO TO 34
THFADU=FLD*AT(IT*TRAP1+1)/16.
GO TO 35
34 THFADU=PI*AT(IT*TRAP1)/16.
35 BFTA=PI*2.*ARCS(R/(2.*(1+R**2)))
WR=HD*PI*TAH(BETA)
T=2.
36 HRI=RT/2.*(THFADU/2**+1.)
WR=HD*(4*HRI)
V1=V0*IN*H*RT
V2=H*4*3L4
HDEY=RT**2.*PI*H/4.
HDCVLA=(R**2)/2.
HTCYFH=H*CY
V1=H*H*V2*(H*H*V1)
HTCYLA=H*CY*1/2.
V1=H*H*V2*(H*H*V1)
HRCY=H*H*V2*CTAH(BETA)
V2=V0*V2*HTI*H*V1
V2=H*H*V1*(R*(H*1)+R*(H*2)+R*(H*3))
V=V/R
J=(V*CY)*(A+B)/(A-B)
F=PI*V*V*5*ORT(4.*V**2.-1)**2.)/(R.*S*F*(A-B))
T=F*(1.+5*ORT(1.+1/F**2.))
IF(CDBR.C0.1.06) TU 37
CDBR=1.
GO TO 35
37 BDI*LC**.*T**4.
FAC*H*UT=H*LTLE/R*H*V1
UVIT*H=C*H*H*FAC*C*JSE
BDI*OS=PI*AT(N*H*H*V1)*H*V1*H*V1
WET*H=0.7*V2*PI*TA(4**2.-B**2.)
IF(WET*H.E.0.50)GO TO 200

```

```

C 014100910
C 014100914
C 014100913
C 014100915
C 014100911
C 014100910
C 014100912
C 014100914
C 014100913
C 014100915
C 014100914
C 014100915
C 014100913
C 014100910
C 014100913
C 014100912
C 014100911
C 014100910
C 014100914
C 014100914
C 014100915
C 014100910
C 014100913
C 014100912
C 014100915
C 014100911
C 014100914
C 014100915
C 014100910
C 014100915
C 014100914
C 014100915
C 014100915
C 014100911
C 014100911
C 014100915
C 014100914
C 014100913
C 014100915
C 014100912
C 014100913
C 014100910
C 014100915
C 014100910
C 014100914
C 014100913
C 014100913
C 014100913
C 014100912
C 014100912
C 014100913
C 014100914
C 014100912
C 014100911
C 014100914
C 014100911
C 014100911

```

~~4~~
 S*APPHITNE FDFEJ(TSS)*P(TS,AT,TSS)*PI*P(DJTL)*PT*NP*PT*CORROS*TYP
 1E,ANT,TATST,TDISS,TSTIK)
 DIMENETM TSMAT(2)
 IFENPT.FO.1)GO TO 1
 GRDVE=.1975
 1 IFENPT.T.1)GO TO 2
 GO TO 3
 2 GRDVE=GRDVE+.1975
 3 IF(TYP.FO."AEH".OR.TYPE.EQ."BEU".JR.TYPE.EQ."AFU".JR.TYPE.EQ."CFU")
 1".OR.TYP.FO."CFH")GO TO 4
 FACTOR=1.
 GO TO 5
 4 FACTOR=.95
 5 P=MAX(PI*PD)*TEMP*AXI(TUIST,TDISS)
 TSTHKE=SQRT(P/TSS)*FACTUR*G/2+.2*CORROS*GRDVE
 TSTHKE=.99*P/TSS*(1-DJTL/PT)+.2*CORROS*GRDVE
 TSTHKE=MAX(TSTHKE,TSTHLS)
 RETURN
 END

START OF SEGMENT 01A
 C 01A000010
 C 01A000010
 C 01A000010
 C 01A000010
 C 01A000011
 C 01A000013
 C 01A000014
 C 01A000011
 C 01A000014
 C 01A000014
 C 01A000014
 C 01A000013
 C 01A000010
 C 01A000013
 C 01A000011
 C 01A000011
 C 01A000011
 C 01A000012
 C 01A000011
 C 01A000014
 SEGMENT 01A IS OVER LONG

SUBROUTINE WZ7LE(WIDENS,DINO)
 DATA DT/3.141593/
 FACTOR=4000.
 Q=(3400.*AFNS)
 DT=0.144664467
 2 FARFA=DT*DT**2./4.
 VEL=Q/PAREA
 FACTORFIS*VEL**2.
 IF(FACTOR.LE.FACTOR)GO TO 1
 DT=DT+.1644667
 GO TO 2
 1 DINO=DT*12.
 RETURN
 END

START OF SEGMENT AIF
 C DIF1000010
 C DIF1000010
 C DIF1000010
 C DIF1000013
 C DIF1000010
 C DIF1000010
 C DIF1000013
 C DIF1000014
 C DIF1000014
 C DIF1000014
 C DIF1000014
 C DIF1000014
 C DIF1000011
 C DIF1000013
 C DIF1000010
 SEGMENT OF TS DATA LONG

 CUSTOMER WATER BUCHANAN & CO. JOB NO. 2027
 ADDRESS INQUIRY NO. 1
 PLANT LOCATION TULAH HIGHLANDS MEXICO DATE JUL 14/1975
 SERVICE OF UNIT SUPPLIER DE GIBRANCO ITEM NO. FA-303
 SIZE 24.00 X 240.00 TYPE RES CONNECTED IN 1 SER. 1 PAR.
 SURFACE/UNIT 2370.17 SFT SHELLS/UNIT 1 SURFACE/SHELL 2370.17 SFT

PERFORMANCE OF THE UNIT

 SHELL SIDE TUBE SIDE
 FLUID CIRCULATED * DIAPHRAGM * AGUA *
 TOTAL FLOW ENTERING * 409000.0 LB/HR * 324480.0 LB/HR *
 VAPOR * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
 LIQUID * 409000.0 LB/HR * 324480.0 LB/HR *
 STEAM * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
 NON-CONDENSIBLES * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
 FLUID VAPORIZED OR CONDENSED * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
 STEAM CONDENSED * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
 GRAVITY LIQUID * 0.815 * 1.000 *
 VISCOSITY LIQUID * 0.728 CPS * 0.666 CPS *
 MOLECULAR WEIGHT VAPORS * 0.000 * 0.000 *
 SPECIFIC HEAT LIQUIDS * 0.527 BTU/LB * 1.000 BTU/LB *
 LATENT HEAT VAPORS * 0.000 BTU/LB * 0.000 BTU/LB *
 TEMPERATURE IN * 200.00 DEG F * 80.00 DEG F *
 TEMPERATURE OUT * 140.00 DEG F * 120.00 DEG F *
 OPERATING PRESSURE * 300.00 PSIG * 150.00 PSIG *
 NUMBER OF PASSES * 1 * 2 *
 VELOCITY * 3.815 FT/SEC * 2.521 FT/SEC *
 PRESSURE DROP * 7.445 PSI * 1.544 PSI *
 FOULING FACTOR * 0.001 * 0.002 *

 HEAT EXCHANGED 1661600.0 BTU/HR M.T.D. CORRECTED 59.888 DEG F
 TRANSFER RATE SERVICE 101.008 CLEAN 140.575

CONSTRUCTION

 DESIGN PRESSURE * 300.0 PSIG * 170.0 PSIG *
 TEST PRESSURE * 525.0 PSIG * 262.5 PSIG *
 DESIGN TEMPERATURE * 400.0 DEG F * 300.0 DEG F *

 TUBES APPROX NO. 616 NO. 0.75 IN. DIA 14. LENGTH 20.0 FT PT 0.2375 IN TR
 SHELL CARBON STEEL 10. 20.00 TH 0.0 IN THICKNESS
 SHELL COVER CARBON STEEL FLOATING HEAD COVER CARBON STEEL
 CHANNEL CARBON STEEL CHANNEL COVER CARBON STEEL
 TYPE SUPERSTANDARD W.R.B. FLOATING W.R.B.
 BAFFLES-BORES 13 TYPL SEQUENTIAL THICKNESS IN
 BAFFLE-BORES NO TYPL THICKNESS IN
 TUBE SUPPORTS THICKNESS IN
 BASKETS MOUNTED ASBESTOS
 CONNECTIONS SHELL IN 0.00 IN OUT 0.00 IN SERIES 450.0 PSI
 CONNECTIONS CHANNEL IN 0.00 IN OUT 0.00 IN SERIES 300.0 PSI
 CORROSION ALLOWANCE SHELL SIDE 0.1250 IN TUBE SIDE 0.1250 IN
 CODE REQUIREMENTS ASME SECTION VIII DIV TEN CLASS P
 WEIGHT EACH SHELL 0.000 LB FULL OF WATER

 INDICATE AFTER EACH PART WHETHER STRESS BELIEVED AND WHETHER XRAYED
 REMARKS NO SEALING STRIPS

TUBE COORDINATES

HT	YT	XT	HT	YT	XT	HT	YT	XT	HT	YT	XT	HT	YT	XT	HT	YT	XT
1	17.449	13.812	51	2.688	14.624	101	4.563	16.248	151	5.500	17.871	201	3.625	19.495	*	*	*
2	14.406	13.812	52	1.750	14.624	102	3.625	16.248	152	4.563	17.871	202	2.688	19.495	*	*	*
3	15.344	13.812	53	0.813	14.624	103	2.688	16.248	153	3.625	17.871	203	1.750	20.307	*	*	*
4	16.281	13.812	54	1.469	15.435	104	1.750	16.248	154	2.688	17.871	204	1.406	20.307	*	*	*
5	17.219	13.812	55	1.406	15.436	105	13.466	17.059	155	1.750	17.871	205	15.344	20.307	*	*	*
6	18.156	13.812	56	18.344	15.436	106	14.406	17.059	156	13.469	18.483	206	16.281	20.307	*	*	*
7	19.004	13.812	57	16.281	15.436	107	15.344	17.059	157	14.400	18.483	207	17.219	20.307	*	*	*
8	20.031	13.812	58	17.219	15.436	108	16.281	17.059	158	15.344	18.483	208	18.156	20.307	*	*	*
9	20.969	13.812	59	18.156	15.436	109	17.219	17.059	159	16.241	18.483	209	19.004	20.307	*	*	*
10	21.916	13.812	60	19.094	15.436	110	18.156	17.059	160	17.219	18.483	210	20.031	20.307	*	*	*
11	22.864	13.812	61	20.031	15.436	111	19.094	17.059	161	18.156	18.483	211	20.969	20.307	*	*	*
12	23.791	13.812	62	20.969	15.436	112	20.031	17.059	162	19.094	18.483	212	21.916	20.307	*	*	*
13	24.719	13.812	63	21.906	15.436	113	20.969	17.059	163	20.031	18.483	213	22.864	20.307	*	*	*
14	25.646	13.812	64	22.844	15.436	114	21.906	17.059	164	20.969	18.483	214	23.791	20.307	*	*	*
15	26.574	13.812	65	23.791	15.436	115	22.844	17.059	165	21.906	18.483	215	24.719	20.307	*	*	*
16	27.501	13.812	66	24.719	15.436	116	23.791	17.059	166	22.844	18.483	216	25.646	20.307	*	*	*
17	28.429	13.812	67	25.646	15.436	117	24.719	17.059	167	23.791	18.483	217	26.574	20.307	*	*	*
18	29.356	13.812	68	26.574	15.436	118	25.646	17.059	168	24.719	18.483	218	27.501	20.307	*	*	*
19	30.284	13.812	69	27.501	15.436	119	26.574	17.059	169	25.646	18.483	219	28.429	20.307	*	*	*
20	31.211	13.812	70	28.429	15.436	120	27.501	17.059	170	26.574	18.483	220	29.356	20.307	*	*	*
21	32.139	13.812	71	29.356	15.436	121	28.429	17.059	171	27.501	18.483	221	30.284	20.307	*	*	*
22	33.066	13.812	72	30.284	15.436	122	29.356	17.059	172	28.429	18.483	222	31.211	20.307	*	*	*
23	34.000	13.812	73	31.211	15.436	123	30.284	17.059	173	29.356	18.483	223	32.139	20.307	*	*	*
24	34.927	13.812	74	32.139	15.436	124	31.211	17.059	174	30.284	18.483	224	33.066	20.307	*	*	*
25	35.854	13.812	75	33.066	15.436	125	32.139	17.059	175	31.211	18.483	225	34.000	21.119	*	*	*
26	36.781	13.812	76	34.000	15.436	126	33.066	17.059	176	32.139	18.483	226	34.927	21.119	*	*	*
27	37.709	14.624	77	34.927	15.436	127	34.000	17.059	177	33.066	18.483	227	35.854	21.119	*	*	*
28	38.636	14.624	78	35.854	15.436	128	34.927	17.059	178	34.000	18.483	228	36.781	21.119	*	*	*
29	39.564	14.624	79	36.781	15.436	129	35.854	17.059	179	34.927	18.483	229	37.709	21.119	*	*	*
30	40.491	14.624	80	37.709	15.436	130	36.781	17.059	180	35.854	19.495	230	38.636	21.119	*	*	*
31	41.419	14.624	81	38.636	16.248	131	37.709	17.871	181	36.781	19.495	231	39.564	21.119	*	*	*
32	42.346	14.624	82	39.564	16.248	132	38.636	17.871	182	37.709	19.495	232	40.491	21.119	*	*	*
33	43.274	14.624	83	40.491	16.248	133	39.564	17.871	183	38.636	19.495	233	41.419	21.119	*	*	*
34	44.201	14.624	84	41.419	16.248	134	40.491	17.871	184	39.564	19.495	234	42.346	21.119	*	*	*
35	45.129	14.624	85	42.346	16.248	135	41.419	17.871	185	40.491	19.495	235	43.274	21.119	*	*	*
36	46.056	14.624	86	43.274	16.248	136	42.346	17.871	186	41.419	19.495	236	44.201	21.119	*	*	*
37	46.984	14.624	87	44.201	16.248	137	43.274	17.871	187	42.346	19.495	237	45.129	21.119	*	*	*
38	47.911	14.624	88	45.129	16.248	138	44.201	17.871	188	43.274	19.495	238	46.056	21.119	*	*	*
39	48.839	14.624	89	46.056	16.248	139	45.129	17.871	189	44.201	19.495	239	46.984	21.119	*	*	*
40	49.766	14.624	90	46.984	16.248	140	46.056	17.871	190	45.129	19.495	240	47.911	21.119	*	*	*
41	50.694	14.624	91	47.911	16.248	141	46.984	17.871	191	46.056	19.495	241	48.839	21.119	*	*	*
42	51.621	14.624	92	48.839	16.248	142	47.911	17.871	192	46.984	19.495	242	49.766	21.119	*	*	*
43	52.549	14.624	93	49.766	16.248	143	48.839	17.871	193	47.911	19.495	243	50.694	21.119	*	*	*
44	53.476	14.624	94	50.694	16.248	144	49.766	17.871	194	48.839	19.495	244	51.621	21.119	*	*	*
45	54.404	14.624	95	51.621	16.248	145	50.694	17.871	195	49.766	19.495	245	52.549	21.119	*	*	*
46	55.331	14.624	96	52.549	16.248	146	51.621	17.871	196	50.694	19.495	246	53.476	21.119	*	*	*
47	56.259	14.624	97	53.476	16.248	147	52.549	17.871	197	51.621	19.495	247	54.404	21.931	*	*	*
48	57.186	14.624	98	54.404	16.248	148	53.476	17.871	198	52.549	19.495	248	55.331	21.931	*	*	*
49	58.114	14.624	99	55.331	16.248	149	54.404	17.871	199	53.476	19.495	249	56.259	21.931	*	*	*
50	59.041	14.624	100	56.259	16.248	150	55.331	17.871	200	54.404	19.495	250	57.186	21.931	*	*	*

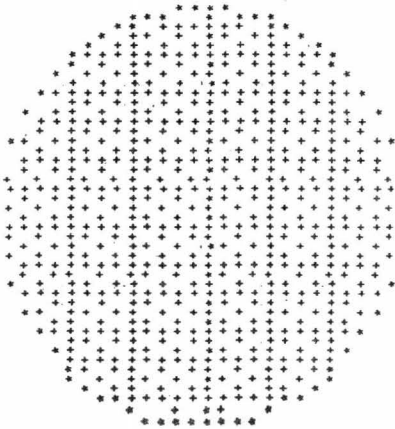
TYPE COORDINATES

NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT
251	18.156	21.931	301	17.063	24.367	351	25.180	11.376	401	22.375	9.752	451	21.438	8.129
252	19.094	21.931	302	11.125	24.367	352	12.063	11.376	402	23.313	9.752	452	22.375	8.129
253	20.031	21.931	303	16.188	24.367	353	11.125	11.376	403	24.250	9.752	453	23.313	8.129
254	20.969	21.931	304	0.250	24.367	354	10.188	11.376	404	12.063	9.752	454	24.250	8.129
255	12.531	21.931	305	8.313	24.367	355	9.250	11.376	405	11.125	9.752	455	12.063	8.129
256	11.594	21.931	306	13.459	25.173	356	8.313	11.376	406	10.188	9.752	456	11.125	8.129
257	10.656	21.931	307	14.406	25.178	357	7.375	11.376	407	9.250	9.752	457	10.188	8.129
258	0.719	21.931	308	15.344	25.173	358	6.438	11.376	408	8.313	9.752	458	9.250	8.129
259	8.741	21.931	309	15.531	25.178	359	5.500	11.376	409	7.375	9.752	459	8.313	8.129
260	7.804	21.931	310	11.594	25.178	360	4.563	11.376	410	6.438	9.752	460	7.375	8.129
261	6.866	21.931	311	16.656	25.178	361	3.625	11.376	411	5.500	9.752	461	6.438	8.129
262	5.929	21.931	312	13.459	12.198	362	2.688	11.376	412	4.563	9.752	462	5.500	8.129
263	5.031	21.931	313	18.436	12.198	363	1.750	11.376	413	3.625	9.752	463	4.563	8.129
264	13.000	22.743	314	15.344	12.198	364	0.813	11.376	414	2.688	9.752	464	3.625	8.129
265	13.938	22.743	315	14.281	12.198	365	13.469	10.564	415	1.750	9.752	465	2.688	8.129
266	14.875	22.743	316	17.219	12.198	366	14.406	10.564	416	13.469	8.041	466	1.750	8.129
267	15.813	22.743	317	18.156	12.198	367	15.344	10.564	417	14.406	8.041	467	13.469	7.317
268	16.750	22.743	318	10.394	12.198	368	16.281	10.564	418	15.344	8.041	468	14.406	7.317
269	17.688	22.743	319	20.031	12.198	369	17.219	10.564	419	16.281	8.041	469	15.344	7.317
270	18.625	22.743	320	20.969	12.198	370	18.156	10.564	420	17.219	8.041	470	16.281	7.317
271	19.563	22.743	321	21.906	12.198	371	19.094	10.564	421	18.156	8.041	471	17.219	7.317
272	20.500	22.743	322	22.844	12.198	372	20.031	10.564	422	19.094	8.041	472	18.156	7.317
273	12.043	22.743	323	23.781	12.198	373	20.969	10.564	423	20.031	8.041	473	19.094	7.317
274	11.125	22.743	324	24.719	12.198	374	21.906	10.564	424	20.969	8.041	474	20.031	7.317
275	10.188	22.743	325	12.531	12.198	375	22.844	10.564	425	21.906	8.041	475	20.969	7.317
276	0.250	22.743	326	11.594	12.198	376	23.781	10.564	426	22.844	8.041	476	21.906	7.317
277	8.313	22.743	327	16.656	12.198	377	24.719	10.564	427	23.781	8.041	477	22.844	7.317
278	7.375	22.743	328	0.719	12.198	378	12.531	10.564	428	24.719	8.041	478	23.781	7.317
279	6.438	22.743	329	8.731	12.198	379	11.594	10.564	429	12.531	8.041	479	12.531	7.317
280	5.500	22.743	330	7.804	12.198	380	10.656	10.564	430	11.594	8.041	480	11.594	7.317
281	13.449	23.555	331	4.706	12.198	381	9.719	10.564	431	10.656	8.041	481	10.656	7.317
282	14.387	23.555	332	5.669	12.138	382	3.781	10.564	432	9.719	8.041	482	9.719	7.317
283	15.324	23.555	333	5.031	12.198	383	7.844	10.564	433	8.781	8.041	483	8.781	7.317
284	16.261	23.555	334	8.074	12.198	384	6.906	10.564	434	7.844	8.041	484	7.844	7.317
285	17.199	23.555	335	3.156	12.198	385	5.969	10.564	435	6.906	8.041	485	6.906	7.317
286	18.136	23.555	336	0.219	12.198	386	5.031	10.564	436	5.969	8.041	486	5.969	7.317
287	19.074	23.555	337	1.241	12.198	387	4.094	10.564	437	5.031	8.041	487	5.031	7.317
288	12.531	23.555	338	13.000	11.376	388	3.156	10.564	438	4.094	8.041	488	4.094	7.317
289	11.594	23.555	339	13.938	11.376	389	2.219	10.564	439	3.156	8.041	489	3.156	7.317
290	10.656	23.555	340	14.875	11.376	390	1.281	10.564	440	2.219	8.041	490	2.219	7.317
291	0.719	23.555	341	15.813	11.376	391	13.000	9.752	441	1.281	8.041	491	13.000	6.505
292	8.741	23.555	342	16.750	11.376	392	13.938	9.752	442	13.938	8.129	492	13.938	6.505
293	7.804	23.555	343	17.688	11.376	393	14.875	9.752	443	14.875	8.129	493	14.875	6.505
294	6.866	23.555	344	18.625	11.376	394	15.813	9.752	444	15.813	8.129	494	15.813	6.505
295	13.000	24.367	345	10.563	11.376	395	16.750	9.752	445	15.813	8.129	495	16.750	6.505
296	13.938	24.367	346	20.500	11.376	396	17.688	9.752	446	16.750	8.129	496	17.688	6.505
297	14.875	24.367	347	21.438	11.376	397	18.625	9.752	447	17.688	8.129	497	18.625	6.505
298	15.813	24.367	348	20.375	11.376	398	19.563	9.752	448	18.625	8.129	498	19.563	6.505
299	16.750	24.367	349	23.313	11.376	399	20.500	9.752	449	19.563	8.129	499	20.500	6.505
300	17.688	24.367	350	24.250	11.376	400	21.438	9.752	450	20.500	8.129	500	21.438	6.505

TUBE COMPUTATE

YT	YT	YT	YT	XT	YT	YT	XT	YT	XT	YT	XT	YT	XT	YT	XT	YT	XT	YT
501	22.375	6.505	551	8.313	4.881	601	10.656	2.445	651	0.000	0.000	701	0.000	0.000				
502	23.313	6.505	552	7.375	4.881	602	9.719	2.445	652	0.000	0.000	702	0.000	0.000				
503	12.043	6.505	553	4.438	4.881	603	3.781	2.445	653	0.000	0.000	703	0.000	0.000				
504	11.195	6.505	554	5.500	4.881	604	7.844	2.445	654	0.000	0.000	704	0.000	0.000				
505	10.138	6.505	555	4.563	4.881	605	6.906	2.445	655	0.000	0.000	705	0.000	0.000				
506	9.250	6.505	556	3.625	4.881	606	13.000	1.633	656	0.000	0.000	706	0.000	0.000				
507	8.313	6.505	557	13.469	4.069	607	13.938	1.633	657	0.000	0.000	707	0.000	0.000				
508	7.375	6.505	558	14.406	4.069	608	14.875	1.633	658	0.000	0.000	708	0.000	0.000				
509	6.438	6.505	559	14.344	4.069	609	15.813	1.633	659	0.000	0.000	709	0.000	0.000				
510	5.500	6.505	560	14.281	4.069	610	16.750	1.633	660	0.000	0.000	710	0.000	0.000				
511	4.563	6.505	561	17.219	4.069	611	17.638	1.633	661	0.000	0.000	711	0.000	0.000				
512	3.625	6.505	562	14.156	4.069	612	12.033	1.633	662	0.000	0.000	712	0.000	0.000				
513	2.688	6.505	563	14.094	4.069	613	11.125	1.633	663	0.000	0.000	713	0.000	0.000				
514	1.750	5.693	564	20.031	4.069	614	10.188	1.633	664	0.000	0.000	714	0.000	0.000				
515	14.076	5.693	565	20.969	4.069	615	9.250	1.633	665	0.000	0.000	715	0.000	0.000				
516	15.318	5.693	566	12.531	4.069	616	8.313	1.633	666	0.000	0.000	716	0.000	0.000				
517	16.241	5.693	567	11.594	4.069	617	13.467	0.822	667	0.000	0.000	717	0.000	0.000				
518	17.219	5.693	568	10.656	4.069	618	14.406	0.822	668	0.000	0.000	718	0.000	0.000				
519	18.156	5.693	569	0.719	4.069	619	15.344	0.822	669	0.000	0.000	719	0.000	0.000				
520	19.074	5.693	570	4.731	4.069	620	12.531	0.822	670	0.000	0.000	720	0.000	0.000				
521	20.031	5.693	571	7.844	4.069	621	11.594	0.822	671	0.000	0.000	721	0.000	0.000				
522	20.969	5.693	572	4.936	4.069	622	10.656	0.822	672	0.000	0.000	722	0.000	0.000				
523	21.916	5.693	573	4.969	4.069	623	0.000	0.000	673	0.000	0.000	723	0.000	0.000				
524	22.848	5.693	574	4.031	4.069	624	0.000	0.000	674	0.000	0.000	724	0.000	0.000				
525	23.531	5.693	575	13.000	3.257	625	0.000	0.000	675	0.000	0.000	725	0.000	0.000				
526	11.528	5.693	576	13.938	3.257	626	0.000	0.000	676	0.000	0.000	726	0.000	0.000				
527	10.656	5.693	577	14.875	3.257	627	0.000	0.000	677	0.000	0.000	727	0.000	0.000				
528	0.719	5.693	578	15.813	3.257	628	0.000	0.000	678	0.000	0.000	728	0.000	0.000				
529	4.731	5.693	579	14.750	3.257	629	0.000	0.000	679	0.000	0.000	729	0.000	0.000				
530	7.844	5.693	580	17.638	3.257	630	0.000	0.000	680	0.000	0.000	730	0.000	0.000				
531	4.936	5.693	581	14.675	3.257	631	0.000	0.000	681	0.000	0.000	731	0.000	0.000				
532	4.969	5.693	582	10.563	3.257	632	0.000	0.000	682	0.000	0.000	732	0.000	0.000				
533	5.031	5.693	583	20.530	3.257	633	0.000	0.000	683	0.000	0.000	733	0.000	0.000				
534	4.074	5.693	584	12.463	3.257	634	0.000	0.000	684	0.000	0.000	734	0.000	0.000				
535	3.154	5.693	585	11.195	3.257	635	0.000	0.000	685	0.000	0.000	735	0.000	0.000				
536	11.070	4.881	586	17.138	3.257	636	0.000	0.000	686	0.000	0.000	736	0.000	0.000				
537	13.034	4.881	587	0.250	3.257	637	0.000	0.000	687	0.000	0.000	737	0.000	0.000				
538	14.875	4.881	588	4.313	3.257	638	0.000	0.000	688	0.000	0.000	738	0.000	0.000				
539	15.813	4.881	589	7.375	3.257	639	0.000	0.000	689	0.000	0.000	739	0.000	0.000				
540	16.750	4.881	590	4.438	3.257	640	0.000	0.000	690	0.000	0.000	740	0.000	0.000				
541	17.638	4.881	591	4.500	3.257	641	0.000	0.000	691	0.000	0.000	741	0.000	0.000				
542	14.625	4.881	592	13.469	2.445	642	0.000	0.000	692	0.000	0.000	742	0.000	0.000				
543	19.543	4.881	593	14.406	2.445	643	0.000	0.000	693	0.000	0.000	743	0.000	0.000				
544	20.530	4.881	594	15.344	2.445	644	0.000	0.000	694	0.000	0.000	744	0.000	0.000				
545	21.438	4.881	595	14.281	2.445	645	0.000	0.000	695	0.000	0.000	745	0.000	0.000				
546	22.375	4.881	596	17.219	2.445	646	0.000	0.000	696	0.000	0.000	746	0.000	0.000				
547	12.043	4.881	597	14.156	2.445	647	0.000	0.000	697	0.000	0.000	747	0.000	0.000				
548	11.125	4.881	598	10.094	2.445	648	0.000	0.000	698	0.000	0.000	748	0.000	0.000				
549	10.188	4.881	599	12.531	2.445	649	0.000	0.000	699	0.000	0.000	749	0.000	0.000				
550	9.250	4.881	600	11.594	2.445	650	0.000	0.000	700	0.000	0.000	750	0.000	0.000				

TURE LAY-OUT PRINT OUT



SHELL MATERIAL=CARBON STEEL MAX ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
SHELL THK= 0.3750 IN SHELL DIAMETER= 26.0000 IN DESIGN PRESSURE=350.0000 PSI DESIGN TEMPERATURE= 400.00 DEG.F
.....
CHANNEL MATERIAL=CARBON STEEL MAX ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
CHANNEL THK= 0.3750 IN CHANNEL DIAMETER= 26.0000 IN DESIGN PRESSURE= 175.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 300.00 DEG.F
.....

```

*****
***** FLOATING HEAD FLANGE DESIGN *****
*****
* INTERNAL PRESSURE = 175.0 GASKET DETAILS*** FACING DETAILS**
* EXTERNAL PRESSURE = 350.0 OD = 25.7500 TYPE=R+F
* DESIGN TEMPERATURE = 400.0 ID = 24.0000 ID = 25.8125
* ATMSPHERIC TEMP. = 80.0 THK = 0.0000 THK = 0.0025
* MATERIAL=JACKETED ASBESTOS
*****
* FLANGE MATERIAL =A-105 S(DFS.T)=17500.0 H= 0.8750
* SCATH.T)=17500.0 B= 0.2932
* BOLTING MATERIAL=A-193 B7 S(DFS.T)=20000.0 Y=7600.0000
* SCATH.T)=20000.0 H= 3.7500
* HEAD MATERIAL =CARBON STEEL S(DFS.T)=17500.0
*****
* BOLT CALCULATION***
* H12= 174197.7 AH= 3.7054 NO.BOLTS = 28
* H1 = 95790.0 AB= 11.7390 BOLT DIAM. = 0.8750
* H = 85086.1 MIN.BOLT SP.= 2.0625
* H11= 24417.0 H = 204373.8 BOLT CIRC. = 26.8750
*****
* INTERNAL PRESSURE MOMENT CALCULATION***
* LOAD*** LEVER ARM*** MOMENT***
* HD = 72913.4 HD = 1.9638 HD = 142367.5
* HG = 110427.8 HG = 1.0000 HG = 119327.8
* HT = 12732.4 HT = 0.4844 HT = 6167.3
* HR = 140937.5 HR = -0.2065 HR = 30876.9
* HQ1 = 296739.4
*****
* GASKET SEATING MOMENT CALCULATION***
* LOAD*** LEVER ARM*** MOMENT***
* HG = 204373.8 HG = 1.0000 HQ1 = 204373.8
*****
* EXTERNAL PRESSURE MOMENT CALCULATION***
* LOAD*** LEVER ARM*** MOMENT***
* HD = 144427.8 HD = 0.9638 HD = 298739.4
* HT = 12732.4 HT = 0.4844 HT = 28859.0
* HR = 200975.0 HR = -0.2065 HR = -61753.0
* HQ1 = -173001.0
*****
* FLANGE DETAILS*** * DESIGN FACTORS***
* TUBE SHEET OD (FS)= 25.7500 IN * H=10/d = 13024.0
* FLANGE ID (C)= 22.9375 IN *
* FLANGE ID (C)= 29.2500 IN * J= 6.1520
* GASKET SEATING DIAM.(C)= 24.9750 IN *
* BOLT CIRC. DIAM. (C)= 26.9750 IN * F= 0.2120
* DESIGN THK. (C)= 2.7015 IN * T= 2.7015
* BOLT NUMBER (NO.BOLTS)= 28
* BOLT DIAMETER (SML.A)= 0.8750 IN *
* NOMINAL HEAD THK. = 0.4875 IN *
* NOMINAL HEAD RADIUS (C)= 26.0000 IN *
* BETA = 0.4308
*****
* FLANGE COST (ONLY MATERIALS)= 246.5 US DLS.
* APPROXIMATE FLANGE WEIGHT = 138.03 LBS
*****

```

```

*****
***** WELDING NECK FLANGE DESIGN *****
*****
DESIGN PRESSURE = 350.0 PSI GASKET DETAILS*** FACING DETAILS *
DESIGN TEMPERATURE = 400.0 DEG.F MATERIAL JACKETED ASBESTOS TYPEIR-F *
FLANGE MATERIAL =A-100 OD=30.8716 IN OD =31.3716 *
BOLTING MATERIAL =A-193 B7 ID=30.0000 THK=0.0000 THK.= 0.0625 *
*****
MAX. ALL IN. FLG. STRESS (DES.T) =17500.0 PSI B = 0.1094 *
MAX. ALL IN. FLG. STRESS (AT. T) =17500.0 PSI H = 0.2500 *
MAX. ALL IN. RMLT STRESS (DES.T) =20000.0 PSI Y =7600.00 *
MAX. ALL IN. RMLT STRESS (AT. T) =20000.0 PSI H = 3.75 *
*****
BOLT CALCULATION****
WM2= 78904.3 AM= 13.94 NO. BOLTS = 36 *
HP = 27288.0 A3= 15.08 BOLT DIAM. = 0.875 *
H =251581.0 N=290252.0 MIN. BULTSP. = 2.061 *
WM1=278895.0 GASKET WIDTH CHECK= 0.2005 BOLT CIRC. =34.0000 *
*****
LOADS*** LEVER ARM*** MOMENT***
HG=539222.5 HQ= 1.7500 HQ = 418039.4 *
HD= 27288.9 HQ= 1.0750 HQ = 51159.2 *
HT= 12818.5 HT= 2.0625 HT = 25406.9 *
H =290252.9 HQ= 1.8750 HQ = 544224.3 *
*****
SHAPE CONSTANTS*** STRESS FACTORS***
K = 1.2141 H/HO = 0.2017 ALPHA = 1.2124 H/HO = 16786.0 *
I = 1.8324 RIG F = 0.4350 BETA = 1.2832 *
Z = 5.1742 RIG V = 0.1640 GAMMA = 0.6616 *
Y = 10.0388 SMALL F = 1.0000 DELTA = 0.1021 HO/U = 18449.3 *
U = 11.0272 E = 0.1133 LAMBDA = 0.7537 *
G1/G0 = 2.0000 D = 04.56 *
*****
STRESS CALCULATION**** FLANGE DETAILS****
(DESIGN TEMPERATURE) * CORR. ID (C) = 29.5000 IN *
LONG. HUB (SH) = 21979.2 * FLANGE OD (A) = 35.8750 IN *
RADIAL FLG (SR) = 8022.1 * DESIGN THK. (T) = 1.8750 IN *
TANG. FLG. (ST) = 6388.9 * HUB LENGTH (H) = 0.7748 IN *
CORR. FLG. (SC) = 15000.7 * FLANGE LENGTH (L) = 2.6498 IN *
* BARREL THK. (G0) = 0.5000 IN *
(ASBESTOS TEMPERATURE) * HUB END THK. (G1) = 1.0000 IN *
LONG. HUB (SH) = 20155.4 * BOLT CIRCLE (BC) = 34.0000 IN *
RADIAL FLG (SR) = 8815.0 * NO. BOLTS = 36 *
TANG. FLG. (ST) = 45436.3 * BOLT DIAM. (SH. A) = 0.8750 IN *
CORR. FLG. (SC) = 16486.2 * EDGE DIST. (E) = 0.2375 IN *
* RADIAL DIST. (R) = 1.2500 IN *
*****
FLANGE COST (ONLY MATERIALS) = 340.65 US DLS.
APPROXIMATE FLANGE WEIGHT = 245.74 LB
*****
NOTES****
(1)
(2)
(3)
*****

```

THIS DESIGN IS FOR THE SMALL FACE FLANGE


```

*****
                          WELDING NECK FLANGE DESIGN
*****
DESIGN PRESSURE = 350.0 PSI      GASKET DETAILS***      FACING DETAILS
DESIGN TEMPERATURE = 400.0 DEG.F  MATERIAL JACKETED ASBESTOS  TYPE R.F.
FLANGE MATERIAL = A-193      OD=27.2699 IN      DU =27.7699
GROUTING MATERIAL = A-193 B7  TU=26.5000 THK=0.0000      THK.= 0.0625
*****
MAX. ALLOWABLE STRESS (DESIGN) =17500.0 PSI      B = 0.1094
MAX. ALLOWABLE STRESS (AT J.T) =17500.0 PSI      H = 0.2500
MAX. ALLOWABLE STRESS (DESIGN) =20000.0 PSI      Y=7600.00
MAX. ALLOWABLE STRESS (AT J.T) =20000.0 PSI      H = 3.75
*****
BOLT CALCULATION***
NM2 = 69856.3      A4 = 11.03      NO. BOLTS = 32
HP = 24128.0      A9 = 13.41      BOLT DIAM. = 0.875
H = 106700.5      W=244994.3      MIN. GULTSP. = 2.064
WM1=220809.5      GASKET WIDTH CHECK= 0.2099      BOLT CIRC. =30.0000
*****
LOADS***      LEVER ARM***      MOMENT***
LD =165805.2      HD = 1.6250      MD = 301960.0
LG = 24128.0      HG = 1.6250      MG = 39208.0
HT = 106700.5      HT = 1.0125      MT = 19711.5
J = 284400.3      HG = 1.6250      SUM M = 367885.5
      MD = 397303.2
*****
SHAPE CONSTANTS***      STRESS FACTORS***
K = 1.2240      RIG F = 0.2017      ALPHA = 1.2760      1/B = 13480.0
T = 1.8298      RIG V = 0.4350      BETA = 1.3947
Z = 0.9743      RIG W = 0.1660      GAMMA = 0.7908
Y = 0.4472      SMALL F = 1.0000      DELTA = 0.4301      HO/U = 15280.0
U = 10.4013      C = 0.1393      LAMBDA = 1.0449
G1/G0 = 2.0000      D = 28.38
*****
STRESS CALCULATION***      * FLANGE DETAILS***
(DESIGN TEMPERATURE)      * CORR.ID (C) = 26.0000 IN
LONG. HR (S4) = 23570.1      * FLANGE OD (A) = 31.8750 IN
RADIAL FIC (S9) = 4025.7      * DESIGN THK. (T) = 2.1250 IN
TANG. FLR (S7) = 9275.4      * HUB LENGTH (H) = 0.6299 IN
CORR. FLR. (S0) = 13832.5      * FLANGE LENGTH (L) = 2.7547 IN
      * HAWREL THK. (G0) = 0.3750 IN
(AT WOFFFOTO TEMPERATURE)      * HUB END THK. (G1) = 0.7500 IN
LONG. HR (S4) = 25949.1      * BOLT CIRCLE (BC) = 30.0000 IN
RADIAL FIC (S9) = 4509.3      * NO. BOLTS = 32
TANG. FLR. (S7) = 22434.5      * BOLT DIAM. (SH.A) = 0.8750 IN
CORR. FLR. (S0) = 15228.7      * EDGE DIST. (E) = 0.9375 IN
      * RADIAL DIST. (R) = 1.2500 IN
*****
FLANGE CORR (ONLY MATERIALS) = 296.94 US LBS.
APPROXIMATE FLANGE WEIGHT = 208.44 LB
*****
NOTES***
(1)
(2)
(3)
*****

```

THIS DESIGN IS FOR THE CHANNEL-CHFLI CONNECTION

TUBE SHEET MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 15000.0 PSI
MAX. DESIGN PRESSURE= 350.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 400.00 DEG F
TUBE SHEET O.D.= 27.2999 IN
TUBE SHEET THK.= 2.4000 IN

BLIND FLANGE MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
DESIGN PRESSURE= 175.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 300.00 DEG F
BLIND FLANGE O.D.= 31.8750 IN BOLT CIRCLE DIAMETER= 30.0000 IN
GASKET SEATING DIAMETER= 26.7500 IN
BLIND FLANGE THK.= 1.0000 IN

HEAD MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
ELLIPTICAL HEAD THK.= 0.4729 IN DESIGN PRESSURE= 350.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 400.00 DEG F

HEAD MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
TORISPHERICAL HEAD THK.= 0.5786 IN DISH RADIUS= 29.5000 IN KNUCKEL RADIUS= 2.2125 IN
DESIGN PRESSURE= 350.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 400.00 DEG F

BAFFLE MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 20000.0 PSI
13 BAFFLES REQUIRED BAFFLE THK.= 0.2500 IN SHELL DIAMETER= 26.0000 IN

6= 0.3750 IN DIAMETER TIE RODS OF CARBON STEEL
6= 0.3750 IN DIAMETER SPACERS OF CARBON STEEL

```

*****
* COST NO. ***** JOB NO. ***** 1014 *****
* ADDRESS ***** INQUIRY NO. 1 *****
* PLANT LOCATION ***** DATE JUN-20-1975 *****
* SERVICE OF UNIT DESALTED CRUDE OIL PREHEATER ***** ITEM NO. FA107A *****
* SIZE 44.50 X 240.00 TYPE WLS CONNECTED IN 1 SER. = 1 PAR. *****
* SURFACE/UNIT 4332.07 SQFT SHELLS/UNIT 1 SURFACE/SHELL 4332.07 SQFT *****
*****
* PERFORMANCE OF ONE UNIT *****
*****
* FLUID CIRCULATED * HEAVY SHELL SIDE * DESALTED TUBE SIDE *
* TOTAL FLUID ENTERING * 1087169.0 LB/HR * 945930.0 LB/HR *
* VAPOR * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
* LIQUID * 1087169.0 LB/HR * 945930.0 LB/HR *
* STEAM * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
* UNCONDENSED * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
* FLUID CONDENSED OR CONDENSED * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
* STEAM CONDENSED * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
* GRAVITY LIQUID * 3.772 * * *
* VISCOSITY LIQUID * 0.811 CPS * 1.729 CPS *
* MOLECULAR WEIGHT VAPORS * 0.000 * 0.000 *
* SPECIFIC HEAT LIQUIDS * 0.669 BTU/LB * 0.657 BTU/LB *
* LATENT HEAT VAPORS * 0.000 BTU/LB * 0.000 BTU/LB *
* TEMPERATURE IN * 555.00 DEG F * 412.00 DEG F *
* TEMPERATURE OUT * 510.00 DEG F * 450.00 DEG F *
* OPERATING PRESSURE * 170.00 PSIG * 170.00 PSIG *
* NUMBER OF PASSES * 1 * 4 *
* VELOCITY * 5.499 FT/SEC * 0.114 FT/SEC *
* PRESSURE DROP * 10.615 PSI * 21.210 PSI *
* FOULING FACTOR * 0.003 * 0.004 *
*****
* HEAT EXCHANGED 2556381.7 BTU/HR * NET CH. CORRECTED 97.40R DEG F *
* TRANSFER RATE SERVICE 10.180 * CLEAR 19.335 *****
*****
* CONSTRUCTION *****
*****
* DESIGN PRESSURE * 225.0 PSIG * 320.0 PSIG *
* TEST PRESSURE * 337.5 PSIG * 487.5 PSIG *
* DESIGN TEMPERATURE * 600.0 DEG F * 540.0 DEG F *
*****
* TUBES COST NO. B52 07: 1.00 IN - DIA 12. LENGTH 20.0 FT THICKNESS 1.250 IN SO *****
* SHELL ALLOY STEEL 1.0. 44.50 T 0.0. IN THICKNESS *****
* SHELL COMP. CARBON STEEL FLOATING HEAD COVER CARBON STEEL *****
* CHANNEL CARBON STEEL CHANNEL COVER CARBON STEEL *****
* TUBE SHEETS STATIONARY CARBON STEEL FLOATING COVER CARBON STEEL *****
* BAFFLES - CROSS 14 TYPE SQGN. 25.0 THICKNESS IN *****
* BAFFLE - DIA. NO TYPE THICKNESS IN *****
* TUBE SUPPORTS THICKNESS IN *****
* GASKETS ASBESTOS CLAD *****
* CONNECTIONS SHELL IN 12.00 IN OUT 12.00 IN SERIES 300.0 PSI *****
* CONNECTIONS CHANNEL IN 12.00 IN OUT 12.00 IN SERIES 450.0 PSI *****
* CORROSION ALLOWANCE SHELL SIDE 0.1250 IN TUBE SIDE 0.1250 IN *****
* CODE REQUIREMENTS SAME SECTION VIII AND TEMA CLASS B *****
* WEIGHTS EACH SHELL BUNDLE FULL OF WATER *****
*****
* INDICATE AFTER EACH PART WHETHER STRESS RELIEVED AND WHETHER X-RAYED *****
* REMARKS 4 SEALING STRIPS *****
*****

```

THE COORDINATES

NT	YT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT
1	23.500	23.500	51	24.375	24.750	101	24.750	27.250	151	16.625	28.500	201	31.000	31.000			
2	24.750	23.500	52	19.125	24.750	102	26.000	27.250	152	15.375	28.500	202	32.250	31.000			
3	26.000	23.500	53	17.875	24.750	103	27.250	27.250	153	14.125	28.500	203	33.500	31.000			
4	27.250	23.500	54	14.625	24.750	104	28.500	27.250	154	12.875	28.500	204	34.750	31.000			
5	28.500	23.500	55	15.375	24.750	105	27.750	27.250	155	11.625	28.500	205	36.000	31.000			
6	29.750	23.500	56	18.125	24.750	106	31.000	27.250	156	10.375	28.500	206	37.250	31.000			
7	31.000	23.500	57	19.875	24.750	107	32.250	27.250	157	9.125	28.500	207	38.500	31.000			
8	32.250	23.500	58	11.625	24.750	108	33.500	27.250	158	7.875	28.500	208	39.750	31.000			
9	33.500	23.500	59	16.375	24.750	109	34.750	27.250	159	6.625	28.500	209	41.000	31.000			
10	34.750	23.500	60	6.125	24.750	110	36.000	27.250	160	5.375	28.500	210	20.375	31.000			
11	36.000	23.500	61	7.875	24.750	111	37.250	27.250	161	4.125	28.500	211	19.125	31.000			
12	37.250	23.500	62	4.625	24.750	112	38.500	27.250	162	2.875	28.500	212	17.875	31.000			
13	38.500	23.500	63	5.375	24.750	113	39.750	27.250	163	1.625	28.500	213	16.625	31.000			
14	39.750	23.500	64	8.125	24.750	114	41.000	27.250	164	23.500	29.750	214	15.375	31.000			
15	41.000	23.500	65	7.875	24.750	115	42.250	27.250	165	24.750	29.750	215	14.125	31.000			
16	42.250	23.500	66	1.625	24.750	116	20.375	27.250	166	25.000	29.750	216	12.875	31.000			
17	43.500	23.500	67	23.500	26.000	117	19.125	27.250	167	27.250	29.750	217	11.625	31.000			
18	20.375	23.500	68	28.750	26.000	118	17.875	27.250	168	28.500	29.750	218	10.375	31.000			
19	19.125	23.500	69	26.000	26.000	119	16.625	27.250	169	29.750	29.750	219	9.125	31.000			
20	17.875	23.500	70	27.250	26.000	120	15.375	27.250	170	31.000	29.750	220	7.875	31.000			
21	16.625	23.500	71	28.500	26.000	121	14.125	27.250	171	32.250	29.750	221	6.625	31.000			
22	15.375	23.500	72	29.750	26.000	122	12.675	27.250	172	33.500	29.750	222	5.375	31.000			
23	14.125	23.500	73	31.000	26.000	123	11.625	27.250	173	34.750	29.750	223	4.125	31.000			
24	12.875	23.500	74	32.250	26.000	124	10.375	27.250	174	36.000	29.750	224	2.875	31.000			
25	11.625	23.500	75	33.500	26.000	125	9.125	27.250	175	37.250	29.750	225	23.500	32.250			
26	10.375	23.500	76	34.750	26.000	126	7.875	27.250	176	38.500	29.750	226	24.750	32.250			
27	9.125	23.500	77	36.000	26.000	127	6.625	27.250	177	39.750	29.750	227	26.000	32.250			
28	7.875	23.500	78	37.250	26.000	128	5.375	27.250	178	41.000	29.750	228	27.250	32.250			
29	6.625	23.500	79	38.500	26.000	129	4.125	27.250	179	42.250	29.750	229	28.500	32.250			
30	5.375	23.500	80	39.750	26.000	130	2.875	27.250	180	20.375	29.750	230	29.750	32.250			
31	4.125	23.500	81	41.000	26.000	131	1.625	27.250	181	19.125	29.750	231	31.000	32.250			
32	2.875	23.500	82	42.250	26.000	132	23.500	28.500	182	17.875	29.750	232	32.250	32.250			
33	1.625	23.500	83	43.500	26.000	133	24.750	28.500	183	16.625	29.750	233	33.500	32.250			
34	23.500	24.750	84	28.375	26.000	134	26.000	28.500	184	15.375	29.750	234	34.750	32.250			
35	24.750	24.750	85	19.125	26.000	135	27.250	28.500	185	14.125	29.750	235	36.000	32.250			
36	26.000	24.750	86	17.875	26.000	136	28.500	28.500	186	12.875	29.750	236	37.250	32.250			
37	27.250	24.750	87	16.625	26.000	137	29.750	28.500	187	11.625	29.750	237	38.500	32.250			
38	28.500	24.750	88	18.375	26.000	138	31.000	28.500	188	10.375	29.750	238	39.750	32.250			
39	29.750	24.750	89	18.125	26.000	139	32.250	28.500	189	9.125	29.750	239	41.000	32.250			
40	31.000	24.750	90	19.875	26.000	140	33.500	28.500	190	7.875	29.750	240	20.375	32.250			
41	32.250	24.750	91	11.625	26.000	141	34.750	28.500	191	6.625	29.750	241	19.125	32.250			
42	33.500	24.750	92	16.375	26.000	142	36.000	28.500	192	5.375	29.750	242	17.875	32.250			
43	34.750	24.750	93	9.125	26.000	143	37.250	28.500	193	4.125	29.750	243	16.625	32.250			
44	36.000	24.750	94	7.875	26.000	144	38.500	28.500	194	2.875	29.750	244	15.375	32.250			
45	37.250	24.750	95	4.625	26.000	145	39.750	28.500	195	23.500	31.000	245	14.125	32.250			
46	38.500	24.750	96	5.375	26.000	146	41.000	28.500	196	24.750	31.000	246	12.875	32.250			
47	39.750	24.750	97	8.125	26.000	147	42.250	28.500	197	26.000	31.000	247	11.625	32.250			
48	41.000	24.750	98	2.875	26.000	148	20.375	28.500	198	27.250	31.000	248	10.375	32.250			
49	42.250	24.750	99	1.625	26.000	149	19.125	28.500	199	28.500	31.000	249	9.125	32.250			
50	43.500	24.750	100	23.500	27.250	150	17.875	28.500	200	29.750	31.000	250	7.875	32.250			

TUBE COORDINATES

WT	YT	YT	WT	XT	YT	WT	XT	YT	WT	XT	YT	WT	XT	YT
* 251 *	6.425	32.250	* 301 *	12.125	34.750	* 351 *	14.125	37.250	* 401 *	27.250	41.000	* 451 *	16.625	21.000
* 252 *	5.175	32.250	* 302 *	12.875	34.750	* 352 *	12.875	37.250	* 402 *	28.500	41.000	* 452 *	15.375	21.000
* 253 *	4.125	32.250	* 303 *	11.625	34.750	* 353 *	11.625	37.250	* 403 *	29.750	41.000	* 453 *	14.125	21.000
* 254 *	23.500	33.500	* 304 *	10.375	34.750	* 354 *	10.375	37.250	* 404 *	31.000	41.000	* 454 *	12.875	21.000
* 255 *	24.750	33.500	* 305 *	9.125	34.750	* 355 *	9.125	37.250	* 405 *	32.250	41.000	* 455 *	11.625	21.000
* 256 *	26.000	33.500	* 306 *	7.875	34.750	* 356 *	7.875	37.250	* 406 *	20.375	41.000	* 456 *	10.375	21.000
* 257 *	27.250	33.500	* 307 *	6.625	34.750	* 357 *	6.625	37.250	* 407 *	19.125	41.000	* 457 *	9.125	21.000
* 258 *	28.500	33.500	* 308 *	5.375	34.750	* 358 *	23.500	38.500	* 408 *	17.875	41.000	* 458 *	7.875	21.000
* 259 *	29.750	33.500	* 309 *	23.500	36.000	* 359 *	24.750	38.500	* 409 *	15.625	41.000	* 459 *	6.625	21.000
* 260 *	31.000	33.500	* 310 *	24.750	36.000	* 360 *	26.000	38.500	* 410 *	15.375	41.000	* 460 *	5.375	21.000
* 261 *	32.250	33.500	* 311 *	24.000	36.000	* 361 *	27.250	38.500	* 411 *	14.125	41.000	* 461 *	4.125	21.000
* 262 *	33.500	33.500	* 312 *	27.250	36.000	* 362 *	28.500	38.500	* 412 *	12.875	41.000	* 462 *	2.875	21.000
* 263 *	34.750	33.500	* 313 *	24.500	36.000	* 363 *	29.750	38.500	* 413 *	11.625	41.000	* 463 *	1.625	21.000
* 264 *	36.000	33.500	* 314 *	20.750	36.000	* 364 *	31.000	38.500	* 414 *	23.500	42.250	* 464 *	23.500	19.750
* 265 *	37.250	33.500	* 315 *	31.200	36.000	* 365 *	32.250	38.500	* 415 *	24.750	42.250	* 465 *	24.750	19.750
* 266 *	38.500	33.500	* 316 *	32.250	36.000	* 366 *	33.500	38.500	* 416 *	26.000	42.250	* 466 *	26.000	19.750
* 267 *	39.750	33.500	* 317 *	33.500	35.300	* 367 *	34.750	38.500	* 417 *	27.250	42.250	* 467 *	27.250	19.750
* 268 *	40.375	33.500	* 318 *	34.750	36.000	* 368 *	36.000	38.500	* 418 *	28.500	42.250	* 468 *	28.500	19.750
* 269 *	40.125	33.500	* 319 *	36.000	36.000	* 369 *	23.375	38.500	* 419 *	29.750	42.250	* 469 *	29.750	19.750
* 270 *	17.875	33.500	* 320 *	37.250	36.000	* 370 *	19.125	38.500	* 420 *	20.375	42.250	* 470 *	31.000	19.750
* 271 *	16.425	33.500	* 321 *	34.500	36.000	* 371 *	17.875	38.500	* 421 *	19.125	42.250	* 471 *	32.250	19.750
* 272 *	15.375	33.500	* 322 *	28.375	36.000	* 372 *	16.625	38.500	* 422 *	17.875	42.250	* 472 *	33.500	19.750
* 273 *	14.125	33.500	* 323 *	10.125	36.000	* 373 *	15.375	38.500	* 423 *	16.625	42.250	* 473 *	34.750	19.750
* 274 *	12.875	33.500	* 324 *	17.375	36.000	* 374 *	14.125	38.500	* 424 *	15.375	42.250	* 474 *	36.000	19.750
* 275 *	11.625	33.500	* 325 *	14.625	36.000	* 375 *	12.875	38.500	* 425 *	14.125	42.250	* 475 *	37.250	19.750
* 276 *	10.375	33.500	* 326 *	15.375	36.000	* 376 *	11.625	38.500	* 426 *	23.500	43.500	* 476 *	38.500	19.750
* 277 *	9.125	33.500	* 327 *	14.125	36.000	* 377 *	10.375	38.500	* 427 *	24.750	43.500	* 477 *	39.750	19.750
* 278 *	7.875	33.500	* 328 *	12.875	36.000	* 378 *	9.125	38.500	* 428 *	25.000	43.500	* 478 *	41.000	19.750
* 279 *	6.625	33.500	* 329 *	11.625	36.000	* 379 *	23.500	39.750	* 429 *	20.375	43.500	* 479 *	42.250	19.750
* 280 *	5.375	33.500	* 330 *	10.375	35.000	* 380 *	24.750	39.750	* 430 *	19.125	43.500	* 480 *	43.500	19.750
* 281 *	4.125	33.500	* 331 *	9.125	35.000	* 381 *	25.000	39.750	* 431 *	23.500	21.000	* 481 *	20.375	19.750
* 282 *	23.500	34.750	* 332 *	7.875	36.000	* 382 *	27.250	39.750	* 432 *	24.750	21.000	* 482 *	19.125	19.750
* 283 *	24.750	34.750	* 333 *	6.625	36.000	* 383 *	28.500	39.750	* 433 *	26.000	21.000	* 483 *	17.875	19.750
* 284 *	26.000	34.750	* 334 *	23.500	37.250	* 384 *	29.750	39.750	* 434 *	27.250	21.000	* 484 *	16.625	19.750
* 285 *	27.250	34.750	* 335 *	24.750	37.250	* 385 *	31.000	39.750	* 435 *	28.500	21.000	* 485 *	15.375	19.750
* 286 *	28.500	34.750	* 336 *	26.000	37.250	* 386 *	32.250	39.750	* 436 *	29.750	21.000	* 486 *	14.125	19.750
* 287 *	29.750	34.750	* 337 *	27.250	37.250	* 387 *	33.500	39.750	* 437 *	31.000	21.000	* 487 *	12.875	19.750
* 288 *	31.000	34.750	* 338 *	24.500	37.250	* 388 *	34.750	39.750	* 438 *	32.250	21.000	* 488 *	11.625	19.750
* 289 *	32.250	34.750	* 339 *	20.750	37.250	* 389 *	23.375	39.750	* 439 *	33.500	21.000	* 489 *	10.375	19.750
* 290 *	33.500	34.750	* 340 *	31.000	37.250	* 390 *	19.125	39.750	* 440 *	34.750	21.000	* 490 *	9.125	19.750
* 291 *	34.750	34.750	* 341 *	32.250	37.250	* 391 *	17.875	39.750	* 441 *	36.000	21.000	* 491 *	7.875	19.750
* 292 *	36.000	34.750	* 342 *	33.500	37.250	* 392 *	16.625	39.750	* 442 *	37.250	21.000	* 492 *	6.625	19.750
* 293 *	37.250	34.750	* 343 *	34.750	37.250	* 393 *	15.375	39.750	* 443 *	38.500	21.000	* 493 *	5.375	19.750
* 294 *	38.500	34.750	* 344 *	36.000	37.250	* 394 *	14.125	39.750	* 444 *	39.750	21.000	* 494 *	4.125	19.750
* 295 *	39.750	34.750	* 345 *	37.250	37.250	* 395 *	12.875	39.750	* 445 *	41.000	21.000	* 495 *	2.875	19.750
* 296 *	40.375	34.750	* 346 *	28.375	37.250	* 396 *	11.625	39.750	* 446 *	42.250	21.000	* 496 *	1.625	19.750
* 297 *	19.125	34.750	* 347 *	10.125	37.250	* 397 *	10.375	39.750	* 447 *	43.500	21.000	* 497 *	23.500	18.500
* 298 *	17.875	34.750	* 348 *	17.875	37.250	* 398 *	23.500	41.000	* 448 *	20.375	21.000	* 498 *	24.750	18.500
* 299 *	16.625	34.750	* 349 *	14.625	37.250	* 399 *	24.750	41.000	* 449 *	19.125	21.000	* 499 *	26.000	18.500
* 300 *	15.375	34.750	* 350 *	15.375	37.250	* 400 *	26.000	41.000	* 450 *	17.875	21.000	* 500 *	27.250	18.500

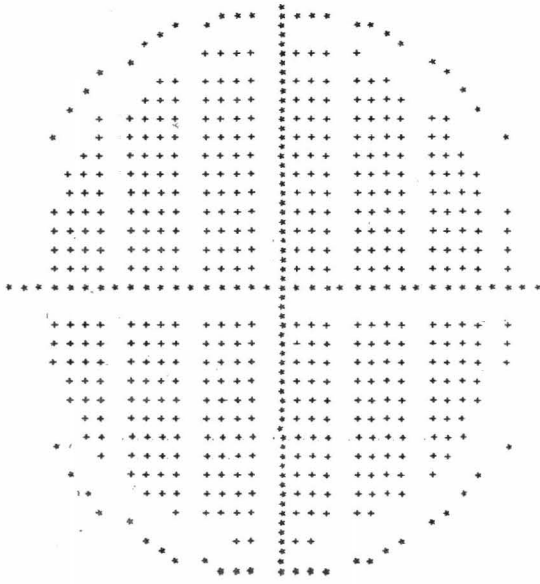
TJBC COORDINATES

NT	XT	YT	HT	XT	YT	HT	XT	YT	HT	XT	YT	HT	XT	YT	HT	XT	YT
501	28.500	18.500	551	18.125	17.250	601	32.250	14.750	651	6.625	13.500	701	16.625	11.000	*	*	*
502	29.750	18.500	552	12.875	17.250	602	33.500	14.750	652	5.375	13.500	702	15.375	11.000	*	*	*
503	31.000	18.500	553	11.625	17.250	603	34.750	14.750	653	4.125	13.500	703	14.125	11.000	*	*	*
504	32.250	18.500	554	10.375	17.250	604	36.000	14.750	654	2.875	13.500	704	12.875	11.000	*	*	*
505	33.500	18.500	555	9.125	17.250	605	37.250	14.750	655	23.500	12.250	705	11.625	11.000	*	*	*
506	34.750	18.500	556	7.875	17.250	606	38.500	14.750	656	24.750	12.250	706	10.375	11.000	*	*	*
507	36.000	18.500	557	6.625	17.250	607	39.750	14.750	657	26.000	12.250	707	9.125	11.000	*	*	*
508	37.250	18.500	558	5.375	17.250	608	41.000	14.750	658	27.250	12.250	708	7.875	11.000	*	*	*
509	38.500	18.500	559	4.125	17.250	609	42.250	14.750	659	28.500	12.250	709	6.625	11.000	*	*	*
510	39.750	18.500	560	2.875	17.250	610	20.375	14.750	660	29.750	12.250	710	5.375	11.000	*	*	*
511	41.000	18.500	561	1.625	17.250	611	19.125	14.750	661	31.000	12.250	711	4.125	11.000	*	*	*
512	42.250	18.500	562	23.500	16.000	612	17.875	14.750	662	32.250	12.250	712	23.500	9.750	*	*	*
513	43.500	18.500	563	24.750	16.000	613	16.625	14.750	663	33.500	12.250	713	24.750	9.750	*	*	*
514	44.750	18.500	564	24.000	16.000	614	15.375	14.750	664	34.750	12.250	714	26.000	9.750	*	*	*
515	19.125	18.500	565	27.250	16.000	615	14.125	14.750	665	36.000	12.250	715	27.250	9.750	*	*	*
516	17.875	18.500	566	24.500	16.000	616	12.875	14.750	666	37.250	12.250	716	28.500	9.750	*	*	*
517	16.625	18.500	567	29.750	16.000	617	11.625	14.750	667	38.500	12.250	717	29.750	9.750	*	*	*
518	15.375	18.500	568	31.000	16.000	618	10.375	14.750	668	39.750	12.250	718	31.000	9.750	*	*	*
519	14.125	18.500	569	32.250	16.000	619	9.125	14.750	669	41.000	12.250	719	32.250	9.750	*	*	*
520	12.875	18.500	570	33.500	16.000	620	7.875	14.750	670	20.375	12.250	720	33.500	9.750	*	*	*
521	11.625	18.500	571	34.750	16.000	621	6.625	14.750	671	19.125	12.250	721	34.750	9.750	*	*	*
522	10.375	18.500	572	36.000	16.000	622	5.375	14.750	672	17.875	12.250	722	36.000	9.750	*	*	*
523	9.125	18.500	573	37.250	16.000	623	4.125	14.750	673	16.625	12.250	723	37.250	9.750	*	*	*
524	7.875	18.500	574	38.500	16.000	624	2.875	14.750	674	15.375	12.250	724	38.500	9.750	*	*	*
525	6.625	18.500	575	39.750	16.000	625	23.500	13.500	675	14.125	12.250	725	39.750	9.750	*	*	*
526	5.375	18.500	576	41.000	16.000	626	24.750	13.500	676	12.875	12.250	726	20.375	9.750	*	*	*
527	4.125	18.500	577	42.250	16.000	627	25.000	13.500	677	11.625	12.250	727	19.125	9.750	*	*	*
528	2.875	18.500	578	20.375	16.000	628	27.250	13.500	678	10.375	12.250	728	17.875	9.750	*	*	*
529	1.625	18.500	579	19.125	16.000	629	28.500	13.500	679	9.125	12.250	729	16.625	9.750	*	*	*
530	23.500	17.250	580	17.375	16.000	630	29.750	13.500	680	7.875	12.250	730	15.375	9.750	*	*	*
531	24.750	17.250	581	14.625	16.000	631	31.000	13.500	681	6.625	12.250	731	14.125	9.750	*	*	*
532	26.000	17.250	582	15.375	16.000	632	32.250	13.500	682	5.375	12.250	732	12.875	9.750	*	*	*
533	27.250	17.250	583	16.125	16.000	633	33.500	13.500	683	4.125	12.250	733	11.625	9.750	*	*	*
534	28.500	17.250	584	12.875	16.000	634	34.750	13.500	684	23.500	11.000	734	10.375	9.750	*	*	*
535	29.750	17.250	585	11.625	16.000	635	36.000	13.500	685	24.750	11.000	735	9.125	9.750	*	*	*
536	31.000	17.250	586	10.375	16.000	636	37.250	13.500	686	26.000	11.000	736	7.875	9.750	*	*	*
537	32.250	17.250	587	9.125	16.000	637	38.500	13.500	687	27.250	11.000	737	6.625	9.750	*	*	*
538	33.500	17.250	588	7.875	16.000	638	39.750	13.500	688	28.500	11.000	738	5.375	9.750	*	*	*
539	34.750	17.250	589	6.625	16.000	639	41.000	13.500	689	29.750	11.000	739	23.500	8.500	*	*	*
540	36.000	17.250	590	5.375	16.000	640	20.375	13.500	690	31.000	11.000	740	24.750	8.500	*	*	*
541	37.250	17.250	591	4.125	16.000	641	19.125	13.500	691	32.250	11.000	741	26.000	8.500	*	*	*
542	38.500	17.250	592	2.875	16.000	642	17.875	13.500	692	33.500	11.000	742	27.250	8.500	*	*	*
543	39.750	17.250	593	1.625	16.000	643	16.625	13.500	693	34.750	11.000	743	28.500	8.500	*	*	*
544	41.000	17.250	594	23.500	14.750	644	15.375	13.500	694	36.000	11.000	744	29.750	8.500	*	*	*
545	42.250	17.250	595	24.750	14.750	645	14.125	13.500	695	37.250	11.000	745	31.000	8.500	*	*	*
546	43.500	17.250	596	24.000	14.750	646	12.875	13.500	696	38.500	11.000	746	32.250	8.500	*	*	*
547	19.125	17.250	597	27.250	14.750	647	11.625	13.500	697	39.750	11.000	747	33.500	8.500	*	*	*
548	17.875	17.250	598	24.500	14.750	648	10.375	13.500	698	20.375	11.000	748	34.750	8.500	*	*	*
549	16.625	17.250	599	29.750	14.750	649	9.125	13.500	699	19.125	11.000	749	36.000	8.500	*	*	*
550	15.375	17.250	600	31.000	14.750	650	7.875	13.500	700	17.875	11.000	750	37.250	8.500	*	*	*

TUBE COORDINATES

HT	XT	YT	HT	XT	YT	HT	XT	YT	HT	XT	YT	HT	XT	YT	HT	XT	YT
* 751	* 38.500	8.500	* 801	* 17.875	6.000	* 851	* 19.125	2.250	* 901	* 0.000	0.000	* 951	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 752	* 20.375	8.500	* 802	* 14.625	6.000	* 852	* 17.875	2.250	* 902	* 0.000	0.000	* 952	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 753	* 19.125	8.500	* 803	* 15.375	6.000	* 853	* 16.625	2.250	* 903	* 0.000	0.000	* 953	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 754	* 17.875	8.500	* 804	* 16.125	6.000	* 854	* 15.375	2.250	* 904	* 0.000	0.000	* 954	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 755	* 16.625	8.500	* 805	* 12.875	6.000	* 855	* 14.125	2.250	* 905	* 0.000	0.000	* 955	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 756	* 15.375	8.500	* 806	* 11.625	6.000	* 856	* 23.500	1.000	* 906	* 0.000	0.000	* 956	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 757	* 14.125	8.500	* 807	* 10.375	6.000	* 857	* 24.750	1.000	* 907	* 0.000	0.000	* 957	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 758	* 12.875	8.500	* 808	* 0.125	6.000	* 858	* 26.000	1.000	* 908	* 0.000	0.000	* 958	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 759	* 11.625	8.500	* 809	* 23.500	4.750	* 859	* 20.375	1.000	* 909	* 0.000	0.000	* 959	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 760	* 10.375	8.500	* 810	* 24.750	4.750	* 860	* 19.125	1.000	* 910	* 0.000	0.000	* 960	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 761	* 9.125	8.500	* 811	* 26.000	4.750	* 861	* 0.000	0.000	* 911	* 0.000	0.000	* 961	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 762	* 7.875	8.500	* 812	* 27.250	4.750	* 862	* 0.000	0.000	* 912	* 0.000	0.000	* 962	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 763	* 6.625	8.500	* 813	* 28.500	4.750	* 863	* 0.000	0.000	* 913	* 0.000	0.000	* 963	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 764	* 23.500	7.250	* 814	* 22.750	4.750	* 864	* 0.000	0.000	* 914	* 0.000	0.000	* 964	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 765	* 24.750	7.250	* 815	* 31.000	4.750	* 865	* 0.000	0.000	* 915	* 0.000	0.000	* 965	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 766	* 26.000	7.250	* 816	* 32.250	4.750	* 866	* 0.000	0.000	* 916	* 0.000	0.000	* 966	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 767	* 27.250	7.250	* 817	* 33.500	4.750	* 867	* 0.000	0.000	* 917	* 0.000	0.000	* 967	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 768	* 28.500	7.250	* 818	* 34.750	4.750	* 868	* 0.000	0.000	* 918	* 0.000	0.000	* 968	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 769	* 29.750	7.250	* 819	* 26.375	4.750	* 869	* 0.000	0.000	* 919	* 0.000	0.000	* 969	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 770	* 31.000	7.250	* 820	* 19.125	4.750	* 870	* 0.000	0.000	* 920	* 0.000	0.000	* 970	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 771	* 32.250	7.250	* 821	* 17.875	4.750	* 871	* 0.000	0.000	* 921	* 0.000	0.000	* 971	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 772	* 33.500	7.250	* 822	* 14.625	4.750	* 872	* 0.000	0.000	* 922	* 0.000	0.000	* 972	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 773	* 34.750	7.250	* 823	* 15.375	4.750	* 873	* 0.000	0.000	* 923	* 0.000	0.000	* 973	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 774	* 36.000	7.250	* 824	* 18.125	4.750	* 874	* 0.000	0.000	* 924	* 0.000	0.000	* 974	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 775	* 37.250	7.250	* 825	* 19.375	4.750	* 875	* 0.000	0.000	* 925	* 0.000	0.000	* 975	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 776	* 20.375	7.250	* 826	* 11.625	4.750	* 876	* 0.000	0.000	* 926	* 0.000	0.000	* 976	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 777	* 19.125	7.250	* 827	* 10.375	4.750	* 877	* 0.000	0.000	* 927	* 0.000	0.000	* 977	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 778	* 17.875	7.250	* 828	* 23.500	3.500	* 878	* 0.000	0.000	* 928	* 0.000	0.000	* 978	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 779	* 16.625	7.250	* 829	* 24.750	3.500	* 879	* 0.000	0.000	* 929	* 0.000	0.000	* 979	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 780	* 15.375	7.250	* 830	* 26.000	3.500	* 880	* 0.000	0.000	* 930	* 0.000	0.000	* 980	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 781	* 14.125	7.250	* 831	* 27.250	3.500	* 881	* 0.000	0.000	* 931	* 0.000	0.000	* 981	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 782	* 12.875	7.250	* 832	* 28.500	3.500	* 882	* 0.000	0.000	* 932	* 0.000	0.000	* 982	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 783	* 11.625	7.250	* 833	* 29.750	3.500	* 883	* 0.000	0.000	* 933	* 0.000	0.000	* 983	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 784	* 10.375	7.250	* 834	* 31.000	3.500	* 884	* 0.000	0.000	* 934	* 0.000	0.000	* 984	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 785	* 9.125	7.250	* 835	* 32.250	3.500	* 885	* 0.000	0.000	* 935	* 0.000	0.000	* 985	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 786	* 7.875	7.250	* 836	* 26.375	3.500	* 886	* 0.000	0.000	* 936	* 0.000	0.000	* 986	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 787	* 6.625	7.250	* 837	* 19.125	3.500	* 887	* 0.000	0.000	* 937	* 0.000	0.000	* 987	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 788	* 23.500	6.000	* 838	* 17.875	3.500	* 888	* 0.000	0.000	* 938	* 0.000	0.000	* 988	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 789	* 24.750	6.000	* 839	* 14.625	3.500	* 889	* 0.000	0.000	* 939	* 0.000	0.000	* 989	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 790	* 26.000	6.000	* 840	* 15.375	3.500	* 890	* 0.000	0.000	* 940	* 0.000	0.000	* 990	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 791	* 27.250	6.000	* 841	* 18.125	3.500	* 891	* 0.000	0.000	* 941	* 0.000	0.000	* 991	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 792	* 28.500	6.000	* 842	* 12.875	3.500	* 892	* 0.000	0.000	* 942	* 0.000	0.000	* 992	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 793	* 29.750	6.000	* 843	* 11.625	3.500	* 893	* 0.000	0.000	* 943	* 0.000	0.000	* 993	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 794	* 31.000	6.000	* 844	* 23.500	2.250	* 894	* 0.000	0.000	* 944	* 0.000	0.000	* 994	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 795	* 32.250	6.000	* 845	* 24.750	2.250	* 895	* 0.000	0.000	* 945	* 0.000	0.000	* 995	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 796	* 33.500	6.000	* 846	* 26.000	2.250	* 896	* 0.000	0.000	* 946	* 0.000	0.000	* 996	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 797	* 34.750	6.000	* 847	* 27.250	2.250	* 897	* 0.000	0.000	* 947	* 0.000	0.000	* 997	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 798	* 36.000	6.000	* 848	* 28.500	2.250	* 898	* 0.000	0.000	* 948	* 0.000	0.000	* 998	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 799	* 20.375	6.000	* 849	* 26.750	2.250	* 899	* 0.000	0.000	* 949	* 0.000	0.000	* 999	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000
* 800	* 19.125	6.000	* 850	* 23.375	2.250	* 900	* 0.000	0.000	* 950	* 0.000	0.000	* 1000	* 0.000	0.000	* 0.000	* 0.000	* 0.000

TYPE LAYOUT PRINT OUT



SHELL MATERIAL=CARBON STEEL MAX ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
SHELL THK.= 0.5000 IN SHELL DIAMETER= 44.5000 IN DESIGN PRESSURE=225.0000 PSI DESIGN TEMPERATURE= 500.00 DEG.F
.....
CHANNEL MATERIAL=CARBON STEEL MAX ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
CHANNEL THK.= 0.5000 IN CHANNEL DIAMETER= 44.5000 IN DESIGN PRESSURE= 1325.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 540.00 DEG.F
.....

FLATTING HEAD FLANGE DESIGN

 * INTERNAL PRESSURE = 325.0 GASKET DETAILS*** FACING DETAILS**
 * EXTERNAL PRESSURE = 225.0 JO = 40.2500 TYPE=R.F.
 * DESIGN TEMPERATURE = 600.0 ID = 43.0000 ID = 44.3125
 * ATMOSPHERIC TEMP. = 80.0 THK = 0.0000 THK = 0.0625
 * MATERIAL=ASUSTEUS CLAD

 * FLANGE MATERIAL = CARBON STEEL (S(OPS.T)) = 17500.0 H = 0.6250
 * SCATH.T) = 17500.0 B = 0.2500
 * BOLLING MATERIAL = CARBON STEEL (S(OPS.T)) = 20000.0 Y = 7000.0000
 * SCATH.T) = 20000.0 H = 3.7500
 * HEAD MATERIAL = CARBON STEEL (S(OPS.T)) = 17500.0

 * BOLT CALCULATION***
 * WID = 24339.8 A1 = 25.6185 NO.BOLTS = 48
 * HP = 24444.0 AB = 26.4480 BOLT DIA. = 1.0000
 * H = 485785.1 W = 520668.5 MIN.BOLT SP. = 2.2500
 * H11 = 512349.1 BOLT CIRC. = 45.5000

 * INTERNAL PRESSURE MOMENT CALCULATION***
 * LOAD*** LEVER ARM*** MOMENT***
 * HD = 480009.7 HD = 1.7813 HD = 799656.1
 * HG = 38479.5 HG = 0.9375 HG = 32099.0
 * HT = 36455.3 HT = 0.4219 HT = 15548.4
 * HR = 80012.5 HR = 0.9104 HR = 778359.2
 * H01 = 69544.8

 * GASKET SEATING MOMENT CALCULATION***
 * LOAD*** LEVER ARM*** MOMENT***
 * HD = 500460.5 HD = 0.7375 HD = 488123.0

 * EXTERNAL PRESSURE MOMENT CALCULATION***
 * LOAD*** LEVER ARM*** MOMENT***
 * HD = 310207.5 HD = 0.3430 HD = 69544.8
 * HT = 36455.3 HT = 0.4219 HT = 73822.9
 * HR = 588054.8 HR = 0.9104 HR = 538864.0
 * H01 = 202805.7

 * FLANGE DETAILS*** * DESIGN FACTORS***
 * TJBF SHEET TH (TSB) = 44.2500 IN * H=10/B = 11639.0
 * FLANG TH (C) = 41.9375 IN *
 * FLANG TH (C) = 48.1250 IN * J = 9.6807
 * GASKET SEATING DIA. (C) = 43.4250 IN *
 * BOLT CIRC. DIA. (C) = 45.5000 IN * F = 1.2451
 * DESIGN TH. (C) = 4.5327 IN * T = 4.5627
 * BOLT NUMBER (NO.BOL) = 48 *
 * BOLT DIAMETER (S(L.A)) = 1.0000 IN *
 * NOMINAL HEAD THK. = 0.7500 IN *
 * NOMINAL HEAD RADIUS (C) = 44.5000 IN *
 * BETA = 0.4062

 * FLANGE COST (ONLY MATERIALS) = 140.4 US DLS.
 * APPROX. NET FLANGE WEIGHT = 564.25 LB

```

*****
***** WELDING NECK FLANGE DESIGN *****
*****
DESIGN PRESSURE = 225.0 PSI GASKET DETAILS*** FACING DETAILS *
DESIGN TEMPERATURE = 600.0 DEG.F MATERIAL AS BOSTON CLAD TYPE IR.F. *
FLANGE MATERIAL = CARBON STEEL NO=50.7268 IN OD =51.2268 *
BOLTING MATERIAL = CARBON STEEL TD=49.8750 THK=0.0000 THK.= 0.0625 *
*****
MAX. ALLOW. FLG. STRESS (DES.T) =17500.0 PSI B = 0.1094 *
MAX. ALLOW. FLG. STRESS (AT 1.T) =17500.0 PSI N = 0.2500 *
MAX. ALLOW. FLG. STRESS (DES.T) =20000.0 PSI Y =7600.00 *
MAX. ALLOW. FLG. STRESS (AT 1.T) =20000.0 PSI M = 3.75 *
*****
BOLT CALCULATION***
MM2=130898.0 AM= 23.65 NO BOLTS = 64 *
MP = 20044.7 AG = 26.02 BOLT DIAM. = 0.875 *
H = 443990.0 W=504991.5 MIN. BOLT SP. = 2.063 *
MM1=473042.0 GASKET WIDTH CHECK= 0.2241 BOLT CIRC. =53.0000 *
*****
LDA1*** LEVER ARM*** MOMENT***
MO=413537.0 MO= 1.7500 IO = 723089.8 *
IG = 29441.7 IG = 1.4375 IG = 41790.5 *
HT = 30841.2 HT = 1.0438 HT = 56162.8 *
V = 604991.5 VG = 1.4375 SUM M = 821633.1 *
IO = 725494.0 *
*****
SHAPE CONSTANTS*** STRESS FACTORS***
K = 1.1384 H/H0 = 0.2017 ALPHA = 1.1558 I/D = 16488.0 *
T = 1.8684 R1/F = 0.4350 BETA = 1.2211 *
Z = 7.9739 R2/F = 0.1640 GAMMA = 0.6252 *
Y = 15.8295 SMALL F = 1.0000 DELTA = 0.0519 HO/0 = 14007.3 *
J = 16.0530 E = 0.0034 LAMBDA = 0.6771 *
G1/00 = 2.7000 D = 127.10 *
*****
STRESS CALCULATION*** * FLANGE DETAILS***
(DESIGN TEMPERATURE) * CORR. ID (CB) = 48.3750 IN *
LONG. DIR. (S) = 25093.1 * FLANGE OD (A) = 54.8750 IN *
RADIAL FLG. (R) = 8712.9 * DESIGN THK. (T) = 1.8750 IN *
TANG. FLG. (ST) = 5759.2 * MIN LENGTH (H) = 0.9922 IN *
CORR. FLG. (SC) = 14897.4 * FLANGE LENGTH (CL) = 2.0672 IN *
* BARREL THK. (CG) = 0.5000 IN *
(AT DEFER TO TEMPERATURE) * ING END THK. (G1) = 1.0000 IN *
LONG. DIR. (S) = 22149.0 * BOLT CIRCLE (BC) = 53.0000 IN *
RADIAL FLG. (R) = 7693.3 * NO. BOLTS = 64 *
TANG. FLG. (ST) = 61344.5 * BOLT DIAM. (S1.A) = 0.8750 IN *
CORR. FLG. (SC) = 14921.1 * EDGE DIST. (E) = 0.9375 IN *
* RADIAL DTST. (R) = 1.2500 IN *
*****
FLANGE COST (ONLY MATERIAL) = 571.25 US DLS.
APPROXIMATE FLANGE WEIGHT = 428.13 LB
*
NOTES***
(1)
(2)
(3)
*****

```

THIS DESIGN IS FOR THE SMALL FACE FLANGE

```

*****
* WELDING NECK FLANGE DESIGN
*****
* DESIGN PRESSURE = 225.0 PSI GASKET DETAILS**
* DESIGN TEMPERATURE = 500.0 DEG.F MATERIAL:ASBLSTOS CLAS
* FLANGE MATERIAL = CARBON STEEL OD=50.7268 IN
* BOLTING MATERIAL = CARBON STEEL ID=49.0750 THK=0.0000
* FACING DETAILS
* TYPE:R.F.
* OD =51.2268
* THK.= 1.0625
*****
* MAX.ALLOW.FLNG.STRESS(DES.T) =17500.0 PSI B = 0.1094
* MAX.ALLOW.FLNG.STRESS(ATL.T) =17500.0 PSI H = 0.2500
* MAX.ALLOW.BOLT STRESS(DES.T)=20000.0 PSI Y=7600.00
* MAX.ALLOW.BOLT STRESS(ATL.T)=20000.0 PSI H = 3.75
*****
* BOLT CALCULATION**
* WM2=130891.0 AM = 23.65 NO.BOLTS = 64
* WP = 29041.7 AG = 26.82 BOLT DIAM. = 0.875
* W = 443901.2 Y=304891.5 MIN.BOLTSP. = 2.061
* WM1=473342.0 GASKET WIDTH CHECK= 0.2241 BOLT CIRC. =53.0000
*****
* LOADS** LEVER ARM** MOMENT**
* HD=349930.1 QD = 1.7500 MD = 617393.4
* HG = 29041.7 HQ = 1.4375 MG = 41780.5
* HT = 30441.2 HT = 1.6438 MJM = 54162.8
* H = 404691.5 HQ = 1.4375 MD = 725474.0
*****
* SHAPE CONSTANTS** STRESS FACTORS**
* X = 1.2331 W/HQ = 0.2017 ALPHA = 1.1327 H/B = 14683.0
* T = 1.8254 RIG F = 0.4350 BETA = 1.1769
* Z = 4.8411 RIG V = 0.1640 GAMMA = 0.0205
* Y = 9.3863 SMALL F = 1.0000 DELTA = 0.0436 H0/U = 14007.3
* U = 10.3115 E = 0.0834 LAMBDA = 0.0441
* G1/G0 = 2.0000 D = 77.32
*****
* STRESS CALCULATION** * FLANGE DETAILS**
* (DESIGN TEMPERATURE) * CORR.ID (CB) = 44.5000 IN
* LOG.MHR (SH) = 22108.2 * FLANGE OD (CA) = 54.8750 IN
* RADIAL FLG(SS) = 11564.1 * DESIGN THK. (CT) = 1.5000 IN
* TANG.FLG (ST) = 5260.5 * BUR LENGTH (CH) = 0.9922 IN
* CORR.FLG. (SC) = 14836.1 * FLANGE LENGTH(CL) = 2.4922 IN
* (ATMOSPHERIC TEMPERATURE) * BARREL THK. (CG) = 0.5000 IN
* LOG.MHR (SH) = 22511.5 * END EDG THK.(C1) = 1.0000 IN
* RADIAL FLG(SS) = 11911.2 * BOLT CIRCLE (CC) = 53.0000 IN
* TANG.FLG. (ST) = 57194.1 * NO.BOLTS = 64
* CORR.FLG. (SC) = 17194.1 * BOLT DIAM.(SH.A) = 0.8750 IN
* * EDGE DIST. (CE) = 0.9375 IN
* * RADIAL DIST. (CR) = 1.2500 IN
*****
* FLANGE COST (ONLY MATERIALS) = 305.35 US DLS.
* APPROXIMATE FLANGE WEIGHT = 375.18 LB
*****
* NOTES**
* (1)
* (2)
* (3)
*****

```

THIS DESIGN IS FOR THE LARGE FACE FLANGE

```

*****
* WELDING NECK FLANGE DESIGN
* *****
* DESIGN PRESSURE = 325.0 PSI GASKET DETAILS** FACING DETAILS *
* DESIGN TEMPERATURE = 600.0 DEG.F MATERIAL ASBESTOS CLAD TYPFIR.F. *
* FLANGE MATERIAL = CARBON STEEL OD = 46.7674 IN ID = 47.2040 *
* BOLLING MATERIAL = CARBON STEEL ID = 45.5000 THK = 0.0000 THK = 0.0625 *
* *****
* MAX. ALL. IN. FLG. STRESS (RES.T) = 17500.0 PSI B = 0.1094 *
* MAX. ALL. IN. FLG. STRESS (AT T) = 17500.0 PSI N = 0.2500 *
* MAX. ALL. IN. BOLT STRESS (RES.T) = 20000.0 PSI Y = 7600.00 *
* MAX. ALL. IN. BOLT STRESS (AT T) = 20000.0 PSI U = 3.75 *
* *****
* BOLT CIRC. (IN) *****
* WQ2 = 119473.8 AN# 23.63 NO. BOLTS = 56 *
* HP = 38318.1 A3 = 30.36 BOLT DIAM. = 1.000 *
* H = 512241.5 N = 594850.8 MIN. BOLT SP. = 2.250 *
* WMI = 572541.4 GASKET HIGHT CHECK = 0.2825 BOLT CIRC. = 49.0000 *
* *****
* LOADS** LEVER ARMS** MOMENTS**
* HD = 505447.6 HD = 1.0750 HD = 947751.7 *
* HG = 18319.1 HG = 1.6250 HG = 62266.9 *
* HT = 28795.9 HT = 2.0000 HT = 57591.0 *
* * * * *
* I = 590851.8 HD = 1.6250 SUM H = 1067610.4 *
* ID = 966032.5 *
* *****
* SHAPE CONSTANTS** STRESS FACTORS**
* K = 1.1449 4/40 = 0.2017 ALPHA = 1.2767 1/B = 23291.0 *
* T = 1.4501 RIG F = 0.4350 DELTA = 1.3580 *
* Z = 7.2816 RIG V = 0.1640 GAMMA = 0.6967 NO/W = 21722.1 *
* Y = 14.0300 SMALL F = 1.0000 DELTA = 0.2434 *
* U = 15.8777 F = 0.0922 LAMBDA = 0.9301 *
* B1/B0 = 0.0700 Q = 110.93 *
* *****
* STRESS CALCULATIONS** FLANGE DETAILS**
* COESTAN TEMPERATURE) * CLG. ID (C) = 44.5000 IN *
* LOG. CIR (SH) = 25724.0 * FLANGE OD (A) = 51.1250 IN *
* RADIAL FLG (CR) = 3921.2 * DESIGN THK. (T) = 3.0000 IN *
* TANG. FLG. (CT) = 8274.2 * HUB LENGTH (H) = 0.9516 IN *
* CTR. FLG. (SC) = 14853.4 * FLANGE LENGTH (L) = 3.9516 IN *
* * * * *
* (ATMSFFOR TEMPERATURE) * BARREL THK. (G0) = 0.5000 IN *
* LOG. CIR (SH) = 23354.5 * HUB END THK. (G1) = 1.0000 IN *
* RADIAL FLG (CR) = 3552.2 * BOLT CIRCLE (BC) = 49.0000 IN *
* TANG. FLG. (CT) = 25759.4 * NO. BOLTS = 56 *
* CTR. FLG. (SC) = 13453.4 * BOLT DIAM. (SH.A) = 1.0000 IN *
* * * * *
* EDGE DIST. (E) = 1.0625 IN *
* RADIAL DIST. (R) = 1.3750 IN *
* *****
* FLANGE COST (ONLY MATERIALS) = 705.13 US DLS.
* APPROXIMATE FLANGE HEIGHT = 357.06 LB
*
* NOTES**
* (1)
* (2)
* (3)
*****

```

THIS DESIGN IS FOR THE CHANNEL-SHELL CONNECTION

TUBE SHEET MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
MAX. DESIGN PRESSURE= 325.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 600.00 DEG F
TUBE SHEET T.O.D.= 46.7974 IN
TUBE SHEET THK.= 3.5543 IN

.....
BLIND FLANGE MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
DESIGN PRESSURE= 325.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 590.00 DEG F
BLIND FLANGE T.O.D.= 51.1250 IN BOLT CIRCLE DIAMETER= 49.2500 IN
GASKET SEATING DIAMETER= 45.7500 IN
BLIND FLANGE THK.= 3.0304 IN

.....
HEAD MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
ELLIPTICAL HEAD THK.= 0.4914 IN DESIGN PRESSURE= 225.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 600.00 DEG F

.....
HEAD MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
TORISPHERICAL HEAD THK.= 0.6091 IN DISH RADIUS= 40.3750 IN KNUCKEL RADIUS= 3.6281 IN
DESIGN PRESSURE= 225.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 600.00 DEG F

.....
BAFFLE MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
14 BAFFLES REQUIRED BAFFLE THK.= 0.9740 IN SHELL DIAMETER= 44.5000 IN

.....
0= 0.5000 IN DIAMETER TIE RODS OF CARBON STEEL
0= 0.5000 IN DIAMETER SPACERS OF CARBON STEEL

```

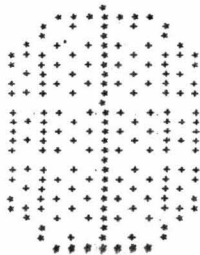
*****
* CUSTOMER ***** JOB NO. *****
* ADDRESS ***** INQUIRY NO. 1428 *****
* PLANT LOCATION ***** DATE JUL-02-75 *****
* SERVICE OF UNIT DEPROPAZICER HTS. COOLER ***** ITEM NO. CHE116 *****
* SIZE 15.00 X 240.00 TYPE AES CONNECTED IN 1.SER.= 1PAR. *****
* SURFACE/UNIT 849.76 SQFT SHELLS/UNIT 1 SURFACE/SHELL 849.76 SQFT *****
*****
* PREFERRED OF ONE UNIT *****
*****
* FLUID CIRCULATED * SHELL SIDE * TUBE SIDE *
* TOTAL FLUID ENTERING * DEPROPAZICER BOTTOMS * COOLING WATER *
* VAPOR * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
* LIQUID * 14252.0 LB/HR * 95000.0 LB/HR *
* STEAM * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
* NON-CONDENSIBLES * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
* FLUID VAPORIZED OR CONDENSED * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
* STEAM CONDENSED * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
* GRAVITY LIQUID * 0.537 * 0.984 *
* VISCOSITY LIQUID * 0.137 CPS * 0.719 CPS *
* MOLECULAR WEIGHT VAPORS * 0.000 * 0.000 *
* SPECIFIC HEAT LIQUIDS * 0.650 BTU/LB * 1.000 BTU/LB *
* LATENT HEAT VAPORS * 0.000 BTU/LB * 0.000 BTU/LB *
* TEMPERATURE IN * 222.20 DEG F * 90.00 DEG F *
* TEMPERATURE OUT * 102.00 DEG F * 100.00 DEG F *
* OPERATING PRESSURE * 220.00 PSIG * 30.00 PSIG *
* NUMBER OF PASSES * 1 * 2 *
* VELOCITY * 1.317 FT/SEC * 3.535 FT/SEC *
* PRESSURE DROP * 1.111 PSI * 2.671 PSI *
* FOULING FACTOR * 0.004 * 0.003 *
*****
* HEAT EXCHANGED 95000.0 BTU/HR * W.T.U. CORRECTED 32.94R DEG F *
* TRANSFER RATE SERVICE 6413.0 * C.C.O. 17.105 *****
*****
* CONSTRUCTION *****
*****
* DESIGN PRESSURE * 200.0 PSIG * 75.0 PSIG *
* TEST PRESSURE * 300.0 PSIG * 112.5 PSIG *
* DESIGN TEMPERATURE * 300.0 DEG F * 300.0 DEG F *
*****
* TUBES APPROX NO. 116 NO. 0.75 IN. O.D. 16. LENGTH 240 FT HT 1.000 IN SR *****
* SHELL CARBON STEEL I.D. 15.00 TH 0.0 IN THICKNESS *****
* SHELL COVER CARBON STEEL FLOATING HEAD COVER CARBON STEEL *****
* CHANNEL CARBON STEEL CHANNEL COVER CARBON STEEL *****
* TUBE SUPPORTS STATIONARY WRB FLOATING WRB *****
* BAFFLE-CONCS 79 TYPE SEGR. 15% THICKNESS IN *****
* BAFFLE-DIA. 40 TYPE THICKNESS IN *****
* TUBE SUPPORTS THICKNESS IN *****
* BASKETS JACKETED ASBESTOS *****
* CONNECTIONS SHELL-IN 2.00 IN NJT 2.00 IN SERIES 300.0 PSI *****
* CONNECTIONS CHANN-IN 4.00 IN NJT 4.00 IN SERIES 150.0 PSI *****
* CORROSION ALLOWANCE SHELL SIDE 0.1250 IN TUBE SIDE 0.1250 IN *****
* CODE REQUIREMENT ASME SECTION VIII DIV 1 CLASS B *****
* WEIGHTS EACH SHELL BUNDLE FULL OF WATER *****
*****
* INDICATE AFTER EACH PART WHETHER STRESS RELIEVED AND WHETHER X-RAYED *****
* REMARKS 0 SEALING STRIPS *****
*****

```

TUBE COORDINATES

NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT
1	7.570	8.914	51	2.550	12.450	101	6.086	3.257	151	0.000	0.000	201	0.000	0.000	*	*	*
2	8.914	8.914	52	7.500	13.157	102	4.672	3.257	152	0.000	0.000	202	0.000	0.000	*	*	*
3	10.328	8.914	53	8.914	13.157	103	3.257	3.257	153	0.000	0.000	203	0.000	0.000	*	*	*
4	11.743	8.914	54	10.328	13.157	104	8.207	2.550	154	0.000	0.000	204	0.000	0.000	*	*	*
5	13.157	8.914	55	4.036	13.157	105	9.621	2.550	155	0.000	0.000	205	0.000	0.000	*	*	*
6	6.086	8.914	56	4.672	13.157	106	11.036	2.550	156	0.000	0.000	206	0.000	0.000	*	*	*
7	4.672	8.914	57	8.207	13.864	107	12.450	2.550	157	0.000	0.000	207	0.000	0.000	*	*	*
8	3.257	8.914	58	0.621	13.864	108	6.793	2.550	158	0.000	0.000	208	0.000	0.000	*	*	*
9	1.843	8.914	59	6.793	13.864	109	5.379	2.550	159	0.000	0.000	209	0.000	0.000	*	*	*
10	8.207	9.621	60	5.379	13.864	110	3.964	2.550	160	0.000	0.000	210	0.000	0.000	*	*	*
11	9.621	9.621	61	7.500	6.086	111	2.550	2.550	161	0.000	0.000	211	0.000	0.000	*	*	*
12	11.036	9.621	62	8.914	6.086	112	7.500	1.843	162	0.000	0.000	212	0.000	0.000	*	*	*
13	12.450	9.621	63	10.328	6.086	113	8.914	1.843	163	0.000	0.000	213	0.000	0.000	*	*	*
14	13.864	9.621	64	11.743	6.086	114	10.328	1.843	164	0.000	0.000	214	0.000	0.000	*	*	*
15	6.793	9.621	65	13.157	6.086	115	6.086	1.843	165	0.000	0.000	215	0.000	0.000	*	*	*
16	5.379	9.621	66	4.036	6.086	116	4.672	1.843	166	0.000	0.000	216	0.000	0.000	*	*	*
17	3.964	9.621	67	4.672	6.086	117	8.207	1.136	167	0.000	0.000	217	0.000	0.000	*	*	*
18	2.550	9.621	68	3.257	6.086	118	9.621	1.136	168	0.000	0.000	218	0.000	0.000	*	*	*
19	1.136	9.621	69	1.343	6.086	119	6.793	1.136	169	0.000	0.000	219	0.000	0.000	*	*	*
20	7.570	10.328	70	8.207	5.379	120	5.379	1.136	170	0.000	0.000	220	0.000	0.000	*	*	*
21	8.914	10.328	71	0.621	5.379	121	0.000	0.000	171	0.000	0.000	221	0.000	0.000	*	*	*
22	10.328	10.328	72	11.036	5.379	122	0.000	0.000	172	0.000	0.000	222	0.000	0.000	*	*	*
23	11.743	10.328	73	12.450	5.379	123	0.000	0.000	173	0.000	0.000	223	0.000	0.000	*	*	*
24	13.157	10.328	74	13.864	5.379	124	0.000	0.000	174	0.000	0.000	224	0.000	0.000	*	*	*
25	4.036	10.328	75	4.793	5.379	125	0.000	0.000	175	0.000	0.000	225	0.000	0.000	*	*	*
26	4.672	10.328	76	5.379	5.379	126	0.000	0.000	176	0.000	0.000	226	0.000	0.000	*	*	*
27	3.257	10.328	77	3.964	5.379	127	0.000	0.000	177	0.000	0.000	227	0.000	0.000	*	*	*
28	1.843	10.328	78	2.550	5.379	128	0.000	0.000	178	0.000	0.000	228	0.000	0.000	*	*	*
29	8.207	11.036	79	1.136	5.379	129	0.000	0.000	179	0.000	0.000	229	0.000	0.000	*	*	*
30	9.621	11.036	80	7.570	4.672	130	0.000	0.000	180	0.000	0.000	230	0.000	0.000	*	*	*
31	11.036	11.036	81	8.914	4.672	131	0.000	0.000	181	0.000	0.000	231	0.000	0.000	*	*	*
32	12.450	11.036	82	10.328	4.672	132	0.000	0.000	182	0.000	0.000	232	0.000	0.000	*	*	*
33	6.793	11.036	83	11.743	4.672	133	0.000	0.000	183	0.000	0.000	233	0.000	0.000	*	*	*
34	5.379	11.036	84	13.157	4.672	134	0.000	0.000	184	0.000	0.000	234	0.000	0.000	*	*	*
35	3.964	11.036	85	6.086	4.672	135	0.000	0.000	185	0.000	0.000	235	0.000	0.000	*	*	*
36	2.550	11.036	86	4.672	4.672	136	0.000	0.000	186	0.000	0.000	236	0.000	0.000	*	*	*
37	7.570	11.743	87	3.257	4.672	137	0.000	0.000	187	0.000	0.000	237	0.000	0.000	*	*	*
38	8.914	11.743	88	1.343	4.672	138	0.000	0.000	188	0.000	0.000	238	0.000	0.000	*	*	*
39	10.328	11.743	89	8.207	3.964	139	0.000	0.000	189	0.000	0.000	239	0.000	0.000	*	*	*
40	11.743	11.743	90	0.621	3.964	140	0.000	0.000	190	0.000	0.000	240	0.000	0.000	*	*	*
41	4.036	11.743	91	11.036	3.964	141	0.000	0.000	191	0.000	0.000	241	0.000	0.000	*	*	*
42	4.672	11.743	92	12.450	3.964	142	0.000	0.000	192	0.000	0.000	242	0.000	0.000	*	*	*
43	3.257	11.743	93	4.793	3.964	143	0.000	0.000	193	0.000	0.000	243	0.000	0.000	*	*	*
44	8.207	12.450	94	5.379	3.964	144	0.000	0.000	194	0.000	0.000	244	0.000	0.000	*	*	*
45	9.621	12.450	95	3.964	3.964	145	0.000	0.000	195	0.000	0.000	245	0.000	0.000	*	*	*
46	11.036	12.450	96	2.550	3.964	146	0.000	0.000	196	0.000	0.000	246	0.000	0.000	*	*	*
47	12.450	12.450	97	7.570	3.257	147	0.000	0.000	197	0.000	0.000	247	0.000	0.000	*	*	*
48	6.793	12.450	98	8.914	3.257	148	0.000	0.000	198	0.000	0.000	248	0.000	0.000	*	*	*
49	5.379	12.450	99	10.328	3.257	149	0.000	0.000	199	0.000	0.000	249	0.000	0.000	*	*	*
50	3.964	12.450	100	11.743	3.257	150	0.000	0.000	200	0.000	0.000	250	0.000	0.000	*	*	*

1. SE AY-O-I P. INT O. I



SHELL MATERIAL=CARBON STEEL MAX.ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PST
SHELL THK.= 0.3750 IN SHELL DIAMETER= 15.0000 IN. DESIGN PRESSURE=250.0000 PSI DESIGN TEMPERATURE= 300.00 DEG.F
.....
CHANNEL MATERIAL=CARBON STEEL MAX.ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PST
CHANNEL THK.= 0.3750 IN CHANNEL DIAMETER= 15.0000 IN. DESIGN PRESSURE= 75.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 300.00 DEG.F
.....

 FLOATING HEAD FLANGE DESIGN

INTERNAL PRESSURE = 75.0	GASKET DETAILS***	FACING DETAILS***
EXTERNAL PRESSURE = 250.0	UD = 14.8750	TYPE=R+F
DESIGN TEMPERATURE = 300.0	ID = 14.0000	ID = 14.9375
ATMOSPHERIC TEMP. = 80.0	THK = 0.0000	THK = 0.0625
	MATERIAL=JACKETED ASBESTOS	

FLANGE MATERIAL = CARBON STEEL S(DFS.T) = 17500.0	H = 0.4375
S(ATM.T) = 17500.0	B = 0.1797
BOLTING MATERIAL = CARBON STEEL S(DFS.T) = 20000.0	Y = 76000.0000
S(ATM.T) = 20000.0	H = 3.7500
HEAD MATERIAL = CARBON STEEL S(DFS.T) = 17500.0	

 BOLT CALCULATION*****

HP = 41950.3	AM = 3.0970	NO.BOLTS = 16
HP = 1650.3	AM = 3.2390	BOLT DIA. = 0.6250
H = 12278.2		MIN.BOLT SP. = 1.5000
H41 = 13737.5	W = 67290.2	BOLT CIRC. = 15.7500

 INTERNAL PRESSURE MOMENT CALCULATION*****

LOADS***		LEVER ARM***		MOMENT***	
ID = 17341.5	HD = 1.2500	HD = 12920.9			
HG = 41411.0	HG = 0.6503	HG = 33476.0			
HT = 1236.7	HT = 0.2969	HT = 575.0			
HR = 21387.1	HR = -0.6279	HR = 13427.9			
		HQ1 = 60406.3			

 GASKET SEATING MOMENT CALCULATION*****

LOADS***		LEVER ARM***		MOMENT***	
HG = 41290.2	HG = 0.6503	HQ2 = 41534.2			

 EXTERNAL PRESSURE MOMENT CALCULATION*****

LOADS***		LEVER ARM***		MOMENT***	
ID = 35950.5	HD = 0.5938	HD = 40406.3			
HT = 1236.7	HT = 0.2969	HT = 6998.0			
HR = 74141.0	HR = -0.6279	HR = 46550.0			
		HQ3 = 80530.2			

***** FLANGE DETAILS***	***** DESIGN FACTORS***
TUBSHEET OD (TSOD) = 14.8750 IN	M=10/B = 4591.0
FLANGE ID (F) = 13.2500 IN	
FLANGE OD (F) = 17.7500 IN	J = 1.9073
GASKET SEATING DIAM. (G) = 14.4375 IN	
BOLT CIRC. DIAM. (C) = 15.7500 IN	F = 0.0425
DESIGN THK. (I) = 1.3075 IN	
BOLT NUMBER (NORNL) = 16	T = 1.3875
BOLT DIAMETER (SML.D) = 0.6250 IN	
NOMINAL HEAD THK. = 0.4375 IN	
NOMINAL HEAD RADIUS (R) = 15.0000 IN	
BETA = 0.4504	

 * FLANGE COST (ONLY MATERIALS) = 41.8 US DLS.
 * APPROXIMATE FLANGE WEIGHT = 43.07 LB

```

*****
***** WELDING NECK FLANGE DESIGN *****
*****
-- DESIGN PRESSURE = 260.0 PSI GASKET DETAILS*** FACING DETAILS
-- DESIGN TEMPERATURE = 300.0 DEG.F MATERIAL-I JACKETED ASBESTOS TYPE R.F.
-- FLANGE MATERIAL = CARBON STEEL DD=19.2500 IN DD = 19.7500
-- BOLTING MATERIAL = CARBON STEEL TD=18.2500 THK=0.0000 THK.= 0.0625
*****
* MAX. ALLOW. FLG. STRESS (DES.T) = 17500.0 PSI H = 0.1094
* MAX. ALLOW. FLG. STRESS (AT.T) = 17500.0 PSI H = 0.2500
* MAX. ALLOW. BOLT STRESS (DES.T) = 20000.0 PSI Y = 76000.00
* MAX. ALLOW. BOLT STRESS (AT.H.T) = 20000.0 PSI H = 3.75
*****
* BOLT CALCULATION***
* W42 = 49311.4 AW = 4.11 NO. BOLTS = 24
* W4P = 12305.4 AP = 4.85 BOLT DIAM. = 0.625
* H = 49444.7 W = 8922.2 MIN. BOLTSP. = 1.500
* W41 = 42244.5 GASKET WIDTH CHECK = 0.1098 BOLT CIRC. = 21.0000
*****
* LOADS*** LEVER ARM*** MOMENT***
* HD = 66141.9 HD = 1.3125 MD = 86637.6
* HG = 12305.8 HG = 1.2500 MG = 15494.7
* HT = 3724.7 HT = 1.4088 AT = 5473.6
* H = 89422.2 HQ = 1.2500 SUM H. = 107805.9
* I = 112027.8
*****
* SHAPE CONSTANTS*** STRESS FACTORS***
* K = 1.2500 W/HQ = 0.2017 ALPHA = 1.1865 H/B = 5.889.0
* T = 1.8145 RIG F = 0.4350 BETA = 1.1953
* Z = 4.5554 RIG V = 0.1440 GAMMA = 0.6305
* Y = 4.8224 SMALL F = 1.0700 DELTA = 0.0310 H/D = 6223.8
* U = 9.7020 F = 0.1574 LAMBDA = 0.6615
* G1/G0 = 2.0000 G = 21.62
*****
* STRESS CALCULATION*** * FLANGE DETAILS***
* (DESIGN TEMPERATURE) * CORR. ID (B) = 18.0000 IN
* LOG. CURV. (SM) = 16096.1 * FLANGE OD (A) = 22.5000 IN
* RADIAL FLG. (SR) = 18135.7 * DESIGN THK. (T) = 0.8750 IN
* TAG. FLG. (CT) = 472.9 * MIN. LENGTH (H) = 0.5241 IN
* CORR. FLG. (SC) = 15115.8 * FLANGE LENGTH (L) = 1.3991 IN
* * BARREL THK. (G0) = 0.3750 IN
* (ATMOSPHERE TEMPERATURE) * MIN. END THK. (G1) = 0.7500 IN
* LOG. CURV. (SM) = 14727.1 * BOLT CIRCLE (BC) = 21.0000 IN
* RADIAL FLG. (SR) = 14689.1 * NO. BOLTS = 24
* TAG. FLG. (CT) = 54920.1 * JOINT DIAM. (SHA) = 0.6250 IN
* CORR. FLG. (SC) = 15708.4 * EDGE DIST. (E) = 0.7500 IN
* * RADIAL DIST. (R) = 0.9375 IN
*****
* FLANGE COST (ONLY MATERIALS) = 81.19 US DLS.
* APPROXIMATE FLANGE WEIGHT = 54.74 LB
*****
* NOTES***
* (1)
* (2)
* (3)
*****

```

THIS DESIGN IS FOR THE SMALL FACE FLANGE

```

*****
*                               WELDING NECK FLANGE DESIGN                               *
*****
* DESIGN PRESSURE = 260.0 PSI   GASKET DETAILS**   FACING DETAILS *
* DESIGN TEMPERATURE = 300.0 DEG.F   MATERIAL JACKETS ASBESTOS   TYPE FIR.F. *
* FLANGE MATERIAL = CARBON STEEL   OD=19.2500 IN   OD = 19.7500 *
* BOLTING MATERIAL = CARBON STEEL   ID=18.2500   THK=0.0000   THK.= 0.0625 *
*****
* MAX. ALLOW. FLG. STRESS (DES.T) = 17500.0 PSI   B = 0.1094 *
* MAX. ALLOW. FLG. STRESS (AT 1.T) = 17500.0 PSI   B = 0.2500 *
* MAX. ALLOW. RMT STRESS (DES.T) = 20000.0 PSI   Y = 7600.00 *
* MAX. ALLOW. RMT STRESS (AT 1.T) = 20000.0 PSI   U = 3.75 *
*****
* BOLT CALCULATION**
* WM2= 48311.8   AM = 4.11   NO. BOLTS = 24 *
* HP = 12395.8   AP = 4.05   BOLT DIAM. = 0.625 *
* H = 48844.7   W = 69622.2   MIN. BOLTSP. = 1.500 *
* WM1= 42244.5   GASKET R10TH CHECK= 0.1095   BOLT CIRC. = 21.0000 *
*****
* LOAD**   LEVER ARM**   MOMENT**
* HD= 45045.8   HD = 1.3125   MD = 60303.9 *
* HG= 12395.8   HG = 1.2500   MG = 15494.7 *
* HT= 3724.7   HT = 1.4688   MT = 5473.0 *
*   I = 89422.2   HS = 1.2500   SUM M = 81272.2 *
*   "O = 112027.0 *
*****
* SHAPE CONSTANTS**   STRESS FACTORS**
* K = 1.5000   H/HO = 0.2017   ALPHA = 1.1465   H/B = 4515.0 *
* T = 1.7137   R/R F = 0.4350   BETA = 1.1953 *
* Z = 2.6720   R/R V = 0.1440   GAMMA = 0.6702 *
* Y = 1.9410   SMALL F = 1.0000   DELTA = 0.0552   HO/OU = 6223.8 *
* J = 5.0874   F = 0.1474   LAMBDA = 0.7254 *
* G1/G0 = 2.0700   O = 12.15 *
*****
* STRESS CALCULATION**   * FLANGE DETAILS**
* (DESIGN TEMPERATURE)   * CORR. ID (C) = 13.0000 IN *
* LOG. WHR (SH) = 11065.0 *   * FLANGE OD (A) = 22.5000 IN *
* RADIAL FLG (SR) = 9718.0 *   * DESIGN THK. (T) = 0.6750 IN *
* TAG. FLG (ST) = 3088.0 *   * BUR LENGTH (H) = 0.5241 IN *
* CORR. FLG. (SC) = 10391.0 *   * FLANGE LENGTH (L) = 1.3991 IN *
*   * GASKET THK. (GO) = 0.3750 IN *
* (ATMOSPHERIC TEMPERATURE) *   * BUR END THK. (G1) = 0.7500 IN *
* LOG. WHR (SH) = 15253.0 *   * BOLT CIRCLE (CC) = 21.0000 IN *
* RADIAL FLG (SR) = 13394.0 *   * NO. BOLTS = 24 *
* TAG. FLG. (ST) = 34829.5 *   * BOLT DIA. (S1.A) = 0.6250 IN *
* CORR. FLG. (SC) = 10324.0 *   * EDGE DIST. (L) = 0.7500 IN *
*   * RADIAL DIST. (R) = 0.9375 IN *
*****
* FLANGE COST (ONLY MATERIALS) = 81.19 US DLS.
* APPROXIMATE FLANGE WEIGHT = 54.74 LB
*
* NOTES**
* (1)
* (2)
* (3)
*****

```

THIS DESIGN IS FOR THE LARGE FACE FLANGE

TUBE SHEET MATERIAL=48B MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 19500.0 PSI
MAX. DESIGN PRESSURE= 260.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 300.00 DEG F
TUBE SHEET O.D.= 16.2500 IN
TUBE SHEET THK.= 1.5952 IN

.....
BLIND FLANGE MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
DESIGN PRESSURE= 260.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 300.00 DEG F
BLIND FLANGE O.D.= 19.5000 IN BOLT CIRCLE DIAMETER= 18.3750 IN
GASKET SEATING DIAMETER= 15.5000 IN
BLIND FLANGE THK.= 1.0175 IN

.....
HEAD MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
ELLIPITICAL HEAD THK.= 0.2826 IN DESIGN PRESSURE= 260.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 300.00 DEG F

.....
HEAD MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
TORISPHERICAL HEAD THK.= 0.2620 IN DISH RADIUS= 16.0000 IN KNUCKLE RADIUS= 1.3500 IN
DESIGN PRESSURE= 260.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 300.00 DEG F

.....
BAFFLE MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 15000.0 PSI
BAFFLES RADIUS=0.0000 Baffle THK.= 0.1898 IN SHELL DIAMETER= 15.0000 IN

.....
A= 0.3750 IN DIAMETER TIC RIDE OF CARBON STEEL
a= 0.3750 IN DIAMETER SPACERS OF CARBON STEEL

.....

* JOB NO. 1493
 * ADDRESS INQUIRY NO. 1493
 * PLANT LOCATION DATE JUN-28-75
 * SERVICE OF UNIT SLURRY OIL/FRESH FEED EXCHANGER ITEM NO. 800
 * SIZE 44.00 X 240.00 TYPE ALT CONNECTED IN 1.SER. - 3PAR.
 * SURFACE/UNIT 11165.00 SQ FT SHELLS/UNIT 3 SURFACE/SHELL 3721.98 SQ FT

PERFORMANCE OF ONE UNIT

	SHELL SIDE		SLURRY OIL TUBE SIDE	
* FLUID CIRCULATED	* GAS OIL FEED		* SLURRY OIL	
* TOTAL FLUID ENTERING	527400.0	LB/HR	100660.7	LB/HR
* VAPOR	0.0	LB/HR	0.0	LB/HR
* LIQUID	527400.0	LB/HR	100660.0	LB/HR
* STEAM	0.0	LB/HR	0.0	LB/HR
* NON-CONDENSABLES	0.0	LB/HR	0.0	LB/HR
* FLUID VAPORIZED OR CONDENSED	0.0	LB/HR	0.0	LB/HR
* STEAM CONDENSED	0.0	LB/HR	0.0	LB/HR
* GRAVITY LIQUID	0.765		0.092	
* VISCOSITY LIQUID	1.070	CPS	0.639	CPS
* MOLECULAR WEIGHT VAPORS	0.000		0.000	
* SPECIFIC HEAT LIQUIDS	0.610	BTU/LB	0.550	BTU/LB
* LATENT HEAT VAPORS	0.000	BTU/LB	0.000	BTU/LB
* TEMPERATURE IN	405.00	DEG F	670.00	DEG F
* TEMPERATURE OUT	513.00	DEG F	450.00	DEG F
* OPERATING PRESSURE	130.00	PSIG	60.00	PSIG
* NUMBER OF PASSES	1		0	
* VELOCITY	2.965	FT/SEC	1.767	FT/SEC
* PRESSURE DROP	9.506	PST	2.573	PST
* FOULING FACTOR	0.003		0.003	

* HEAT EXCHANGED 3944600.0 BTU/HR
 * TRANSFER RATE SERVICE 39.401
 * HEAT CORRECTED 87.637 DEG F
 * CLEAN CORRECTED 51.598

CONSTRUCTION

* DESIGN PRESSURE	340.0	PSIG	115.0	PSIG
* TEST PRESSURE	510.0	PSIG	172.5	PSIG
* DESIGN TEMPERATURE	540.0	DEG F	695.0	DEG F

* TUBES CR. NO. NO. 736 OD. 1.00 IN. B.G. 12. LENGTH 20.0 FT PT 1.2500 IN SR
 * SHELL CARBON STEEL T.L. 46.00 IN 0.10 IN THICKNESS IN
 * SHELL COVER CARBON STEEL FLOATING HEAD COVER SCR-1/2HD IN
 * CHANNEL SCR-1/2HD CHANNEL COVER SCR-1/2HD IN
 * TUBE SHEETS STATIONARY SCR-1/2HD FLOATING SCR-1/2HD IN
 * BAFFLES COVER 20 TYPE SEGM. 20.0 THICKNESS IN
 * BAFFLE LONG. NO TYPE SEGM. 20.0 THICKNESS IN
 * TUBE SUPPORTS THICKNESS IN
 * BASKETS FACILET ASBESTOS
 * CONNECTIONS SHELL-IN 0.00 IN OUT 0.00 IN SERIES 450.0 PSI
 * CONNECTIONS CHANNEL-IN 4.00 IN OUT 4.00 IN SERIES 150.0 PSI
 * CORROSION ALLOWANCE SHELL SIDE 0.1250 IN TUBE SIDE 0.1250 IN
 * CODE REQUIREMENT ASME SECTION VIII AND TEMA CLASS 0
 * WEIGHTS FULL SHELL FULL OF WATER
 * INDICATE AFTER EACH PART WHETHER STRESS RELIEVED AND WHETHER X-RAYED
 * REMARKS A SEALING STRIP

TUGC COORDINATES

NT	YT	XT	HT	YT	XT	HT	YT	XT	HT	YT	XT	HT	YT	XT
1	23.944	23.884	51	34.955	25.652	101	38.026	27.419	151	20.348	29.187	201	24.778	33.607
2	25.652	23.884	52	39.723	25.652	102	39.723	27.419	152	18.841	29.187	202	26.536	33.607
3	27.419	23.884	53	34.955	25.652	103	34.955	27.419	153	15.045	29.187	203	28.294	33.607
4	29.147	23.884	54	34.258	25.652	104	34.329	27.419	154	15.045	29.187	204	30.071	33.607
5	30.955	23.884	55	34.026	25.652	105	22.116	27.419	155	13.277	29.187	205	31.839	33.607
6	32.723	23.884	56	30.794	25.652	106	20.348	27.419	156	11.510	29.187	206	33.607	33.607
7	34.400	23.884	57	41.562	25.652	107	18.581	27.419	157	9.742	29.187	207	35.374	33.607
8	36.248	23.884	58	41.329	25.652	108	16.813	27.419	158	7.974	29.187	208	37.142	33.607
9	38.026	23.884	59	29.116	25.652	109	15.045	27.419	159	6.200	29.187	209	38.910	33.607
10	39.723	23.884	60	20.348	25.652	110	13.277	27.419	160	4.433	29.187	210	40.678	33.607
11	41.542	23.884	61	14.581	25.652	111	11.510	27.419	161	2.665	31.839	211	21.232	33.607
12	43.329	23.884	62	14.813	25.652	112	9.742	27.419	162	2.665	31.839	212	19.464	33.607
13	22.116	23.884	63	16.045	25.652	113	7.974	27.419	163	23.303	31.839	213	17.697	33.607
14	24.348	23.884	64	13.277	25.652	114	6.200	27.419	164	30.071	31.839	214	15.929	33.607
15	19.581	23.884	65	11.510	25.652	115	4.433	27.419	165	31.839	31.839	215	14.161	33.607
16	16.813	23.884	66	9.742	25.652	116	2.671	27.419	166	33.607	31.839	216	12.393	33.607
17	15.045	23.884	67	7.974	25.652	117	24.766	28.303	167	35.374	31.839	217	10.626	33.607
18	13.277	23.884	68	6.206	25.652	118	26.536	28.303	168	37.142	31.839	218	8.858	33.607
19	11.510	23.884	69	4.433	25.652	119	28.303	28.303	169	38.910	31.839	219	7.090	33.607
20	9.742	23.884	70	2.671	25.652	120	30.071	28.303	170	40.678	31.839	220	5.322	33.607
21	7.974	23.884	71	24.766	26.536	121	31.839	28.303	171	21.232	31.839	221	23.884	34.490
22	6.206	23.884	72	24.536	26.536	122	33.607	28.303	172	19.464	31.839	222	25.652	34.490
23	4.433	23.884	73	24.303	26.536	123	35.374	28.303	173	17.697	31.839	223	27.419	34.490
24	2.671	23.884	74	34.071	26.536	124	37.142	28.303	174	15.929	31.839	224	29.187	34.490
25	20.748	24.748	75	31.839	26.536	125	38.910	28.303	175	14.161	31.839	225	30.955	34.490
26	26.536	24.748	76	34.607	26.536	126	40.678	28.303	176	12.393	31.839	226	32.723	34.490
27	28.303	24.748	77	35.374	26.536	127	42.445	28.303	177	10.626	31.839	227	34.490	34.490
28	30.071	24.748	78	37.142	26.536	128	21.532	28.303	178	8.858	31.839	228	36.258	34.490
29	31.839	24.748	79	34.910	26.536	129	19.464	28.303	179	7.090	31.839	229	38.026	34.490
30	33.607	24.748	80	44.678	26.536	130	17.697	28.303	180	5.322	31.839	230	39.794	34.490
31	34.374	24.748	81	42.445	26.536	131	15.929	28.303	181	23.884	32.723	231	22.116	34.490
32	37.142	24.748	82	21.232	26.536	132	14.161	28.303	182	25.652	32.723	232	20.348	34.490
33	38.910	24.748	83	10.464	26.536	133	12.393	28.303	183	27.419	32.723	233	18.581	34.490
34	40.678	24.748	84	17.697	26.536	134	10.626	28.303	184	29.187	32.723	234	16.813	34.490
35	42.445	24.748	85	15.929	26.536	135	8.858	28.303	185	30.955	32.723	235	15.045	34.490
36	21.232	24.748	86	14.161	26.536	136	7.090	28.303	186	32.723	32.723	236	13.277	34.490
37	19.464	24.748	87	14.373	26.536	137	5.322	28.303	187	34.490	32.723	237	11.510	34.490
38	17.697	24.748	88	14.626	26.536	138	3.555	28.303	188	36.258	32.723	238	9.742	34.490
39	15.929	24.748	89	8.858	26.536	139	23.884	29.187	189	33.020	32.723	239	7.974	34.490
40	14.161	24.748	90	7.090	26.536	140	25.652	29.187	190	39.794	32.723	240	6.206	34.490
41	12.393	24.748	91	5.322	26.536	141	27.419	29.187	191	22.116	32.723	241	24.748	35.374
42	10.626	24.748	92	3.555	26.536	142	29.187	29.187	192	20.348	32.723	242	26.536	35.374
43	8.858	24.748	93	24.884	27.419	143	30.955	29.187	193	18.581	32.723	243	28.303	35.374
44	7.090	24.748	94	25.652	27.419	144	32.723	29.187	194	16.813	32.723	244	30.071	35.374
45	5.322	24.748	95	27.419	27.419	145	34.490	29.187	195	15.045	32.723	245	31.839	35.374
46	3.555	24.748	96	20.348	27.419	146	36.258	29.187	196	13.277	32.723	246	33.607	35.374
47	23.884	25.652	97	31.955	27.419	147	38.026	29.187	197	11.510	32.723	247	35.374	35.374
48	25.652	25.652	98	37.723	27.419	148	39.794	29.187	198	9.742	32.723	248	37.142	35.374
49	27.419	25.652	99	34.490	27.419	149	41.562	29.187	199	7.974	32.723	249	38.910	35.374
50	29.187	25.652	100	34.258	27.419	150	22.116	29.187	200	6.200	32.723	250	21.232	35.374

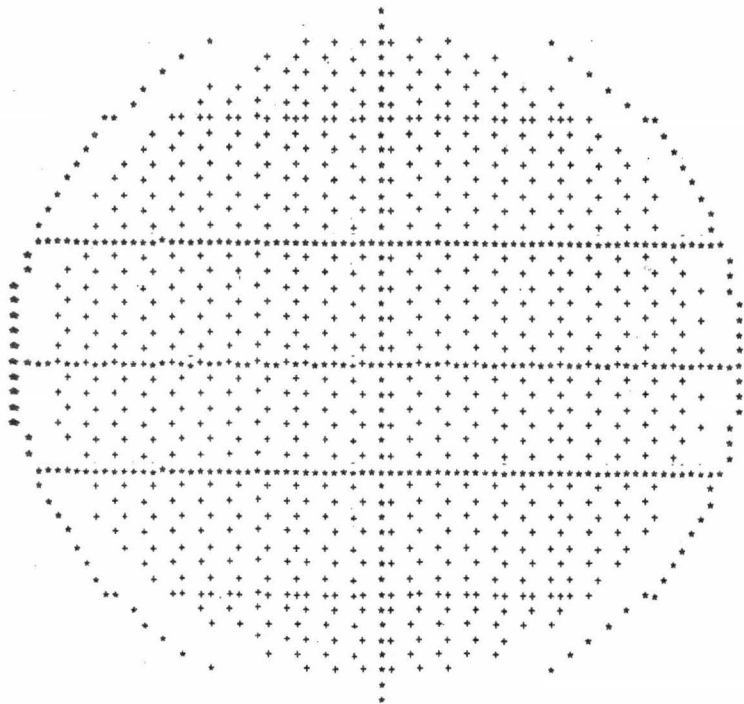
TUBE COORDINATES

NT	YT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT
251	19.444	35.374	301	29.116	38.026	351	27.419	41.562	401	31.839	21.232	451	38.910	19.464			
252	17.697	35.374	302	29.348	38.026	352	29.187	41.562	402	33.607	21.232	452	40.678	19.464			
253	15.999	35.374	303	14.581	38.026	353	30.955	41.562	403	35.374	21.232	453	42.445	19.464			
254	14.141	35.374	304	14.813	38.026	354	22.116	41.562	404	37.142	21.232	454	21.232	19.464			
255	12.303	35.374	305	15.045	38.026	355	20.348	41.562	405	38.910	21.232	455	19.464	19.464			
256	10.466	35.374	306	13.277	38.026	356	18.591	41.562	406	40.678	21.232	456	17.697	19.464			
257	8.628	35.374	307	11.510	38.026	357	16.813	41.562	407	42.445	21.232	457	15.999	19.464			
258	7.000	35.374	308	9.742	38.026	358	15.045	41.562	408	21.232	21.232	458	14.141	19.464			
259	21.888	36.258	309	24.768	38.910	359	24.768	42.445	409	19.464	21.232	459	12.303	19.464			
260	25.652	36.258	310	24.536	38.910	360	26.536	42.445	410	17.697	21.232	460	10.466	19.464			
261	27.419	36.258	311	24.303	38.910	361	28.303	42.445	411	15.999	21.232	461	8.628	19.464			
262	29.187	36.258	312	30.071	38.910	362	30.071	42.445	412	14.141	21.232	462	7.000	19.464			
263	30.955	36.258	313	1.939	38.910	363	21.232	42.445	413	12.393	21.232	463	5.322	19.464			
264	32.721	36.258	314	31.607	38.910	364	19.464	42.445	414	10.620	21.232	464	3.555	19.464			
265	34.490	36.258	315	35.374	38.910	365	17.697	42.445	415	8.850	21.232	465	23.884	18.581			
266	36.258	36.258	316	21.232	38.910	366	15.929	42.445	416	7.090	21.232	466	25.652	18.581			
267	38.026	36.258	317	11.464	38.910	367	23.884	43.329	417	5.322	21.232	467	27.419	18.581			
268	27.116	36.258	318	17.697	38.910	368	25.652	43.329	418	3.555	21.232	468	29.187	18.581			
269	29.348	36.258	319	15.929	38.910	369	27.419	43.329	419	23.884	20.348	469	30.955	18.581			
270	18.581	36.258	320	14.141	38.910	370	22.116	43.329	420	25.652	20.348	470	32.721	18.581			
271	16.813	36.258	321	12.393	38.910	371	20.348	43.329	421	27.419	20.348	471	24.490	18.581			
272	15.045	36.258	322	10.626	38.910	372	18.591	43.329	422	29.187	20.348	472	36.258	18.581			
273	13.277	36.258	323	21.884	39.794	373	23.884	22.116	423	30.955	20.348	473	38.026	18.581			
274	11.510	36.258	324	25.652	39.794	374	25.652	22.116	424	32.721	20.348	474	39.794	18.581			
275	9.742	36.258	325	27.419	39.794	375	27.419	22.116	425	34.490	20.348	475	41.562	18.581			
276	7.974	36.258	326	29.187	39.794	376	29.187	22.116	426	36.258	20.348	476	43.329	18.581			
277	24.768	37.142	327	30.955	39.794	377	30.955	22.116	427	38.026	20.348	477	22.116	18.581			
278	26.536	37.142	328	32.721	39.794	378	32.721	22.116	428	39.794	20.348	478	20.348	18.581			
279	28.303	37.142	329	34.490	39.794	379	34.490	22.116	429	41.562	20.348	479	18.581	18.581			
280	30.071	37.142	330	36.258	39.794	380	36.258	22.116	430	43.329	20.348	480	16.813	18.581			
281	31.839	37.142	331	29.348	39.794	381	38.026	22.116	431	22.116	20.348	481	15.045	18.581			
282	33.607	37.142	332	18.591	39.794	382	39.794	22.116	432	20.348	20.348	482	13.277	18.581			
283	35.374	37.142	333	16.813	39.794	383	41.562	22.116	433	18.581	20.348	483	11.510	18.581			
284	37.142	37.142	334	15.045	39.794	384	43.329	22.116	434	16.813	20.348	484	9.742	18.581			
285	21.232	37.142	335	13.277	39.794	385	22.116	22.116	435	15.045	20.348	485	7.974	18.581			
286	19.464	37.142	336	11.510	39.794	386	20.348	22.116	436	13.277	20.348	486	6.206	18.581			
287	17.697	37.142	337	24.768	40.678	387	18.581	22.116	437	11.510	20.348	487	4.438	18.581			
288	15.999	37.142	338	24.536	40.678	388	16.813	22.116	438	9.742	20.348	488	2.671	18.581			
289	14.141	37.142	339	24.303	40.678	389	15.045	22.116	439	7.974	20.348	489	24.768	17.697			
290	12.303	37.142	340	30.071	40.678	390	13.277	22.116	440	6.206	20.348	490	26.536	17.697			
291	10.466	37.142	341	31.839	40.678	391	11.510	22.116	441	4.438	20.348	491	28.303	17.697			
292	8.628	37.142	342	33.607	40.678	392	9.742	22.116	442	2.671	20.348	492	30.071	17.697			
293	23.884	38.026	343	21.232	40.678	393	7.974	22.116	443	24.768	19.464	493	31.839	17.697			
294	25.652	38.026	344	19.464	40.678	394	6.206	22.116	444	26.536	19.464	494	33.607	17.697			
295	27.419	38.026	345	17.697	40.678	395	4.438	22.116	445	28.303	19.464	495	35.374	17.697			
296	29.187	38.026	346	15.929	40.678	396	2.671	22.116	446	30.071	19.464	496	37.142	17.697			
297	30.955	38.026	347	14.141	40.678	397	24.768	21.232	447	31.839	19.464	497	38.910	17.697			
298	32.721	38.026	348	12.393	40.678	398	26.536	21.232	448	33.607	19.464	498	40.678	17.697			
299	34.490	38.026	349	21.884	41.562	399	28.303	21.232	449	35.374	19.464	499	42.445	17.697			
300	36.258	38.026	350	25.652	41.562	400	30.071	21.232	450	37.142	19.464	500	21.232	17.697			

TUBE COORDINATES

UT	XT	YT	UT	XT	YT	UT	XT	YT	UT	XT	YT	UT	XT	YT
501	19.444	17.697	551	7.090	14.161	601	38.028	11.510	651	28.303	8.858	701	34.490	6.206
502	17.427	17.697	552	5.322	14.161	602	39.794	11.510	652	30.071	8.858	702	22.116	6.206
503	15.099	17.697	553	2.884	13.277	603	22.116	11.510	653	31.819	8.858	703	20.348	6.206
504	14.161	17.697	554	25.652	13.277	604	20.348	11.510	654	33.607	8.858	704	18.581	6.206
505	12.303	17.697	555	27.419	13.277	605	18.581	11.510	655	35.374	8.858	705	16.813	6.206
506	10.626	17.697	556	20.187	13.277	606	16.813	11.510	656	37.142	8.858	706	15.045	6.206
507	8.858	17.697	557	36.955	13.277	607	15.045	11.510	657	21.232	8.858	707	13.277	6.206
508	7.090	17.697	558	39.723	13.277	608	13.277	11.510	658	19.464	8.858	708	11.510	6.206
509	5.322	17.697	559	38.490	13.277	609	11.510	11.510	659	17.697	8.858	709	24.768	5.322
510	3.555	17.697	560	34.258	13.277	610	9.742	11.510	660	15.929	8.858	710	26.536	5.322
511	23.884	16.813	561	38.026	13.277	611	7.974	11.510	661	14.161	8.858	711	28.303	5.322
512	25.652	16.813	562	39.794	13.277	612	6.206	11.510	662	12.393	8.858	712	30.071	5.322
513	27.419	16.813	563	29.116	13.277	613	24.768	10.626	663	10.626	8.858	713	31.819	5.322
514	29.147	16.813	564	20.348	13.277	614	26.536	10.626	664	8.858	8.858	714	33.607	5.322
515	30.955	16.813	565	18.581	13.277	615	28.303	10.626	665	23.884	7.078	715	21.232	5.322
516	32.793	16.813	566	16.813	13.277	616	30.071	10.626	666	25.652	7.078	716	19.464	5.322
517	34.600	16.813	567	18.045	13.277	617	31.839	10.626	667	27.419	7.078	717	17.697	5.322
518	36.408	16.813	568	18.277	13.277	618	33.607	10.626	668	29.187	7.078	718	15.929	5.322
519	38.224	16.813	569	18.510	13.277	619	35.374	10.626	669	30.955	7.078	719	14.161	5.322
520	39.704	16.813	570	6.742	13.277	620	37.142	10.626	670	32.723	7.078	720	12.393	5.322
521	41.542	16.813	571	9.742	13.277	621	38.910	10.626	671	34.490	7.078	721	23.884	4.438
522	22.116	16.813	572	6.206	13.277	622	21.232	10.626	672	36.258	7.078	722	25.652	4.438
523	20.348	16.813	573	24.768	12.393	623	19.464	10.626	673	22.116	7.078	723	27.419	4.438
524	18.581	16.813	574	24.536	12.393	624	17.697	10.626	674	20.348	7.078	724	29.187	4.438
525	16.813	16.813	575	28.303	12.393	625	15.929	10.626	675	18.581	7.078	725	30.955	4.438
526	15.045	16.813	576	30.071	12.393	626	14.161	10.626	676	16.813	7.078	726	22.116	4.438
527	13.277	16.813	577	31.839	12.393	627	12.393	10.626	677	15.045	7.078	727	20.348	4.438
528	11.510	16.813	578	33.607	12.393	628	10.626	10.626	678	13.277	7.078	728	18.581	4.438
529	9.742	16.813	579	35.374	12.393	629	8.858	10.626	679	11.510	7.078	729	16.813	4.438
530	7.974	16.813	580	37.142	12.393	630	7.078	10.626	680	9.742	7.078	730	15.045	4.438
531	6.206	16.813	581	38.910	12.393	631	23.884	9.742	681	24.768	7.090	731	24.768	3.555
532	4.438	16.813	582	40.678	12.393	632	25.652	9.742	682	26.536	7.090	732	26.536	3.555
533	26.748	14.161	583	21.232	12.393	633	27.419	9.742	683	28.303	7.090	733	28.303	3.555
534	26.536	14.161	584	10.464	12.393	634	29.187	9.742	684	30.071	7.090	734	30.071	3.555
535	26.313	14.161	585	17.697	12.393	635	30.955	9.742	685	31.839	7.090	735	21.232	3.555
536	30.071	14.161	586	15.929	12.393	636	32.723	9.742	686	33.607	7.090	736	19.464	3.555
537	31.839	14.161	587	18.161	12.393	637	34.490	9.742	687	35.374	7.090	737	17.697	3.555
538	33.607	14.161	588	19.393	12.393	638	36.258	9.742	688	21.232	7.090	738	15.929	3.555
539	35.374	14.161	589	16.826	12.393	639	38.026	9.742	689	19.464	7.090	739	23.884	2.671
540	37.142	14.161	590	8.858	12.393	640	22.116	9.742	690	17.697	7.090	740	25.652	2.671
541	38.910	14.161	591	7.090	12.393	641	20.348	9.742	691	15.929	7.090	741	27.419	2.671
542	40.678	14.161	592	5.322	12.393	642	18.581	9.742	692	14.161	7.090	742	22.116	2.671
543	42.446	14.161	593	23.884	11.510	643	16.813	9.742	693	12.393	7.090	743	20.348	2.671
544	19.444	14.161	594	25.652	11.510	644	15.045	9.742	694	10.626	7.090	744	18.581	2.671
545	17.697	14.161	595	27.419	11.510	645	13.277	9.742	695	23.884	6.206	745	0.000	0.000
546	15.929	14.161	596	20.187	11.510	646	11.510	9.742	696	25.652	6.206	746	0.000	0.000
547	14.161	14.161	597	35.955	11.510	647	9.742	9.742	697	27.419	6.206	747	0.000	0.000
548	12.303	14.161	598	39.723	11.510	648	7.974	9.742	698	29.187	6.206	748	0.000	0.000
549	10.626	14.161	599	38.490	11.510	649	24.768	8.858	699	30.955	6.206	749	0.000	0.000
550	8.858	14.161	600	34.258	11.510	650	26.536	8.858	700	32.723	6.206	750	0.000	0.000

TUBE RAY*00T PRINT 00T



SHELL MATERIAL=CARBON STEEL MAX ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
SHELL THK.= 0.5000 IN SHELL DIAMETER= 45.0000 IN DESIGN PRESSURE=390.0000 PSI DESIGN TEMPERATURE= 340.00 DEG.F
.....
CHANNEL MATERIAL=SCR 1/2IN MAX ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 13400.0 PSI
CHANNEL THK.= 0.5000 IN CHANNEL DIAMETER= 45.0000 IN DESIGN PRESSURE= 115.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 605.00 DEG.F
.....

```

*****
* WELDING NECK FLANGE DESIGN
*****
* DESIGN PRESSURE = 300.0 PSI BASKET DETAILS***
* DESIGN TEMPERATURE = 695.0 DLU.F MATERIAL: JACKETED ASBESTOS FACING DETAILS
* FLANGE MATERIAL = CARBON STEEL DD=48.8931 IN DD = 48.3306
* BOLTING MATERIAL = CARBON STEEL TD=47.5000 THK=0.0000 THK.= 0.0625
*****
* MAX. ALLOW. FLG. STRESS (DES.T) = 17500.0 PSI B = 0.1074
* MAX. ALLOW. FLG. STRESS (AT L.T) = 17500.0 PSI N = 0.2500
* MAX. ALLOW. JOINT STRESS (DES.T) = 20000.0 PSI Y = 7600.00
* MAX. ALLOW. JOINT STRESS (AT L.T) = 20000.0 PSI H = 3.75
*****
* BOLT CALCULATION***
* NM2=128696.7 A1= 32.53 NO. BOLTS = 60
* NP = 41930.0 A2= 33.06 BOLT DIAM. = 1.000
* N = 609957.8 Y=655948.2 MIN. BOLTSP. = 2.250
* NM1=650404.4 BASKET WIDTH CHECK= 0.2900 BOLT CIRC. = 20.0000
*****
* LOADS*** LEVER ARM*** MOMENT***
* HD=655948.9 HD = 1.8759 ID = 1059463.0
* HG = 41930.0 HG = 1.1250 IG = 47058.9
* HT = 43811.5 HT = 1.7500 IT = 75668.4
* H = 655948.2 HI = 1.1250 SUM H=1183200.2
* ID = 737941.7
*****
* SHAPE CONSTANTS*** STRESS FACTORS***
* K = 1.1330 4/HQ = 0.0017 ALPHA = 1.3361 1/B = 25721.0
* T = 1.4651 Q/Q F = 0.4350 BETA = 1.4382
* Z = 9.0419 Q/Q V = 0.1643 GAMMA = 0.7003
* Y = 15.6574 SMALL F = 1.0000 DELTA = 0.3076 HO/B = 16.042.2
* U = 17.0040 F = 0.3907 LAMBDA = 1.0079
* Q1/Q0 = 2.7000 D = 124.98
*****
* STRESS CALCULATION*** * FLANGE DETAILS***
* (DESIGN TEMPERATURE) * CORR.ID (D) = 46.0000 IN
* LOG. HUB (SH) = 25619.5 * FLANGE OD (A) = 52.1250 IN
* RADIAL FLG. (SR) = 3154.7 * DESIGN THK. (T) = 3.3750 IN
* TAG. FLG. (ST) = 9760.4 * HUB LENGTH (H) = 0.9675 IN
* OMB. FLG. (SC) = 14337.2 * FLANGE LENGTH (L) = 4.3425 IN
* (AT REFERENCE TEMPERATURE) * BARREL THK. (G0) = 0.5000 IN
* LOG. HUB (SH) = 15914.0 * HUB END THK. (G1) = 1.0000 IN
* RADIAL FLG. (SR) = 1947.7 * JOINT CIRCLE (BC) = 50.0000 IN
* TAG. FLG. (ST) = 15823.0 * NO. BOLTS = 60
* OMB. FLG. (SC) = 8042.1 * BOLT DIAM. (SHA) = 1.0000 IN
* * EDGE DIST. (E) = 1.0625 IN
* * RADIAL DIST. (R) = 1.3750 IN
*****
* FLANGE COST (ONLY MATERIALS) = 747.75 US DLS.
* APPROXIMATE FLANGE WEIGHT = 580.75 LB
*****
* NOTES***
* (1)
* (2)
* (3)
*****

```

FLOATING HEAD FLANGE DESIGN

INTERNAL PRESSURE = 115.0 GASKET DETAILS*** FACING DETAILS***
 EXTERNAL PRESSURE = 340.0 JO = 41.4000 TYPE=RF.
 DESIGN TEMPERATURE = 695.0 IO = 40.0000 ID = 41.4025
 ATTEMPTS TEMP. = 80.0 THK = 0.0000 THK = 0.0625
 MATERIAL = JACKETED ASBESTOS

FLANGE MATERIAL = CARBON STEEL S(DFS.T) = 17500.0 H = 0.7000
 S(AT I.T) = 17500.0 B = 0.2637
 BOLLING MATERIAL = CARBON STEEL S(DFS.T) = 20000.0 Y = 7600.0000
 S(AT I.T) = 20000.0 H = 3.7500
 HEAD MATERIAL = 5CR-1/2H S(DFS.T) = 13400.0

BOLT CALCULATION***

M12 = 25620.4 AN = 12.3120 NO. BOLTS = 52
 M16 = 2954.4 AB = 15.7000 BOLT DIA. = 0.7500
 M18 = 100415.5 M = 285160.3 MIN. BOLT SP. = 1.7000
 M20 = 158871.9 BOLT CIRC. = 42.4000

INTERNAL PRESSURE MOMENT CALCULATION***

LOAD*** LEVER ARM*** MOMENT***
 AG = 134098.0 HG = 1.7313 HD = 237073.9
 IG = 135584.0 JG = 0.8500 HJ = 115213.1
 IT = 12497.5 HT = 0.4406 HI = 5586.0
 IR = 297049.3 HR = -0.2000 HRI = 59331.1
 HDI = 417704.0

GASKET SEATING MOMENT CALCULATION***

LOAD*** LEVER ARM*** MOMENT***
 AG = 285160.3 HG = 0.8500 HDI = 242306.3

EXTERNAL PRESSURE MOMENT CALCULATION***

LOAD*** LEVER ARM*** MOMENT***
 AG = 404440.1 HG = 0.8013 HD = 417704.0
 IG = 12497.5 HT = 0.4406 HI = 112407.2
 IR = 891012.0 HR = -0.2000 HRI = 176391.0
 HDI = 421206.0

FLANGE DETAILS***

DESIGN FACTORS***
 THK SHEET ON (TSO) = 41.4000 I1 * H = 10/8 = 1.2500
 FLANGE IN (C) = 38.9375 I4 *
 FLANGE ON (C) = 44.5250 I1 * J = 9.2330
 GASKET SEATING DIA. (C) = 40.7000 I4 *
 BOLT CIRC. DIA. (C) = 42.4000 I4 * F = 0.4771
 DESIGN THK (C) = 3.5530 I4 * T = 3.5530
 BOLT NUMBER (N) = 52 *
 BOLT DIAMETER (S) = 0.7500 I4 *
 INTERNAL HEAD THK. (C) = 1.2500 I1 *
 NOMINAL HEAD PARTS (C) = 46.0000 I1 *
 BETA = 0.4300 *

FLANGE COST ONLY MATERIALS = 440.5 US DLS.
 APPROX. TO FLANGE WT (LB) = 368.69 LB

TUBE SHEET MATERIAL = 5CR-1/2H MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS = 14400.0 PSI

MAX. DESIGN PRESSURE= 340.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 695.00 DEG F
TUBE SHEET O.D.= 42.8751 IN
TUBE SHEET THK.= 4.2405 IN

BLIND FLANGE MATERIAL=5CR-1/2ND MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 13400.0 PSI
DESIGN PRESSURE= 115.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 695.00 DEG F
BLIND FLANGE O.D.= 50.1250 IN BOLT CIRCLE DIAMETER= 50.7500 IN
GASKET SEATING DIAMETER= 47.7500 IN
BLIND FLANGE THK.= 2.5056 IN

HEAD MATERIAL=CARBON STEEL MAX.ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
ELIPTICAL HEAD THK.= 0.6519 IN DESIGN PRESSURE= 340.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 540.00DEG.F

HEAD MATERIAL=CARBON STEEL MAX.ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
TORISPHERICAL HEAD THK.= 0.8769 IN DISH RADIUS= 40.0000 IN KNUCKEL RADIUS= 3.4500 IN
DESIGN PRESSURE= 340.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 540.00 DEG.F

BAFFLE MATERIAL=CARBON STEEL MAX.ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 0.00 PSI
20 BAFFLES REQUIRED BAFFLE THK.= 0.2500 IN SHELL DIAMETER= 40.0000 IN

B= 0.4000 IN DIAMETER TIE RODS OF CARBON STEEL
B= 0.4000 IN DIAMETER SPACERS OF CARBON STEEL

TUG COORDINATES

NT	YT	XT	NT	YT	XT	NT	YT	XT	NT	YT	XT	NT	YT	XT
1	23.388	23.388	51	30.455	25.152	101	41.062	26.919	151	12.777	28.687	201	31.339	33.107
2	25.152	23.388	52	39.223	25.152	102	21.616	26.919	152	11.010	28.687	202	33.107	33.107
3	26.919	23.388	53	39.990	25.152	103	19.848	26.919	153	9.242	28.687	203	34.874	33.107
4	28.687	23.388	54	39.758	25.152	104	18.081	26.919	154	7.474	28.687	204	36.642	33.107
5	30.455	23.388	55	37.526	25.152	105	16.313	26.919	155	5.706	28.687	205	38.410	33.107
6	32.223	23.388	56	38.294	25.152	106	14.545	26.919	156	3.938	28.687	206	40.178	33.107
7	33.990	23.388	57	41.042	25.152	107	12.777	26.919	157	2.169	28.687	207	41.946	33.107
8	35.758	23.388	58	21.616	25.152	108	11.010	26.919	158	26.036	31.339	208	17.197	33.107
9	37.526	23.388	59	18.848	25.152	109	9.242	26.919	159	27.803	31.339	209	15.429	33.107
10	39.294	23.388	60	18.081	25.152	110	7.474	26.919	160	29.571	31.339	210	13.661	33.107
11	41.042	23.388	61	16.313	25.152	111	5.706	26.919	161	31.339	31.339	211	11.893	33.107
12	42.799	23.388	62	14.545	25.152	112	3.938	26.919	162	33.107	31.339	212	10.126	33.107
13	21.616	23.388	63	12.777	25.152	113	2.169	26.919	163	34.874	31.339	213	8.358	33.107
14	19.848	23.388	64	11.010	25.152	114	26.036	27.803	164	36.642	31.339	214	6.590	33.107
15	18.081	23.388	65	9.242	25.152	115	27.803	27.803	165	38.410	31.339	215	23.388	33.990
16	16.313	23.388	66	7.474	25.152	116	29.571	27.803	166	40.178	31.339	216	25.152	33.990
17	14.545	23.388	67	5.706	25.152	117	31.339	27.803	167	20.732	31.339	217	26.919	33.990
18	12.777	23.388	68	3.938	25.152	118	33.107	27.803	168	18.964	31.339	218	28.687	33.990
19	11.010	23.388	69	2.169	26.036	119	34.874	27.803	169	17.197	31.339	219	30.455	33.990
20	9.242	23.388	70	26.036	26.036	120	36.642	27.803	170	15.429	31.339	220	32.223	33.990
21	7.474	23.388	71	27.803	26.036	121	38.410	27.803	171	13.661	31.339	221	33.990	33.990
22	5.706	23.388	72	29.571	26.036	122	40.178	27.803	172	11.893	31.339	222	35.758	33.990
23	3.938	23.388	73	31.339	26.036	123	41.945	27.803	173	10.126	31.339	223	37.526	33.990
24	2.171	23.388	74	33.107	26.036	124	20.732	27.803	174	8.358	31.339	224	39.294	33.990
25	24.268	24.268	75	34.874	26.036	125	18.964	27.803	175	6.590	31.339	225	21.616	33.990
26	26.036	24.268	76	36.642	26.036	126	17.197	27.803	176	4.822	31.339	226	19.848	33.990
27	27.803	24.268	77	38.410	26.036	127	15.429	27.803	177	23.388	32.223	227	18.081	33.990
28	29.571	24.268	78	40.178	26.036	128	13.661	27.803	178	25.152	32.223	228	16.313	33.990
29	31.339	24.268	79	41.945	26.036	129	11.893	27.803	179	26.919	32.223	229	14.545	33.990
30	33.107	24.268	80	26.732	26.036	130	10.126	27.803	180	28.687	32.223	230	12.777	33.990
31	34.874	24.268	81	18.964	26.036	131	8.358	27.803	181	30.455	32.223	231	11.010	33.990
32	36.642	24.268	82	17.197	26.036	132	6.590	27.803	182	32.223	32.223	232	9.242	33.990
33	38.410	24.268	83	16.429	26.036	133	4.822	27.803	183	33.990	32.223	233	7.474	33.990
34	40.178	24.268	84	13.661	26.036	134	3.055	28.687	184	35.758	32.223	234	5.706	33.990
35	41.945	24.268	85	11.893	26.036	135	23.388	28.687	185	37.526	32.223	235	24.268	34.874
36	20.732	24.268	86	10.126	26.036	136	25.152	28.687	186	39.294	32.223	236	26.036	34.874
37	18.964	24.268	87	8.358	26.036	137	26.919	28.687	187	21.616	32.223	237	27.803	34.874
38	17.197	24.268	88	6.590	26.036	138	28.687	28.687	188	19.848	32.223	238	29.571	34.874
39	15.429	24.268	89	4.822	26.036	139	30.455	28.687	189	18.081	32.223	239	31.339	34.874
40	13.661	24.268	90	3.055	26.036	140	32.223	28.687	190	16.313	32.223	240	33.107	34.874
41	11.893	24.268	91	23.388	26.919	141	33.990	28.687	191	14.545	32.223	241	34.874	34.874
42	10.126	24.268	92	25.152	26.919	142	35.758	28.687	192	12.777	32.223	242	36.642	34.874
43	8.358	24.268	93	24.919	26.919	143	37.526	28.687	193	11.010	32.223	243	38.410	34.874
44	6.590	24.268	94	24.687	26.919	144	39.294	28.687	194	9.242	32.223	244	40.178	34.874
45	4.822	24.268	95	30.455	26.919	145	41.062	28.687	195	7.474	32.223	245	18.964	34.874
46	3.055	24.268	96	39.223	26.919	146	21.616	28.687	196	5.706	32.223	246	17.197	34.874
47	23.388	25.152	97	33.990	26.919	147	19.848	28.687	197	24.268	33.107	247	15.429	34.874
48	25.152	25.152	98	35.758	26.919	148	18.081	28.687	198	26.036	33.107	248	13.661	34.874
49	26.919	25.152	99	37.526	26.919	149	16.313	28.687	199	27.803	33.107	249	11.893	34.874
50	28.687	25.152	100	39.294	26.919	150	14.545	28.687	200	29.571	33.107	250	10.126	34.874

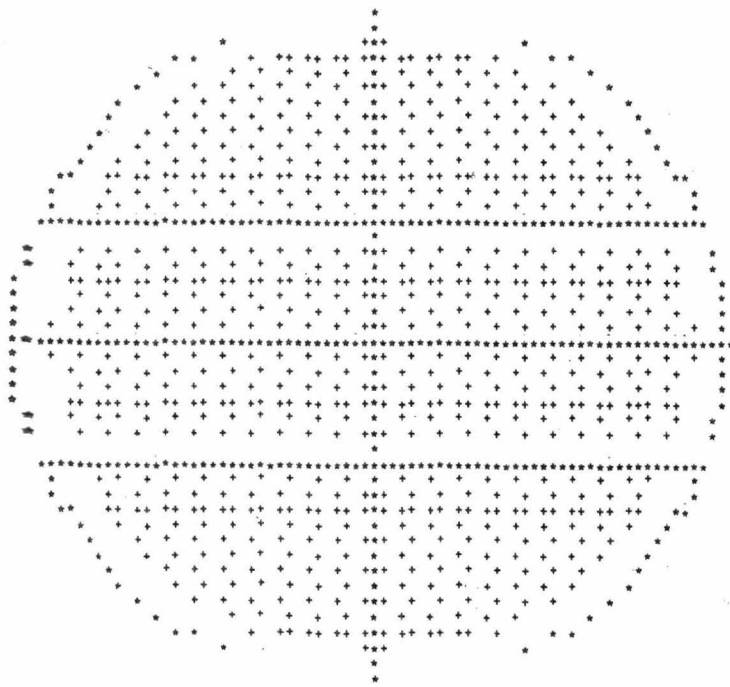
TUBE COORDINATES

NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT
251	8.358	38.874	301	11.010	37.526	351	28.268	41.945	401	8.358	20.732	451	26.919	18.081
252	6.800	38.874	302	9.242	37.526	352	26.036	41.945	402	6.590	20.732	452	28.687	18.081
253	23.388	35.758	303	28.268	38.410	353	27.803	41.945	403	4.822	20.732	453	30.455	18.081
254	25.152	35.758	304	26.036	38.410	354	20.732	41.945	404	3.055	20.732	454	32.223	18.081
255	26.919	35.758	305	27.803	38.410	355	18.964	41.945	405	23.388	19.888	455	33.990	18.081
256	28.687	35.758	306	29.571	38.410	356	17.197	41.945	406	25.152	19.888	456	35.758	18.081
257	30.455	35.758	307	31.339	38.410	357	23.388	42.899	407	26.919	19.888	457	37.526	18.081
258	32.223	35.758	308	33.107	38.410	358	21.616	42.899	408	28.687	19.888	458	39.294	18.081
259	33.990	35.758	309	34.874	38.410	359	23.388	21.616	409	30.455	19.888	459	41.062	18.081
260	35.758	35.758	310	20.732	38.410	360	25.152	21.616	410	32.223	19.888	460	21.616	18.081
261	37.526	35.758	311	18.964	38.410	361	26.919	21.616	411	33.990	19.888	461	19.888	18.081
262	21.616	35.758	312	17.197	38.410	362	28.687	21.616	412	35.758	19.888	462	18.081	18.081
263	19.888	35.758	313	15.429	38.410	363	30.455	21.616	413	37.526	19.888	463	16.313	18.081
264	18.081	35.758	314	13.661	38.410	364	32.223	21.616	414	39.294	19.888	464	14.545	18.081
265	16.313	35.758	315	11.893	38.410	365	33.990	21.616	415	41.062	19.888	465	12.777	18.081
266	14.545	35.758	316	10.126	38.410	366	35.758	21.616	416	21.616	19.888	466	11.010	18.081
267	12.777	35.758	317	21.384	39.294	367	37.526	21.616	417	19.888	19.888	467	9.242	18.081
268	11.010	35.758	318	25.152	39.294	368	39.294	21.616	418	18.081	19.888	468	7.474	18.081
269	9.242	35.758	319	26.919	39.294	369	41.062	21.616	419	16.313	19.888	469	5.706	18.081
270	7.474	35.758	320	28.687	39.294	370	42.829	21.616	420	14.545	19.888	470	3.938	18.081
271	6.249	36.642	321	30.455	39.294	371	21.616	21.616	421	12.777	19.888	471	24.288	17.197
272	26.036	36.642	322	32.223	39.294	372	19.888	21.616	422	11.010	19.888	472	26.036	17.197
273	27.803	36.642	323	33.990	39.294	373	18.081	21.616	423	9.242	19.888	473	27.803	17.197
274	29.571	36.642	324	21.616	39.294	374	16.313	21.616	424	7.474	19.888	474	29.571	17.197
275	31.339	36.642	325	19.888	39.294	375	18.545	21.616	425	5.706	19.888	475	31.339	17.197
276	33.107	36.642	326	18.081	39.294	376	12.777	21.616	426	3.938	19.888	476	33.107	17.197
277	34.874	36.642	327	16.313	39.294	377	11.010	21.616	427	24.288	18.081	477	34.874	17.197
278	36.642	36.642	328	14.545	39.294	378	9.242	21.616	428	26.036	18.081	478	36.642	17.197
279	20.732	36.642	329	13.777	39.294	379	9.706	21.616	429	27.803	18.081	479	38.410	17.197
280	18.948	36.642	330	11.010	39.294	380	5.706	21.616	430	29.571	18.081	480	40.178	17.197
281	17.197	36.642	331	28.268	40.178	381	3.938	21.616	431	31.339	18.081	481	41.945	17.197
282	15.429	36.642	332	26.036	40.178	382	2.171	21.616	432	33.107	18.081	482	20.732	17.197
283	13.661	36.642	333	27.803	40.178	383	28.268	20.732	433	34.874	18.081	483	18.964	17.197
284	11.893	36.642	334	29.571	40.178	384	26.036	20.732	434	36.642	18.081	484	17.197	17.197
285	10.126	36.642	335	31.339	40.178	385	27.803	20.732	435	38.410	18.081	485	15.429	17.197
286	8.358	36.642	336	20.732	40.178	386	29.571	20.732	436	40.178	18.081	486	13.661	17.197
287	23.388	37.526	337	18.964	40.178	387	31.339	20.732	437	41.945	18.081	487	11.893	17.197
288	25.152	37.526	338	17.197	40.178	388	33.107	20.732	438	20.732	18.081	488	10.126	17.197
289	26.919	37.526	339	15.429	40.178	389	34.874	20.732	439	18.964	18.081	489	8.358	17.197
290	28.687	37.526	340	13.661	40.178	390	36.642	20.732	440	17.197	18.081	490	6.590	17.197
291	30.455	37.526	341	23.388	41.062	391	38.410	20.732	441	15.429	18.081	491	4.822	17.197
292	32.223	37.526	342	25.152	41.062	392	40.178	20.732	442	13.661	18.081	492	3.055	17.197
293	33.990	37.526	343	26.919	41.062	393	41.945	20.732	443	11.893	18.081	493	23.388	16.313
294	35.758	37.526	344	28.687	41.062	394	20.732	20.732	444	10.126	18.081	494	25.152	16.313
295	21.616	37.526	345	30.455	41.062	395	18.964	20.732	445	8.358	18.081	495	26.919	16.313
296	19.888	37.526	346	21.616	41.062	396	17.197	20.732	446	6.590	18.081	496	28.687	16.313
297	18.081	37.526	347	19.888	41.062	397	15.429	20.732	447	4.822	18.081	497	30.455	16.313
298	16.313	37.526	348	18.081	41.062	398	13.661	20.732	448	3.055	18.081	498	32.223	16.313
299	14.545	37.526	349	16.313	41.062	399	11.893	20.732	449	23.388	18.081	499	33.990	16.313
300	12.777	37.526	350	14.545	41.062	400	10.126	20.732	450	25.152	18.081	500	35.758	16.313

TUBE COORDINATES

NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT
501	37.526	16.313	551	11.010	12.777	601	38.410	10.126	651	33.990	7.474	701	26.919	3.938	*	*	*
502	39.298	16.313	552	9.242	12.777	602	20.732	10.126	652	35.754	7.474	702	28.647	3.938	*	*	*
503	41.049	16.313	553	7.474	12.777	603	18.964	10.126	653	21.010	7.474	703	30.455	3.938	*	*	*
504	21.416	16.313	554	5.706	12.777	604	17.197	10.126	654	19.848	7.474	704	21.616	3.938	*	*	*
505	19.848	16.313	555	2.8268	11.893	605	15.429	10.126	655	18.081	7.474	705	19.848	3.938	*	*	*
506	18.081	16.313	556	2.4036	11.893	606	13.661	10.126	656	16.313	7.474	706	18.081	3.938	*	*	*
507	16.313	16.313	557	27.803	11.893	607	11.893	10.126	657	14.545	7.474	707	16.313	3.938	*	*	*
508	14.545	16.313	558	29.571	11.893	608	10.126	10.126	658	12.777	7.474	708	14.545	3.938	*	*	*
509	12.777	16.313	559	31.339	11.893	609	8.358	10.126	659	11.010	7.474	709	24.268	3.055	*	*	*
510	11.010	16.313	560	33.107	11.893	610	6.590	10.126	660	9.242	7.474	710	26.036	3.055	*	*	*
511	9.242	16.313	561	34.874	11.893	611	23.384	9.242	661	24.268	6.590	711	27.803	3.055	*	*	*
512	7.474	16.313	562	36.642	11.893	612	25.152	9.242	662	26.036	6.590	712	26.732	3.055	*	*	*
513	5.706	16.313	563	38.410	11.893	613	26.919	9.242	663	27.803	6.590	713	18.964	3.055	*	*	*
514	3.938	16.313	564	20.732	11.893	614	28.687	9.242	664	29.571	6.590	714	17.197	3.055	*	*	*
515	2.4268	13.661	565	18.964	11.893	615	30.455	9.242	665	31.339	6.590	715	23.384	2.171	*	*	*
516	26.036	13.661	566	17.197	11.893	616	32.223	9.242	666	33.107	6.590	716	21.616	2.171	*	*	*
517	27.803	13.661	567	15.429	11.893	617	33.990	9.242	667	34.874	6.590	717	0.000	0.000	*	*	*
518	29.571	13.661	568	13.661	11.893	618	35.758	9.242	668	20.732	6.590	718	0.000	0.000	*	*	*
519	31.339	13.661	569	11.893	11.893	619	37.526	9.242	669	18.964	6.590	719	0.000	0.000	*	*	*
520	33.107	13.661	570	10.126	11.893	620	21.010	9.242	670	17.197	6.590	720	0.000	0.000	*	*	*
521	34.874	13.661	571	8.358	11.893	621	19.848	9.242	671	15.429	6.590	721	0.000	0.000	*	*	*
522	36.642	13.661	572	4.590	11.893	622	18.081	9.242	672	13.661	6.590	722	0.000	0.000	*	*	*
523	38.410	13.661	573	2.3384	11.010	623	16.313	9.242	673	11.893	6.590	723	0.000	0.000	*	*	*
524	40.178	13.661	574	2.5152	11.010	624	14.545	9.242	674	10.126	6.590	724	0.000	0.000	*	*	*
525	40.732	13.661	575	2.4919	11.010	625	12.777	9.242	675	23.384	5.706	725	0.000	0.000	*	*	*
526	18.964	13.661	576	2.8687	11.010	626	11.010	9.242	676	25.152	5.706	726	0.000	0.000	*	*	*
527	17.197	13.661	577	30.435	11.010	627	9.242	9.242	677	26.919	5.706	727	0.000	0.000	*	*	*
528	15.429	13.661	578	32.223	11.010	628	7.474	9.242	678	28.687	5.706	728	0.000	0.000	*	*	*
529	13.661	13.661	579	34.990	11.010	629	24.268	8.358	679	30.455	5.706	729	0.000	0.000	*	*	*
530	11.893	13.661	580	35.758	11.010	630	26.036	8.358	680	32.223	5.706	730	0.000	0.000	*	*	*
531	10.126	13.661	581	37.526	11.010	631	27.803	8.358	681	33.990	5.706	731	0.000	0.000	*	*	*
532	8.358	13.661	582	39.274	11.010	632	29.571	8.358	682	21.010	5.706	732	0.000	0.000	*	*	*
533	6.590	13.661	583	21.010	11.010	633	31.339	8.358	683	19.848	5.706	733	0.000	0.000	*	*	*
534	4.822	13.661	584	19.848	11.010	634	33.107	8.358	684	18.081	5.706	734	0.000	0.000	*	*	*
535	23.384	12.777	585	18.081	11.010	635	34.874	8.358	685	16.313	5.706	735	0.000	0.000	*	*	*
536	25.152	12.777	586	16.313	11.010	636	36.642	8.358	686	14.545	5.706	736	0.000	0.000	*	*	*
537	26.919	12.777	587	14.545	11.010	637	20.732	8.358	687	12.777	5.706	737	0.000	0.000	*	*	*
538	28.687	12.777	588	12.777	11.010	638	18.964	8.358	688	11.010	5.706	738	0.000	0.000	*	*	*
539	30.455	12.777	589	11.010	11.010	639	17.197	8.358	689	24.268	4.822	739	0.000	0.000	*	*	*
540	32.223	12.777	590	9.242	11.010	640	15.429	8.358	690	26.036	4.822	740	0.000	0.000	*	*	*
541	33.990	12.777	591	7.474	11.010	641	13.661	8.358	691	27.803	4.822	741	0.000	0.000	*	*	*
542	35.758	12.777	592	5.706	11.010	642	11.893	8.358	692	29.571	4.822	742	0.000	0.000	*	*	*
543	37.526	12.777	593	2.8268	10.126	643	10.126	8.358	693	31.339	4.822	743	0.000	0.000	*	*	*
544	39.298	12.777	594	2.4036	10.126	644	8.358	8.358	694	20.732	4.822	744	0.000	0.000	*	*	*
545	21.416	12.777	595	27.803	10.126	645	23.384	7.474	695	18.964	4.822	745	0.000	0.000	*	*	*
546	19.848	12.777	596	29.571	10.126	646	25.152	7.474	696	17.197	4.822	746	0.000	0.000	*	*	*
547	18.081	12.777	597	31.339	10.126	647	26.919	7.474	697	15.429	4.822	747	0.000	0.000	*	*	*
548	16.313	12.777	598	33.107	10.126	648	28.687	7.474	698	14.545	4.822	748	0.000	0.000	*	*	*
549	14.545	12.777	599	34.874	10.126	649	30.455	7.474	699	23.384	3.938	749	0.000	0.000	*	*	*
550	12.777	12.777	600	36.642	10.126	650	32.223	7.474	700	25.152	3.938	750	0.000	0.000	*	*	*

TURE LAY-OUT PRINT OUT



SHELL MATERIAL=CARBON STEEL MAX ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
SHELL THK.= 0.5000 IN SHELL DIAMETER= 46.0000 IN DESIGN PRESSURE=300.0000 PSI DESIGN TEMPERATURE= 540.00 DEG.F

.....
CHANNEL MATERIAL=SC8-1/2HU MAX ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 13400.0 PSI
CHANNEL THK.= 0.5000 IN CHANNEL DIAMETER= 46.0000 IN DESIGN PRESSURE= 115.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 605.00 DEG.F
.....

```

*****
WELDING NECK FLANGE DESIGN
*****
DESIGN PRESSURE = 300.0 PSI GASKET DETAILS*** FACING OFTATIS *
DESIGN TEMPERATURE = 695.0 DEG.F MATERIAL/JACKETED ASPECTOS TYPE:R.F. *
FLANGE MATERIAL = CARBON STEEL OD=47.3511 IN ID =47.7086 *
BOLTING MATERIAL = CARBON STEEL TD=46.0000 THK=0.0000 THK.= 0.0625 *
*****
MAX. ALL. IN. FIB. STRESS (DES.T) =17500.0 PSI B = 0.1094 *
MAX. ALL. IN. FIB. STRESS (AT.T) =17500.0 PSI H = 0.2500 *
MAX. ALL. IN. RLLT STRESS (DES.T) =20000.0 PSI Y =7600.00 *
MAX. ALL. IN. RLLT STRESS (AT.T) =20000.0 PSI H = 1.75 *
*****
BOLT CALCULATION****
WM2=120770.5 AM = 30.59 NO.BOLTS = 60 *
HP = 40524.7 AG = 33.06 BOLT DIAM. = 1.000 *
H = 571205.4 W=636465.1 MIN.BULTSP. = 2.250 *
WM1=411730.1 GASKET WIDTH CHECK= 0.2994 BOLT CIRC. =49.0000 *
*****
LOADS*** LEVER ARM*** MOMENT***
MO=540744.7 MO = 1.0750 MO =1013900.1 *
IG = 40524.7 HG = 1.3750 HG = 55721.5 *
IT = 30254.7 HT = 1.6750 HT = 57110.1 *
I =436844.1 IQ = 1.3750 SUM H =1126731.6 *
IG = 375139.5 *
*****
SHAPE CONSTANTS*** STRESS FACTORS***
* K = 1.1341 W/HO = 0.2017 ALPHA = 1.2980 H/D = 25.038.0 *
* T = 1.8440 RIG F = 0.4350 BETA = 1.3974 *
* Z = 7.4748 RIG V = 0.1430 GAMMA = 0.6964 *
* Y = 15.2450 SMALL F = 1.0000 DELTA = 0.2934 Ho/D = 19447.5 *
* U = 16.7527 E = 0.0917 LAMBDA = 0.9798 *
* G1/G0 = 2.0000 D = 121.14 *
*****
STRESS CALCULATION**** FLANGE DETAILS****
* (DESIGN TEMPERATURE) * CORR.ID (B) = 45.0000 IN *
* LONG. DIR. (SH) = 25554.1 * FLANGE OD (A) = 51.1250 IN *
* RADIAL FIB (CR) = 3380.1 * DESIGN THK. (T) = 3.2500 IN *
* TANG. FIB (RT) = 9500.7 * HUB LENGTH (H) = 0.9570 IN *
* CORR. FIB. (SC) = 10447.3 * FLANGE LENGTH (L) = 4.2070 IN *
* (AT WORKING TEMPERATURE) * BARREL THK. (GO) = 0.5000 IN *
* LONG. DIR. (SH) = 12388.1 * HUB END THK. (G1) = 1.0000 IN *
* RADIAL FIB (CR) = 2626.1 * BOLT CIRCLE (DC) = 49.0000 IN *
* TANG. FIB. (RT) = 20689.4 * NO.BOLTS = 60 *
* CORR. FIB. (SC) = 11237.4 * BOLT DIAM. (SH.A) = 1.0000 IN *
* EDGE DIST. (E) = 1.0625 IN *
* RADIAL DIST. (R) = 1.3750 IN *
*****
FLANGE PORT (ONLY MATERIALS) = 713.34 US LBS.
APPROXIMATE FLANGE WEIGHT = 551.15 LB
*****
NOTES***
(1)
(2)
(3)
*****

```

 FLOATING HEAD FLANGE DESIGN

INTERNAL PRESSURE = 115.0 GASKET DETAILS*** FACING DETAILS***
 EXTERNAL PRESSURE = 340.0 CU = 40.5000 TYPE=R,F
 DESIGN TEMPERATURE = 695.0 ID = 30.0000 ID = 40.5625
 ATMOSPHERIC TEMP. = 30.0 THK = 0.0000 THK = 0.0625
 MATERIAL=JACKETED ASBESTOS

 FLANGE MATERIAL =CARBON STEEL (S(DFS.T)) =17500.0 H = 0.7500
 (S(ATH.T)) =17500.0 B = 0.2724
 BOLTING MATERIAL=CARBON STEEL (S(DFS.T)) =20000.0 Y=7600.0000
 (S(ATH.T)) =20000.0 H = 3.7500
 HEAD MATERIAL =5CR-1/2HD (S(DFS.T)) =13400.0

BOLT CALCULATION***
 H42 = 25557.7 AN = 19.9279 NO.BOLTS = 52
 HP = 9300.1 AB = 15.7000 BOLT DIAM. = 3.7500
 H = 142712.5 MIN.BOLT SP. = 1.7500
 H41 = 159092.6 W = 286312.8 BOLT CIRC. = 41.5000

INTERNAL PRESSURE MOMENT CALCULATION***
 LOAD*** LEVER ARM*** MOMENT***
 HD = 190004.4 Hh = 1.7813 HD = 231552.0
 HG = 183006.3 Hg = 0.8750 HG = 125695.0
 HT = 12717.0 HT = 0.4531 HT = 5762.8
 HR = 270451.0 HR = 1.0194 HR = -285002.0
 HO1 = 77888.0

BASKET SEATING MOMENT CALCULATION***
 LOAD*** LEVER ARM*** MOMENT***
 HG = 294319.8 Hg = 0.8750 HO2 = 250529.0

EXTERNAL PRESSURE MOMENT CALCULATION***
 LOAD*** LEVER ARM*** MOMENT***
 HD = 344311.7 HD = 0.9003 HD = 77888.4
 HT = 12717.0 HT = 0.4531 HT = 109483.7
 HR = 926706.9 HR = 1.0194 HR = 842853.0
 HO3 = 509036.1

 FLANGE DETAILS*** DESIGN FACTORS***
 * TUBE SHEET DD (TSD) = 40.5000 I1 * H = 10/0 = 15921.0
 * FLANGE ID () = 37.9375 I1 *
 * FLANGE OD () = 43.4250 I1 * J = 13.0467
 * GASKET SEATING DIA. () = 39.7500 I1 *
 * BOLT CIRC. DIA. () = 41.5000 I1 * F = 0.4472
 * DESIGN THK. () = 4.7066 I1 *
 * BOLT NUMBER (NOBOL) = 52 * T = 4.7066
 * BOLT DIAMETER (SAL) = 0.7500 I1 *
 * NOMINAL HEAD THK. () = 0.0000 I1 *
 * NOMINAL HEAD RADIIUS () = 45.0000 I1 *
 * BETA = 0.4351 *

* FLANGE COST (ONLY MATERIALS) = 567.7 US DLS.
 * APPROXIMATE FLANGE WEIGHT = 921.85 LB

TUBE SHEET MATERIAL=5-CR-1/2HD MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 14000.0 PSI

```

MAX. DESIGN PRESSURE= 340.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 695.00 DEG F
TUBE SHEET O.D.= 47.3511 IN
TUBE SHEET THK.= 0.11211 IN
*****
BLIND FLANGE MATERIAL=5CR-1/2ND MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 13400.0 PSI
DESIGN PRESSURE= 115.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 695.00 DEG F
BLIND FLANGE O.D.= 51.1250 IN BOLT CIRCLE DIAMETER= 49.7500 IN
GASKET SEATING DIAMETER= 46.2500 IN
BLIND FLANGE THK.= 2.5801 IN
*****
HEAD MATERIAL=CARBON STEEL MAX.ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
ELLIPTICAL HEAD THK.= 0.6405 IN DESIGN PRESSURE= 340.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 540.00DEG.F
*****
HEAD MATERIAL=CARBON STEEL MAX.ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
TORISPHERICAL HEAD THK.= 0.9571 IN DICH RADIUS= 45.0000 IN KNUCKEL RADIUS= 3.3750 IN
DESIGN PRESSURE= 340.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 540.00 DEG.F
*****
BAFFLE MATERIAL=CARBON STEEL MAX.ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 0.0 PSI
17 BAFFLES REQUIRED BAFFLE THK.= 0.3750 IN SHELL DIAMETER= 45.0000 IN
*****
8 = 0.5000 IN DIAMETER TIE RING OFCARBON STEEL
8 = 0.5000 IN DIAMETER SPACERS OFCARBON STEEL
*****

```

 * CUSTOMER JOR JO. 4
 * ADDRESS INQUIRY NO. 1493
 * PLANT LOCATION DATE JUN-28-75
 * SERVICE OF UNIT FRESH FEED/OILV. CYCLE OIL EXCHANGE? ITEM NO. 29°C
 * SIZE 36.10 X 240.00 TYPE ACT CONNECTED IN 1.SER.= 2PAR.*
 * SURFACE/UNIT. 4494.53 SQFT SHELLS/UNIT 2 SURFACE/SHELL 2247.26 SQFT

PERFORMANCE OF ONE UNIT

 * FLUID CIRCULATED * SHELL SIDE * HEAVY TUBE SIDE *
 * TOTAL FLUID ENTERING * GAS OIL FEED * 309050.0 LB/HR *
 * VAPOR * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
 * LIQUID * 527400.0 LB/HR * 309050.0 LB/HR *
 * STEAM * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
 * NONCONDENSIBLES * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
 * FLUID VAPORIZED OR CONDENSED * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
 * STEAM CONDENSED * 0.0 LB/HR * 0.0 LB/HR *
 * GRAVITY LIQUID * 0.773 * 0.799 *
 * VISCOSITY LIQUID * 1.221 CPS * 0.537 CPS *
 * MOLECULAR WEIGHT VAPORS * 0.600 * 0.000 *
 * SPECIFIC HEAT LIQUIDS * 0.590 BTU/LB * 0.600 BTU/LB *
 * LATENT HEAT VAPORS * 0.000 BTU/LB * 0.000 BTU/LB *
 * TEMPERATURE IN * 302.00 DEG F * 600.00 DEG F *
 * TEMPERATURE OUT * 408.00 DEG F * 510.00 DEG F *
 * OPERATING PRESSURE * 130.00 PSIG * 75.00 PSIG *
 * NUMBER OF PASSES * 1 * 4 *
 * VELOCITY * 3.777 FT/SEC * 4.696 FT/SEC *
 * PRESSURE DROP * 3.226 PST * 0.986 PST *
 * FOULING FACTOR * 0.003 * 0.003 *

* HEAT EXCHANGED 3337700.0 BTU/HR * HEAT CORRECTED ***** DEG F *
 * TRANSFER RATE SERVICE 61.507 * CLEAN 37.708 *

CONSTRUCTION

 * DESIGN PRESSURE * 340.0 PSIG * 225.0 PSIG *
 * TEST PRESSURE * 510.0 PSIG * 337.5 PSIG *
 * DESIGN TEMPERATURE * 515.0 DEG F * 625.0 DEG F *

* TUBES S.S. NO. AND NO. 1.00 IN 3/16 12. LENGTH 20.0 FT PT 1.2500 IN S1
 * SHELL CARBON STEEL I.D. 36.10 IN 0.0. IN THICKNESS IN
 * CHANNEL CARBON STEEL FLOATING HEAD COVER CARBON STEEL
 * CHANNEL CARBON STEEL CHANNEL COVER CARBON STEEL
 * TUBE SHEETS-STATIONARY CARBON STEEL FLOATING CARRY STEEL
 * BAFFLE-CROSS 1A TYP. SEGM. 2.0 THICKNESS IN
 * BAFFLE-LONG. NO TYP. THICKNESS IN
 * TUBE SHEETS THICKNESS IN
 * GASKETS JACKETED ASBESTOS
 * CONNECTIONS SHELL-IN 0.00 IN NUT 0.00 IN SERIES 450.0 PSI
 * CONNECTIONS CHANNEL-IN 0.00 IN NUT 0.00 IN SERIES 300.0 PSI
 * CORROSION ALLOWANCE SHELL SIDE 0.1250 IN TUBE SIDE 0.1250 IN
 * CODE REQUIREMENT ASME SECTION VIII AND TENN CLASS 0
 * WEIGHTS EACH SHELL RUNDIC FULL OF WATER

 * INDICATE AFTER EACH PART WHETHER STRESS RELIEVED AND WHETHER X-RAYED
 * REMARKS A SEALING STRIPS

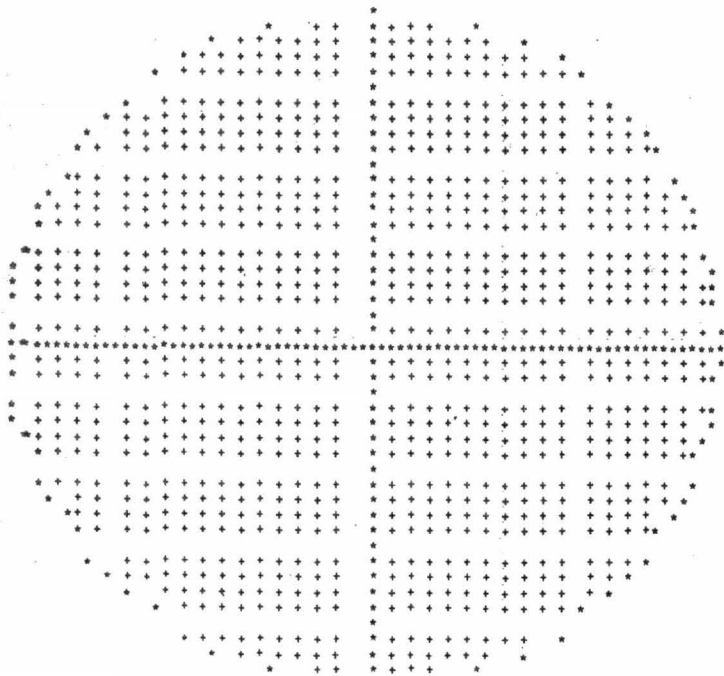
TUBE COORDINATES

NT	YT	YT	HT	XT	YT	HT	XT	YT	HT	XT	YT	HT	XT	YT
1	19.250	19.250	51	21.750	21.750	101	26.750	24.250	151	12.375	26.750	201	14.875	30.500
2	20.500	19.250	52	23.000	21.750	102	28.000	24.250	152	11.125	26.750	202	13.625	30.500
3	21.750	19.250	53	24.250	21.750	103	29.250	24.250	153	9.875	26.750	203	12.375	30.500
4	23.000	19.250	54	25.500	21.750	104	30.500	24.250	154	8.625	26.750	204	11.125	30.500
5	24.250	19.250	55	26.750	21.750	105	31.750	24.250	155	7.375	26.750	205	9.875	30.500
6	25.500	19.250	56	28.000	21.750	106	16.125	24.250	156	6.125	26.750	206	8.625	30.500
7	26.750	19.250	57	29.250	21.750	107	14.875	24.250	157	4.875	26.750	207	19.250	31.750
8	28.000	19.250	58	30.500	21.750	108	13.625	24.250	158	19.250	28.000	208	20.500	31.750
9	29.250	19.250	59	31.750	21.750	109	12.375	24.250	159	20.500	28.000	209	21.750	31.750
10	30.500	19.250	60	33.000	21.750	110	11.125	24.250	160	21.750	28.000	210	23.000	31.750
11	31.750	19.250	61	14.125	21.750	111	9.875	24.250	161	23.000	28.000	211	24.250	31.750
12	33.000	19.250	62	14.875	21.750	112	8.625	24.250	162	24.250	28.000	212	25.500	31.750
13	14.125	19.250	63	13.625	21.750	113	7.375	24.250	163	25.500	28.000	213	16.125	31.750
14	14.875	19.250	64	12.375	21.750	114	6.125	24.250	164	26.750	28.000	214	14.875	31.750
15	13.625	19.250	65	11.125	21.750	115	4.875	24.250	165	23.000	28.000	215	13.625	31.750
16	12.375	19.250	66	9.875	21.750	116	3.625	24.250	166	29.250	28.000	216	12.375	31.750
17	11.125	19.250	67	8.625	21.750	117	19.250	25.500	167	16.125	28.000	217	11.125	31.750
18	9.875	19.250	68	7.375	21.750	118	20.500	25.500	168	14.875	28.000	218	19.250	33.000
19	8.625	19.250	69	6.125	21.750	119	21.750	25.500	169	13.625	28.000	219	20.500	33.000
20	7.375	19.250	70	4.875	21.750	120	23.000	25.500	170	12.375	28.000	220	21.750	33.000
21	6.125	19.250	71	3.625	21.750	121	24.250	25.500	171	11.125	28.000	221	23.000	33.000
22	4.875	19.250	72	19.250	23.000	122	25.500	25.500	172	9.875	28.000	222	16.125	33.000
23	3.625	19.250	73	20.500	23.000	123	26.750	25.500	173	8.625	28.000	223	14.875	33.000
24	2.375	19.250	74	21.750	23.000	124	28.000	25.500	174	7.375	28.000	224	13.625	33.000
25	19.250	20.500	75	23.000	23.000	125	29.250	25.500	175	6.125	28.000	225	19.250	16.750
26	20.500	20.500	76	24.250	23.000	126	30.500	25.500	176	19.250	29.250	226	20.500	16.750
27	21.750	20.500	77	25.500	23.000	127	31.750	25.500	177	20.500	29.250	227	21.750	16.750
28	23.000	20.500	78	26.750	23.000	128	10.125	25.500	178	21.750	29.250	228	23.000	16.750
29	24.250	20.500	79	28.000	23.000	129	14.875	25.500	179	23.000	29.250	229	24.250	16.750
30	25.500	20.500	80	29.250	23.000	130	13.625	25.500	180	24.250	29.250	230	25.500	16.750
31	26.750	20.500	81	30.500	23.000	131	12.375	25.500	181	25.500	29.250	231	26.750	16.750
32	28.000	20.500	82	31.750	23.000	132	11.125	25.500	182	26.750	29.250	232	28.000	16.750
33	29.250	20.500	83	33.000	23.000	133	9.875	25.500	183	28.000	29.250	233	29.250	16.750
34	30.500	20.500	84	14.125	23.000	134	8.625	25.500	184	29.250	29.250	234	30.500	16.750
35	31.750	20.500	85	14.875	23.000	135	7.375	25.500	185	15.125	29.250	235	31.750	16.750
36	33.000	20.500	86	13.625	23.000	136	6.125	25.500	186	14.875	29.250	236	33.000	16.750
37	14.125	20.500	87	12.375	23.000	137	4.875	25.500	187	13.625	29.250	237	16.125	16.750
38	14.875	20.500	88	11.125	23.000	138	19.250	26.750	188	12.375	29.250	238	14.875	16.750
39	13.625	20.500	89	9.875	23.000	139	20.500	26.750	189	11.125	29.250	239	13.625	16.750
40	12.375	20.500	90	8.625	23.000	140	21.750	26.750	190	9.875	29.250	240	12.375	16.750
41	11.125	20.500	91	7.375	23.000	141	23.000	26.750	191	8.625	29.250	241	11.125	16.750
42	9.875	20.500	92	6.125	23.000	142	24.250	26.750	192	7.375	29.250	242	9.875	16.750
43	8.625	20.500	93	4.875	23.000	143	25.500	26.750	193	19.250	30.500	243	8.625	16.750
44	7.375	20.500	94	3.625	23.000	144	26.750	26.750	194	20.500	30.500	244	7.375	16.750
45	6.125	20.500	95	19.250	24.250	145	28.000	26.750	195	21.750	30.500	245	6.125	16.750
46	4.875	20.500	96	20.500	24.250	146	29.250	26.750	196	23.000	30.500	246	4.875	16.750
47	3.625	20.500	97	21.750	24.250	147	30.500	26.750	197	24.250	30.500	247	3.625	16.750
48	2.375	20.500	98	23.000	24.250	148	10.125	26.750	198	25.500	30.500	248	2.375	16.750
49	19.250	21.750	99	24.250	24.250	149	14.875	26.750	199	26.750	30.500	249	19.250	15.500
50	20.500	21.750	100	25.500	24.250	150	13.625	26.750	200	16.125	30.500	250	20.500	15.500

TYPE CODE VALUES

NT	YT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT	NT	XT	YT
251	21.750	15.500	301	25.500	13.000	351	31.750	10.500	401	20.500	6.750	451	0.000	0.000	*	*	*
252	23.000	15.500	302	26.750	13.000	352	16.125	10.500	402	21.750	6.750	452	0.000	0.000	*	*	*
253	24.250	15.500	303	28.000	13.000	353	14.875	10.500	403	23.000	6.750	453	0.000	0.000	*	*	*
254	25.500	15.500	304	29.250	13.000	354	13.625	10.500	404	24.250	6.750	454	0.000	0.000	*	*	*
255	26.750	15.500	305	30.500	13.000	355	12.375	10.500	405	25.500	6.750	455	0.000	0.000	*	*	*
256	28.000	15.500	306	31.750	13.000	356	11.125	10.500	406	26.750	6.750	456	0.000	0.000	*	*	*
257	29.250	15.500	307	33.000	13.000	357	9.875	10.500	407	28.000	6.750	457	0.000	0.000	*	*	*
258	30.500	15.500	308	34.250	13.000	358	8.625	10.500	408	29.250	6.750	458	0.000	0.000	*	*	*
259	31.750	15.500	309	35.500	13.000	359	7.375	10.500	409	16.125	6.750	459	0.000	0.000	*	*	*
260	33.000	15.500	310	36.750	13.000	360	6.125	10.500	410	14.875	6.750	460	0.000	0.000	*	*	*
261	16.125	15.500	311	12.375	13.000	361	4.875	10.500	411	13.625	6.750	461	0.000	0.000	*	*	*
262	18.375	15.500	312	11.125	13.000	362	19.250	9.250	412	12.375	6.750	462	0.000	0.000	*	*	*
263	15.435	15.500	313	9.375	13.000	363	20.500	9.250	413	11.125	6.750	463	0.000	0.000	*	*	*
264	12.375	15.500	314	8.625	13.000	364	21.750	9.250	414	9.875	6.750	464	0.000	0.000	*	*	*
265	11.125	15.500	315	7.375	13.000	365	23.000	9.250	415	8.625	6.750	465	0.000	0.000	*	*	*
266	9.875	15.500	316	6.125	13.000	366	24.250	9.250	416	7.375	6.750	466	0.000	0.000	*	*	*
267	8.625	15.500	317	4.875	13.000	367	25.500	9.250	417	19.250	5.500	467	0.000	0.000	*	*	*
268	7.375	15.500	318	3.625	13.000	368	26.750	9.250	418	20.500	5.500	468	0.000	0.000	*	*	*
269	6.125	15.500	319	19.250	11.750	369	28.000	9.250	419	21.750	5.500	469	0.000	0.000	*	*	*
270	4.875	15.500	320	20.500	11.750	370	29.250	9.250	420	23.000	5.500	470	0.000	0.000	*	*	*
271	3.625	15.500	321	21.750	11.750	371	30.500	9.250	421	24.250	5.500	471	0.000	0.000	*	*	*
272	2.375	15.500	322	23.000	11.750	372	16.125	9.250	422	25.500	5.500	472	0.000	0.000	*	*	*
273	19.250	14.250	323	24.250	11.750	373	14.875	9.250	423	26.750	5.500	473	0.000	0.000	*	*	*
274	20.500	14.250	324	25.500	11.750	374	13.625	9.250	424	16.125	5.500	474	0.000	0.000	*	*	*
275	21.750	14.250	325	26.750	11.750	375	12.375	9.250	425	14.875	5.500	475	0.000	0.000	*	*	*
276	23.000	14.250	326	28.000	11.750	376	11.125	9.250	426	13.625	5.500	476	0.000	0.000	*	*	*
277	24.250	14.250	327	29.250	11.750	377	9.875	9.250	427	12.375	5.500	477	0.000	0.000	*	*	*
278	25.500	14.250	328	30.500	11.750	378	8.625	9.250	428	11.125	5.500	478	0.000	0.000	*	*	*
279	26.750	14.250	329	31.750	11.750	379	7.375	9.250	429	9.875	5.500	479	0.000	0.000	*	*	*
280	28.000	14.250	330	14.125	11.750	380	6.125	9.250	430	8.625	5.500	480	0.000	0.000	*	*	*
281	29.250	14.250	331	18.875	11.750	381	4.875	9.250	431	19.250	4.250	481	0.000	0.000	*	*	*
282	30.500	14.250	332	11.025	11.750	382	19.250	8.000	432	20.500	4.250	482	0.000	0.000	*	*	*
283	31.750	14.250	333	12.375	11.750	383	20.500	8.000	433	21.750	4.250	483	0.000	0.000	*	*	*
284	33.000	14.250	334	11.125	11.750	384	21.750	8.000	434	23.000	4.250	484	0.000	0.000	*	*	*
285	16.125	14.250	335	9.875	11.750	385	23.000	8.000	435	24.250	4.250	485	0.000	0.000	*	*	*
286	14.875	14.250	336	8.625	11.750	386	24.250	8.000	436	25.500	4.250	486	0.000	0.000	*	*	*
287	13.625	14.250	337	7.375	11.750	387	25.500	8.000	437	16.125	4.250	487	0.000	0.000	*	*	*
288	12.375	14.250	338	6.125	11.750	388	26.750	8.000	438	14.875	4.250	488	0.000	0.000	*	*	*
289	11.125	14.250	339	4.875	11.750	389	28.000	8.000	439	13.625	4.250	489	0.000	0.000	*	*	*
290	9.875	14.250	340	3.625	11.750	390	29.250	8.000	440	12.375	4.250	490	0.000	0.000	*	*	*
291	8.625	14.250	341	19.250	10.500	391	16.125	8.000	441	11.125	4.250	491	0.000	0.000	*	*	*
292	7.375	14.250	342	20.500	10.500	392	14.875	8.000	442	19.250	3.000	492	0.000	0.000	*	*	*
293	6.125	14.250	343	21.750	10.500	393	13.625	8.000	443	20.500	3.000	493	0.000	0.000	*	*	*
294	4.875	14.250	344	23.000	10.500	394	12.375	8.000	444	21.750	3.000	494	0.000	0.000	*	*	*
295	3.625	14.250	345	24.250	10.500	395	11.125	8.000	445	23.000	3.000	495	0.000	0.000	*	*	*
296	19.250	13.000	346	25.500	10.500	396	9.875	8.000	446	16.125	3.000	496	0.000	0.000	*	*	*
297	20.500	13.000	347	26.750	10.500	397	8.625	8.000	447	14.875	3.000	497	0.000	0.000	*	*	*
298	21.750	13.000	348	28.000	10.500	398	7.375	8.000	448	13.625	3.000	498	0.000	0.000	*	*	*
299	23.000	13.000	349	29.250	10.500	399	6.125	8.000	449	12.375	3.000	499	0.000	0.000	*	*	*
300	24.250	13.000	350	30.500	10.500	400	19.250	6.750	450	11.125	3.000	500	0.000	0.000	*	*	*

FIGURE 100T PRINT OUT



SHELL MATERIAL=CARBON STEEL MAX.ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
SHELL THK.= 0.4375 IN SHELL DIAMETER= 36.0000 IN DESIGN PRESSURE=340.0000 PSI DESIGN TEMPERATURE= 515.00 DEG.F
.....
CHANNEL MATERIAL=CARBON STEEL MAX.ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
CHANNEL THK.= 0.4375 IN CHANNEL DIAMETER= 36.0000 IN DESIGN PRESSURE= 225.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 695.00 DEG.F
.....

```

*****
***** WELDING NECK FLANGE DESIGN *****
*****
- DESIGN PRESSURE = 340.0 PSI BASKET DETAILS*** FACING DETAILS *
- DESIGN TEMPERATURE= 425.0 DEG.F MATERIAL LIQUIDATED ASBESTOS TYPE R-F. *
- FLANGE MATERIAL = CARBON STEEL OD=38.0949 IN OD = 38.5364 *
- BOLLING MATERIAL = CARBON STEEL ID=37.0000 THK=0.0000 THK. = 0.0625 *
*****
- MAX. ALLIUM. FIB. STRESS (DES.T) =17500.0 PSI B = 0.1094 *
- MAX. ALLIUM. FIB. STRESS (AT.T) =17500.0 PSI H = 0.2500 *
- MAX. ALLIUM. RADI. STRESS (DES.T) =20000.0 PSI Y = 7600.00 *
- MAX. ALLIUM. RADI. STRESS (AT.T) =20000.0 PSI H = 3.75 *
*****
- BOLT CALCULATION****
* WM2 = 07278.5 AM = 20.16 NO. BOLTS = 48 *
* HP = 32638.8 AB = 26.45 BOLT DIAM. = 1.000 *
* H = 37052.3 W = 00003.6 HIN, BOLT SP. = 2.250 *
* WM1 = 403167.1 GASKET WIDTH CHECK = 0.2974 BOLT CIRC. = 40.0000 *
*****
* LOADS** LEVER ARMS** MOMENT**
* HD = 340077.9 4D = 1.0125 MD = 627266.2 *
* HD = 30688.8 4D = 1.3750 MD = 44870.4 *
* HT = 24450.4 4T = 1.0125 SMH = 716440.9 *
* J = 666041.6 4J = 1.3750 MD = 640037.4 *
*****
* SHAPE CONSTANTS*** STRESS FACTORS***
* K = 1.1701 R/MO = 0.2017 ALPHA = 1.4714 H/B = 19.01.0 *
* T = 1.4499 RIA F = 0.4350 BETA = 1.4010 *
* Z = 6.4148 RIA V = 0.1640 GAMMA = 0.7792 *
* Y = 12.4317 SMALL F = 1.0000 DELTA = 0.3287 HO/U = 17401.0 *
* U = 13.4612 F = 0.1096 LAMBDA = 1.0318 *
* G1/G0 = 2.0000 D = 63.28 *
*****
* STRESS CALCULATION*** * FLANGE DETAILS***
* (CONST. TEMPERATURE) * CORR. LG (B) = 36.0000 IN *
* LOG. CORR (SH) = 25191.5 * FLANGE OD (A) = 42.1250 IN *
* RADIAL FIB (SR) = 3575.4 * DESIGN THK. (T) = 2.7500 IN *
* TANG. FIB. (ST) = 9772.1 * HUB LENGTH (H) = 0.8007 IN *
* CORR. FIB. (SC) = 14393.4 * FLANGE LENGTH (L) = 3.5507 IN *
* * BARREL THK. (CG) = 0.4375 IN *
* (AT DIFFERENT TEMPERATURES) * HUB END THK. (C1) = 0.8750 IN *
* LOG. CORR (SH) = 22533.5 * BOLT CIRCLE (BC) = 40.0000 IN *
* RADIAL FIB (SR) = 3199.1 * NO. BOLTS = 48 *
* TANG. FIB. (ST) = 20521.1 * BOLT DIAM. (S1.A) = 1.0000 IN *
* CORR. FIB. (SC) = 12965.7 * EDGE DIST. (E) = 1.0625 IN *
* * RADIAL DIST. (R) = 1.3750 IN *
*****
* FLANGE COST (ONLY MATERIALS) = 544.32 US DLS.
* APPROXIMATE FLANGE HEIGHT = 374.07 LD
*
* NOTES****
* (1)
* (2)
* (3)
*****

```

FLOATING HEAD FLANGE DESIGN

 ** INTERNAL PRESSURE = 225.0 GASKET DETAILS** FACING DETAILS**
 ** EXTERNAL PRESSURE = 340.0 OD = 32.4000 TYPE=R+F.
 ** DESIGN TEMPERATURE = 425.0 ID = 31.0000 ID = 32.4625
 ** ATMOSPHERIC TEMP. = 80.0 THK = 0.0000 THK = 0.0625
 ** MATERIAL=JACKETED ASBESTOS

 ** FLANGE MATERIAL =CARBON STEEL SCDFS-T) =17500.0 N = 0.7000
 ** SCATH-T) =17500.0 D = 0.2637
 ** BOLTING MATERIAL=CARBON STEEL SCDFS-T) =20000.0 Y=7600.0000
 ** SCATH-T) =20000.0 H = 3.7500
 ** HEAD MATERIAL =CARBON STEEL SCDFS-T) =17500.0

 ** BOLT CALCULATION**
 ** MM2 = 190574.1 AM = 9.2749 NO.BOLTS = 40
 ** HP = 14125.6 AB = 12.0800 BOLT DIA. = 0.7500
 ** H = 177574.7 MIN.BOLT SP. = 1.7500
 ** MM1 = 191644.4 W = 220580.0 BOLT CIRC. = 33.4000

 ** INTERNAL PRESSURE MOMENT CALCULATION**
 ** LOAD** LEVER ARM** MOMENT**
 ** HD = 158341.2 HD = 1.7313 HD = 274197.4
 ** HG = 43710.3 HG = 0.4500 HG = 36558.7
 ** HT = 10197.6 HT = 0.4406 HT = 8458.9
 ** HR = 351120.4 HR = -0.0624 HR = 21904.6
 ** HD1 = 341119.0

 ** GASKET SEATING MOMENT CALCULATION**
 ** LOAD** LEVER ARM** MOMENT**
 ** HD = 220589.0 HG = 0.3500 HD1 = 187500.7

 ** EXTERNAL PRESSURE MOMENT CALCULATION**
 ** LOAD** LEVER ARM** MOMENT**
 ** HD = 230331.5 HD = 0.8813 HD = 341119.0
 ** HT = 10197.6 HT = 0.4406 HT = 27209.0
 ** HR = 530412.1 HR = -0.0624 HR = -33100.0
 ** HD1 = -216801.1

 ** FLANGE DETAILS** DESIGN FACTORS**
 ** TUBE SHEET TD (TSJ) = 32.4000 IN * H=HD/D = 11394.0
 ** FLANGE IN (I) = 29.9375 IN *
 ** FLANGE OD (O) = 35.3750 IN * J = 7.6280
 ** GASKET SEATING DIA.(G) = 31.7000 IN *
 ** BOLT CIRC. DIA. (C) = 33.4000 IN * F = 0.5639
 ** DESIGN THK. (I) = 3.3027 IN *
 ** BOLT NUMBER (NBOL) = 40 * T = 3.3627
 ** BOLT DIAMETER (SML.) = 0.7500 IN *
 ** NOMINAL HEAD THK. = 0.8125 IN *
 ** NOMINAL HEAD RADIUS (R) = 36.0000 IN *
 ** BETA = 0.4937 *

 ** FLANGE COST (ONLY MATERIALS) = 24532 US DLS.
 ** APPROXIMATE FLANGE WEIGHTS =

 ** TUBE SHEET MATERIAL=CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI

MAX. DESIGN PRESSURE= 340.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 625.00 DEG F
TUBE SHEET O.D.= 34.0109 IN
TUBE SHEET THK.= 3.0336 IN

BLIND FLANGE MATERIAL= CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
DESIGN PRESSURE= 225.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 625.00 DEG F
BLIND FLANGE O.D.= 42.1250 IN BOLT CIRCLE DIAMETER= 40.5000 IN
GASKET SEATING DIAMETER= 37.2500 IN
BLIND FLANGE THK.= 2.7453 IN

HEAD MATERIAL= CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
ELLIPTICAL HEAD THK.= 0.5374 IN DESIGN PRESSURE= 340.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 515.00 DEG F

HEAD MATERIAL= CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
TORISPHERICAL HEAD THK.= 0.4857 IN DISH RADIUS= 36.0000 IN KNUCKLE RADIUS= 2.7000 IN
DESIGN PRESSURE= 340.00 PSI DESIGN TEMPERATURE= 515.00 DEG F

BAFFLE MATERIAL= CARBON STEEL MAX. ALLOWABLE MATERIAL STRESS= 17500.0 PSI
13 BAFFLES REQUIRED BAFFLE THK.= 0.3125 IN SHELL DIAMETER= 36.0000 IN

8 = 0.5000 IN DIAMETER TIE RODS OF CARBON STEEL
8 = 0.5000 IN DIAMETER SPACERS OF CARBON STEEL

CAPITULO VI

Desde la época de Newton se han tratado todos los fenómenos de transferencia de calor de tipo convectivo en base a coeficientes. En un principio este concepto contribuyó al desarrollo de la tecnología de transferencia de calor, pero se ha visto que el concepto de coeficientes únicamente es aplicable con precisión razonable para casos altamente lineales. Para casos extremos como ocurren en hervidores o equipos de transferencia de calor que manejan fluidos poco comunes, como sales fundidas, hidrógeno líquido o equipos que trabajan en procesos inestables, trabajar con coeficientes de transferencia de calor, un concepto que implica aceptar la linealidad del proceso de transferencia en cuestión, significa exponerse a introducir errores graves. En un capítulo anterior se aclaró que el método de Bell, usado para el desarrollo del programa que se presenta en este trabajo, es satisfactorio para condiciones de trabajo normales. Para condiciones extremas, es conveniente buscar nuevos métodos.

Entre las publicaciones de los últimos 30 años ha habido pocas ideas realmente revolucionarias. Todas ellas están basadas en el concepto clásico de los coeficientes de transferencia y las correlaciones usadas se obtienen a partir del análisis dimensional o como correlaciones empíricas expresadas como funciones de grupos adimensionales como el número de Reynolds, el número de Prandtl

y otros. Adiutori presentó recientemente un método cuya idea básica es substituir el concepto del coeficiente de transferencia de calor por un cociente del flux de calor y el gradiente de temperatura. En este capítulo se presentan en forma somera los postulados básicos de Adiutori y de acuerdo con ellos se transforman las correlaciones de Bell eliminando los coeficientes de transferencia para lograr una convergencia a través de los fluxes de calor. No se pretende profundizar en los conceptos y el método de diseño de Adiutori, ya que eso rebasa los objetivos de esta tesis. Únicamente se hace un comentario breve a este método por considerarse interesante pero no se juzga su superioridad o inferioridad con respecto al método clásico. Las transformaciones que se presentan parte de la suposición de las ecuaciones publicadas por Bell representan el fenómeno de transferencia de calor por convección sin cambio de fase en forma adecuada y tienen como única función indicar la forma que toman las correlaciones clásicas si se maneja con el método de Adiutori. Un estudio más profundo de esta metodología puede servir como tema para otra tesis.

Una de las principales suposiciones del método clásico de transferencia de calor consiste en suponer que U , el coeficiente global de transferencia de calor, es constante a lo largo del intercambiador de calor. La evaluación del factor de corrección F_t de la diferencia de temperatura media logarítmica sólo es posible aceptando esta condición.

El efecto de la dependencia de ΔT del coeficiente global de transferencia de calor se puede apreciar analizando la ecuación

$$Q = UA\Delta T$$

donde $Q =$ calor transferido

$U =$ coeficiente global de transferencia de calor

$A =$ área de transferencia

$\Delta T =$ diferencia de temperatura (6 - 1)

ó expresado en forma de flux de calor

$$q = U\Delta T \quad (6 - 2)$$

De la diferenciación de la ecuación (6-2) se obtiene

$$dq / d(\Delta T) = U + \Delta T \left(dU / d\Delta T \right) \quad (6 - 3)$$

Únicamente si U es constante será cierta la ecuación (6 - 1)

En el mejor de los casos la dependencia de q y ΔT es lineal

obedeciendo una ecuación del tipo

$$q = m \Delta T + B \quad (6 - 4)$$

Esta ecuación refleja claramente la dependencia funcional de q y T sin necesidad de un coeficiente de transferencia de calor. En forma general se puede escribir:

$$q = f(\Delta T) \quad (6 - 5)$$

En el método clásico, propuesto por Newton q y ΔT se relacionan por medio de un coeficiente de transferencia. El método propuesto por

Adiutori establece una relación funcional directa entre q y ΔT prescindiendo de coeficientes. Esto no quiere decir, que el método clá-

sico sea completamente erróneo. La diferencia consiste en que el concepto de Adiatori es aplicable para el caso general donde

$$dq / d(\Delta T) = f'(\Delta T) \neq \text{constante} \quad (6-6)$$

mientras que el caso analizado por Newton es un caso particular que únicamente será cierto si

$$dq / d(\Delta T) = f'(\Delta T) = \text{constante} = U \quad (6-7)$$

$$y \quad q(\Delta T) = 0 \quad \text{para} \quad T = 0 \quad (6-8)$$

Las ecuaciones (6-7) y (6-8) definen la linealidad de un proceso de transferencia de calor. Se puede decir que un proceso de transferencia de calor es lineal si se cumplen las ecuaciones (6-7) y (6-8) y no es lineal si estas ecuaciones no se cumplen. La evidencia experimental indica que el único caso lineal es la transferencia de calor por convección forzada en fluidos que no sufren cambio de fase y con diferencias de temperatura relativamente pequeñas. Este es el caso para el cual el método de Bell trabaja con mayor eficiencia. Si alguna condición no se cumple se presentan desviaciones. En casos extremos o altamente no lineales, como ocurre en hervidores el método de Adiatori ofrece ventajas indiscutibles. Esto resulta más claro aún si se piensa que en una gráfica de q contra ΔT el coeficiente de transferencia de calor representa la pendiente de la recta que une un punto con coordenadas $(q_i, \Delta T_i)$ con el origen.

Por el método de coeficientes no se pueden precisar las coordenadas de cualquier punto de la función $q = f(\Delta T)$ si ésta no es lineal.

Aplicando el concepto de Adiatori la obtención de q para cualquier valor de ΔT es directa. Esta tiene gran aplicación en hervidores donde se presenta el caso que una disminución de temperatura en cierta sección del hervidor puede aumentar su eficiencia, debido a la no linealidad del proceso. El método clásico predice para un aumento de ΔT un aumento de q , lo cual es evidentemente erróneo si se observa la curva de q contra ΔT para hervidores mostrada en la fig. 6 - 1.

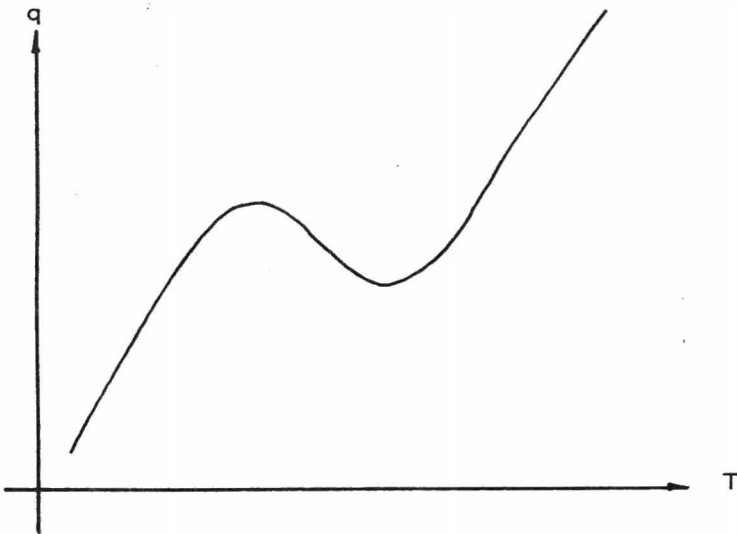


Figura (6 - 1)

Otra ventaja del método de Adiatori es la facilidad con que se puede manejar cualquier problema de transferencia de calor.

Se puede obtener el flux de calor como producto de funciones de los parámetros conocidos que se pueden agrupar en la siguiente forma:

α (sistema) que es función de las características físicas del equipo

β (flujo) que es función de los datos de flujo conocidos

ρ (fluido) que es función de las propiedades de los fluidos

δ (ΔT) que es la función propia de la diferencia de temperatura

Las ecuaciones del método de Bell se transcriben substituyendo las coeficientes por $h = q / \Delta T$. Después de separar variables y agrupar términos se obtienen los fluxes para el fluido del cuerpo, el fluido de los tubos y el flux en la pared de los tubos como combinación de las funciones antes mencionadas.

I LADO CUERPO

- 1) Cálculo del área de flujo cruzado

$$Sc = B (Dis - N t ' dot) \quad (6.9)$$

- 2) Evaluando la masa velocidad y el Reynolds

$$Gc = \frac{Ws}{Sc} , Rec = \frac{Gc \cdot dot}{Mb} \quad (6.10)$$

- 3) El factor j queda dado por una función del tipo

$$j = 10^{[a + b \lg (Rec)]} \quad (6.11)$$

donde a y b son función del intercambiador

- 4) Cálculo de los parámetros F_{BP} , ϕ ,

$$F_{BP} = \frac{[Dis - ((Nt - 1) Pt + dot)] - B}{144 Sc} \quad (6.12)$$

$$\phi = \text{EXP} \left[-1.35 F_{BP} \left(1 - 3 \sqrt{\frac{2 Ns}{Nc}} \right) \right] \quad (6.13)$$

$$\chi = \text{función} (Nc' \text{ y } Nc) \quad (6.14)$$

$$Nc = (No. Mam. + 1) Nc + (No. Mam. + 2) Nw \quad (6.15)$$

- 5) El coeficiente sin corregir por fugas está dado por la siguiente reacción :

$$h_{NL} = \frac{\phi \int f}{\chi} Gc_{CP} \left(\frac{CP}{K} \right)^{-2/3} \left(\frac{\mu W}{\mu} \right)^{-0.14} \quad (6.16)$$

- 6) Determinando las áreas de flujo de las fugas S_{TB} (Tubo - mampara) y S_{SB} (cuerpo - mampara) se determinan los factores de corrección para el coeficiente :

$$S_L = S_{TB} + S_{SB}$$

$$\left(1 - \frac{hL}{h_{NL}} \right)_{ID} = 0.45 \left(\frac{S_L}{Sc} \right) + 0.1 \left[1 - \text{EXP} \left(-30 \frac{S_L}{Sc} \right) \right] \quad (6.18)$$

$$\left(1 - \frac{hL}{h_{NL}} \right)_{EX} = \left(1 - \frac{hL}{h_{NL}} \right)_{ID} \left(\frac{S_{TB} + 2 S_{SB}}{S_L} \right) \quad (6.19)$$

- 7) Obtención del coeficiente corregido

$$hL = 1 - 1 - \frac{hL}{h_{NL}} \quad h_{NL} \quad EX$$

- 8) Substituyendo la ecuación (6.16) en (6.19)

$$hL = \left[1 - \left(1 - \frac{hL}{h_{NL}} \right)_{EX} \right] \frac{j \phi \int f}{\chi} Gp Gc \left(\frac{Cp}{K} \right)^{-2/3} \left(\frac{\mu W}{\mu} \right)^{-0.14} \quad (6.21)$$

- 9) Substituyendo con $hL = q / T$ se obtiene

$$\frac{q1}{T} \left[1 - \left(1 - \frac{hL}{h_{NL}} \right)_{EX} \right] \frac{j \phi \int f}{\chi} C_p Gc \left(\frac{C_{pM}}{K} \right)^{2/3} \left(\frac{\mu W}{\mu} \right)^{-0.14} \quad (6.22)$$

$$q_1 = \left[1 - \left(1 - \frac{hL}{hNL} \right) \frac{j \phi f}{EX} \right] \frac{\phi f C_p G_c \left(\frac{C_p M}{K} \right)^{2/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}}{\chi} \Delta T \quad (6.23)$$

10) Agrupando términos

$$q_1 = \left[1 - \left(1 - \frac{hL}{hNL} \right) \frac{j \phi f}{EX} \right] \frac{\phi f W_{sj}}{\chi S_s} \left[\frac{w^{0.14} K^{2/3} C_p^{1/3}}{\mu^{0.81}} \right] \Delta T \quad (6.24)$$

11) La ecuación (6.24) puede ser resumida a:

$$q_1 = \alpha_1 (\text{SISTEMA}) \beta_1 (\text{FLUJO}) \gamma_1 (\text{FLUIDO}) \delta_1 (\Delta T) \quad (6.25)$$

Donde $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1$ son funciones y están dadas por:

$$\alpha_1 (\text{SISTEMA}) = \left[1 - \left(1 - \frac{hL}{hNL} \right) \frac{j \phi f}{EX} \right] \frac{\phi f}{\chi S_c} \quad (6.26)$$

$$\beta_1 (\text{FLUJO}) = W S_j \quad (6.27)$$

$$\gamma_1 (\text{FLUIDO}) = K^{2/3} C_p^{1/3} \mu_w^{0.14} \mu^{0.81} \quad (6.28)$$

$$\delta_1 (\Delta T) = (T_{ms} - T_w) \quad (6.29)$$

$$q_1 = \text{FLUX DE CALOR (BTU / hr ft}^2) \quad (6.30)$$

II LADO TUBOS

1) Partiendo de la ecuación del coeficiente de película lado tubos

$$h_{io} = (0.023) Re^{-0.2} (Pr)^{-2/3} C_p G_t \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad (6.31)$$

Desarrollando :

$$h_{io} = (0.023) \left(\frac{G_t d_{it}^{-0.2}}{\mu} \right)^2 \left(\frac{C_p \mu}{K} \right)^{-2/3} C_p G_t \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad (6.32)$$

2) Transformando el coeficiente de película del lado tubos por la

relación $q / \Delta T$

$$\frac{q_2}{\Delta T_2} = 0.023 \left(\frac{Wt \, d_{it}^{-0.2}}{A_{ft}} \right)^2 \left(\frac{C_p \mu}{K} \right)^{-2/3} C_p \frac{Wt}{A_{ft}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad (6.33)$$

3) Agrupando términos

$$q_2 = 0.023 \left[\frac{\text{dit}^{0.2}}{\text{Aft}^{0.8}} \text{Wt}^{0.8} \right] \left[\frac{\text{C}_{Pt}^{1/3} \mu^{0.61}}{K^{-2/3} w^{0.14}} \right] \delta T_2 \quad (6.34)$$

4) La ecuación No. (6.34) puede resumirse de la siguiente forma :

$$q_2 = \alpha_2 (\text{SISTEMA}) \beta_2 (\text{FLUJO}) \gamma_2 (\text{FLUIDO}) \delta (\Delta T)$$

Donde $\alpha_2, \beta_2, \gamma_2, \delta_2$ son funciones y están definidas por

$$\alpha_2 (\text{SISTEMA}) = \frac{0.023 (\text{dit})^{0.2}}{(\text{Aft})^{0.8}} \quad (6.36)$$

$$\beta_2 (\text{FLUJO}) = (\text{Wt})^{0.8} \quad (6.37)$$

$$\gamma_2 (\text{FLUIDO}) = \frac{\text{C}_{Pt}^{1/3} \mu^{0.61} K^{2/3}}{w^{0.14}} \quad (6.38)$$

$$\delta (\Delta T) = (T_{mt} - T_w) \quad (6.39)$$

$$q_2 - \text{FLUX DE CALOR (BTU / Hr ft}^2 \text{)} \quad (6.40)$$

III PARED DE TUBOS

1) El coeficiente de conductividad térmica a través de la pared:

$$k_w = K_w / t_w \quad (6.41)$$

Donde $K_w =$ conductividad del material de la pared de tubo

$t_w =$ espesor de la pared del tubo

2) Transformando por Auditori :

$$\frac{q_3}{\Delta t^3} = \frac{K_w}{t_w} \quad (6.42)$$

$$q_3 = \frac{K_w}{t_w} \Delta T_3 \quad (6.43)$$

3) Resumiendo la ecuación (6.42) :

$$q_3 = \alpha_3 (\text{SISTEMA}) \delta_3 (T) \quad (6.44)$$

Donde α_3 y δ_3 son funciones que están dadas por las siguientes características :

$$\alpha_3 (\text{SISTEMA}) = \frac{Kw}{tw} \quad (6.45)$$

$$\delta_3 (T) = Tw_2 - Tw_1 \quad (6.46)$$

Resumiendo los resultados obtenidos

Las ecuaciones (6.24), (6.34) y (6.43) son análogas ya que:

$$q_1 = q_2 = q_3 = Q / \Delta t \quad (6.47)$$

$$\text{Donde : } Q = W_s C_p (T_2 - T_1) = W_t C_{pt} (t_1 - t_2) \quad (6.48)$$

O sea el criterio de convergencia es que los fluxes obtenidos por las tres ecuaciones deben ser iguales.

Para que pueda haber una economía en el tiempo requerido para el diseño de un intercambiador, se podrían evaluar las funciones (FLUIDO) en función de la temperatura para una serie de fluidos. Dichas funciones (FLUIDO) podrían ser evaluadas a la temperatura media, o a la temperatura calórica, o bien, se podría integrar la función entre las temperaturas de entrada y salida.

CAPITULO VII

Como comentario final se hace una evaluación del alcance de este trabajo. El objetivo principal, crear un programa de computadora para el diseño térmico y mecánico de intercambiadores de calor tipo tubo coraza, fue logrado. Debido a lo laborioso que resulta desarrollar un programa de esta naturaleza y a lo vasto del tema que se abordó fue necesario limitar este programa en varios aspectos. HEATEX / DESIGN se estructuró de manera tal que puede ser implementado por medio de subrutinas para abarcar todos aquellos campos no cubiertos en el presente trabajo. Se decidió limitar el programa al diseño de intercambiadores de calor que manejen flúidos líquidos que no sufran cambio de fase. En el futuro se pueden desarrollar y acoplar subrutinas que permitan el manejo de gases y flúidos que sufran condensación o evaporación ya sean flúidos puros o mezclas.

Actualmente el diseño mecánico se realiza conforme a las normas dictadas por los códigos TEMA y ASME Sección VIII, siendo posible ampliarlo a códigos europeos a cualquier código que use sistema métrico decimal. El diseño mecánico requiere datos de materiales y esfuerzos máximos permisibles que deben ser alimentados por el diseñador. Esto podría evitarse en una versión posterior de HEATEX / DESIGN en la cual el programa seleccionaría mate-

riales requeridos y esfuerzos máximos permisibles en función de las condiciones de diseño, basándose en información integrada al programa. Estos son algunos ejemplos de modificaciones que pueden efectuarse, ya que el programa puede implementarse conforme a las necesidades.

No se cuestiona en este trabajo la validez de las correlaciones usadas, ya que existen publicaciones mencionadas en capítulos anteriores que certifican la exactitud del método de Bell para el caso estudiado.

Se tuvo oportunidad de comparar los resultados de HEATEX / DESIGN con resultados de programas comerciales, notándose una buena concordancia.

Se podría obtener un aumento de precisión considerable en el cálculo de intercambiadores de calor expresando el factor de incrustamiento como función del tiempo. Si se indica como dato de diseño el intervalo máximo que debe transcurrir entre limpiezas del equipo se puede obtener un valor más exacto del factor de incrustamiento. Como en la actualidad dicho factor no se indica en función del tiempo representa el factor de insertidumbre más importante en el diseño de equipo de transferencia de calor provocando que no se pueda determinar con certeza cuando se ha alcanzado el valor del factor de incrustamiento para el cual fue diseñado el intercambiador.

Según pruebas efectuadas con HEATEX / DESIGN el diseño completo de un intercambiador de calor requiere aproximadamente una hora y media incluyendo preparación y revisión, alimentación de datos, revisión de resultados y vaciado de éstos en planos tipo. El tiempo de procesamiento es función del diámetro del intercambiador y del arreglo de unidades, no excediendo los 2 minutos. Estas cifras dejan ver el ahorro considerable de tiempo en el diseño de estos equipos. El alto grado de confiabilidad de los resultados, aunado al ahorro de tiempo hace recomendable el uso del programa a nivel industrial, ya que representa un beneficio directo para el usuario.

BIBLIOGRAFIA

1. Kern, D.Q. PROCESS HEAT TRANSFER
Mc Graw - Hill Book Company, Inc. 1950
2. Whitley D.L. CALCULATING HEAT EXCHANGER SHELL
SIDE PRESSURE DROP. Chemical Engineering Progress,
Sept. 1961.
3. Bell, K. EXCHANGER DESIGN BASED ON THE DELAWARE
RESEARCH PROGRAM. Petro/Chem Engineer Oct. 1960
4. STANDARDS OF TUBULAR EXCHANGER MANUFACTURERS
ASSOCIATION, TEMA, 5a. edición, 1968.
5. Perry / Chilton CHEMICAL ENGINEER'S HANDBOOK
5a. edición, Mc Graw-Hill Book Company, Inc. 1974
6. Tinker, T. SHELL SIDE CHARACTERISTICS OF SHELL
AND TUBE HEAT EXCHANGERS. Trans. ASME, vol. 80,
1958, pg. 36
7. Rosenow, HANDBOOK OF HEAT TRANSFER, McGraw Hill
Book Company, Inc. 1974
8. Fraas & Oszisik, HEAT EXCHANGER DESIGN. John Wiley &
Sons, Inc., 1965
9. Ludwig E., APPLIED PROCESS DESIGN FOR CHEMICAL AND
PETROCHEMICAL PLANTS, Vol. 3, Gulf Publishing Company
1965

10. Ludwig E. Whitley D. L., DESIGN EXCHANGERS THIS COMPUTER WAY, Pet. Ref. 40, No. 1 147 (1961)
11. Brownell, L. PROCESS EQUIPMENT DESIGN, VESSEL DESIGN John Wiley & Sons Inc., 1959
12. Donahue, D. HEAT EXCHANGER DESIGN Parte 1 Petroleum Refiner, Agosto 1955
13. Donahue D. HEAT EXCHANGER DESIGN Parte 2, Petroleum Refiner, Oct. 1955
14. Donahue D. HEAT EXCHANGER DESIGN Part 3, Petroleum Refiner, Nov. 1955
15. Donahue D. HEAT EXCHANGER DESIGN Part 4, Petroleum Refiner, Enero 1956
16. Taylor Forge, MODERN FLANGE DESIGN, Bulletin 502, 5a. edición, Taylor Forge & Pipe Works, 1964
17. ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE, SECTION VIII, DIVISION 1, 1974 edition
18. CRANE FLOW OF FLUIDS THROUGH VALVES, FITTINGS AND PIPE, CRANE Technical Papes No. 410, 1957
19. LORD, R.C. et. al. DESIGN OF HEAT EXCHANGERS, Chem. Eng. Enero 1970
20. Bowman, R.A. et. al MEAN TEMPERATURE DIFFERENCE IN DESIGN, Trans. ASME, 62, 283 - 294 , 1940

21. Andrade F.N. Nature, 125, 309-310, 1930
22. Singh. K.P. HOW TO LOCATE IMPINGEMENT PLATES IN TUBULAR HEAT EXCHANGERS, Hydrocarbon Processing, Oct. 1974
23. Adiutori, E.F. THE NEW HEAT TRANSFER, The Venturo Press.
24. Adiutori, E.F. A NEW AND SIMPLE CONCEPT FOR THE ANALYSIS OF NON-LINEAR HEAT TRANSFER PHENOMENA SUCH AS BOILING, British Chemical Engineering, Dec. 1965
25. Perry, CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK, 4a. edición, Mc Graw-Hill Book Company, Inc. 1963
26. HEAT EXCHANGER DESIGN HANDBOOK, Reprinted from Hydrocarbon Processing, Gulf Publishing Co. 1968
27. Burroughs, FORTRAN REFERENCE MANUAL B 6700 / B 7700 Boletin 5000458, Julio 1972
28. Burroughs, FORTRAN LANGUAGE INFORMATION MANUAL B 6700, Boletin 5000029
29. Carnahan B., etal, APPLIED NUMERICAL METHODS, John Wiley & Sons, Inc. 1969
30. McCracken D., PROGRAMACION FORTRAN IV, Limusa Wiley 1967
31. Organick, E.I., FORTRAN IV, Foude Educative Interamericane, S.A., 1966

32. Froeberg, C.E. , INTRODUCTION TO MERICAL ANALYSIS
Addison- Wesley Publishing Company, Inc. 1966
33. Rice and Rice, INTRODUCTION TO COMPUTER SCIENCE,
Halt, Rinehart and Winston, Inc. , 1969
34. HP 55 MATHEMATICS PROGRAMS, Hewlett Packard, 1974