



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica**



“ CONSTRUCCION DE INTERCAMBIADOR DE  
CALOR V-J1-E1 DE LA PLANTA DE VACIO DE  
REFINERIA ESTATAL DE ESMERALDAS ”.

**INFORME TECNICO DE GRADO**  
Previo a la obtención del Título de:  
**INGENIERO MECANICO**

Presentada por:  
**José E. Cattan V.**

Guayaquil - Ecuador  
1989

A G R A D E C I M I E N T O

A MIS PADRES, quienes con su apoyo contribuyeron a la culminación de mis estudios.

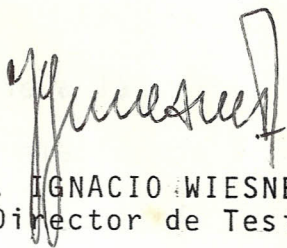
A PANCHO y LOURDES, quienes me estimularon a realizar este trabajo.

DEDICATORIA

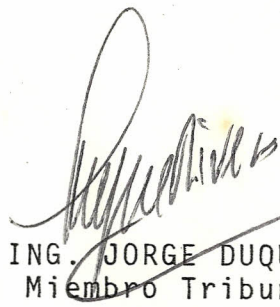
A MI ESPOSA



ING. NELSON CEVALLOS B.  
Decano  
Facultad de Ingeniería  
Mecánica



ING. IGNACIO WIESNER F.  
Director de Tesis



ING. JORGE DUQUE R.  
Miembro Tribunal

DECLARACION EXPRESA

Declaro que:

"Este Informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería - Mecánica".

(Reglamento de Graduación mediante la Elaboración de Informes Técnicos).



JOSE E. CATTAN V.

## RESUMEN

La unidad de Vacío de la Refinería Estatal de Esmeraldas, recoge los desechos de la unidad de destilación - Atmosférica que se los conoce con el nombre de Fondos de Crudo, y está constituido por hidrocarburos de cadenas pesadas que no pueden ser rotas por el proceso anterior. Esta unidad hace vacío, y con una temperatura aproximada de 400°C rompe cadenas pesadas y da como resultado un producto que se conoce con el nombre de Gasóleo.

Un elemento vital de la planta de Vacío es el intercambiador de calor V-J1-E1; de llegar a fallar éste, 4 unidades principales de refinación quedarían fuera de servicio acarreado disminución de la producción y el desbastecimiento de combustibles en el país.

La falla del V-J1-E1 ya sea por ruptura o disminución de espesor de los tubos, disminución del espesor de la carcaza del mismo, obliga a alterar las condiciones de operación, inestabilidad de la unidad, y por lo tanto, disminuir la eficiencia de las unidades involucradas.

Las alternativas de solución fueron:

- Sustitución del equipo por uno nuevo
- Construcción del equipo en los talleres de refinería
- Sustitución y construcción del equipo

Luego del respectivo análisis concluí que se debía sustituir el equipo por uno nuevo y construir otro utilizando las partes útiles del intercambiador dañado.

Dicha construcción estuvo bajo m<sup>a</sup> responsabilidad y dirección.

# I N D I C E   G E N E R A L

Pág.

RESUMEN .....	
ANTECEDENTES .....	
PROCESOS DE REFINACION .....	
IMPORTANCIA DEL EQUIPO EN LA PLANTA .....	
I.    CAPITULO .....	
DEFINICION DEL PROBLEMA .....	
1.1 Equipo de destilación al vacío.....	
1.2 Problemas de operación .....	
1.3 Métodos de inspección .....	
1.3.1 Rotura de tubos .....	
1.3.2 Corrosión de la carcaza ....	
1.4 Condiciones límites de operación ...	
II.   CAPITULO .....	
ALTERNATIVAS DE SOLUCION .....	
2.1 Sustitución del equipo .....	
2.2 Construcción del equipo .....	
2.3 Sustitución y construcción del equi- po. ....	
III.  CAPITULO .....	
SOLUCION DEL PROBLEMA .....	
3.1 Evaluación de partes útiles .....	
3.2 Construcción de la carcaza .....	



Pág.

3.3 Ensamblaje .....

3.4 Control de calidad .....

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....

ANEXOS .....

BIBLIOGRAFIA .....

## A N T E C E D E N T E S

El término crudo es el nombre aplicado al petróleo - que ha sido removido del subsuelo. Por otro lado, petróleo es el nombre general aplicado al líquido aceitoso de color obscuro formado de manera natural en muchas partes de la tierra.

Físicamente el petróleo es un compuesto que contiene - elementos gaseosos, líquidos y sólidos, y su consistencia puede variar desde un líquido no viscoso como el querosene hasta uno sumamente viscoso que puede - fluir con dificultad.

El petróleo está generalmente asociado con agua sal y gas natural, formando tres capas: gas natural sobre - el petróleo, el agua y la sal por debajo del mismo.

Cuando un pozo es perforado hasta la capa de petróleo, éste es forzado a salir a la superficie por la presión del gas natural.

Luego por medio de un proceso que se conoce con el nombre de FLASHEO se eliminan residuos de gas natural del petróleo y pasa a los tanques de almacenamiento.

#### PROCESO DE REFINACION.-

La primera etapa de refinación del crudo se realiza por medio del proceso conocido como destilación, donde el crudo es separado en cierto número de fracciones, cada una con determinado rango de ebullición y su nombre respectivo de identificación.

La unidad de crudo o destilación atmosférica es la encargada de llevar a cabo este proceso.

#### UNIDAD DE DESTILACION ATMOSFERICA.-

El proceso de destilación se inicia con el ingreso del petróleo (1) al horno de crudo (2), en donde alcanza una temperatura aproximada de 368° C.

Los componentes que conforman el petróleo salen del horno en estado gaseoso y líquido; pasan a la torre de destilación atmosférica (3), la parte líquida de esta corriente fluye hacia el fondo, mientras se despoja con

vapor la fracción liviana restante y se extrae por el fondo como crudo reducido (4) hacia la torre de destilación al vacío.

Los vapores ascienden hacia la cabeza de la torre y mediante un reflujo en contracorriente de los componentes condensados se regulan los puntos de destilación y densidad de las siguientes corrientes laterales.

El orden de los productos en la torre, llendo de abajo hacia arriba, esto es, de más pesados a los más livianos es:

- El crudo reducido, del cual, con el proceso de destilación atmosférica ya no se le puede extraer más liviano, es llevado a la torre de destilación al vacío.(4).
- El diesel oil, sale de la torre (7) y pasa a un despojador, en donde el producto ya estabilizado precipita al fondo del recipiente, mientras que en contra flujo se hace circular vapor con la finalidad de retornar a la torre aquella parte de producto que contiene cadenas livianas y que más adelante será extraído con otro nombre.

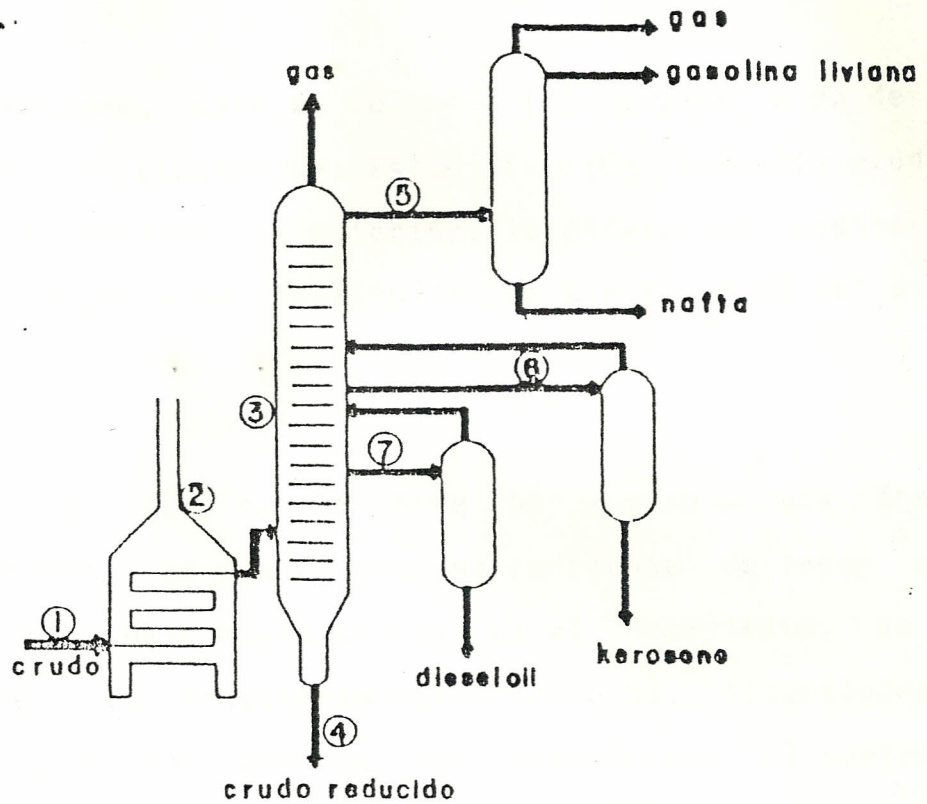


GRAFICO N° 1

UNIDAD DE DESTILACION ATMOSFERICA

UNIDAD DE DESTILACION ATMOSFERICA

El petróleo (1) se calienta en el horno de crudo (2) a 368°C aproximadamente y cada uno de los componentes del petróleo que se volatilizan se transforman al estado gaseoso. La mezcla de líquidos y de gases que salen del horno de crudo se descargan en la torre de destilación atmosférica (3), la parte líquida de esta corriente fluye hacia abajo, mientras se despoja con vapor de la fracción liviana residual y se extrae por el fondo como crudo reducido (4) hacia la torre de destilación al vacío. Los vapores ascienden hacia la cabeza de la torre y mediante un resflujo en contracorriente de los componentes condensados se regulan los puntos de destilación y densidad de las siguientes corrientes laterales: gasolina (5), kerosene (6) y diesel (7).

- El kerosene, sale de la torre (6) y pasa a un despo  
ñador. El proceso de estabilización para este produc  
to, es similar al anterior, la diferencia radica en  
que su punto de ebullición es menor que el del die-  
sel.

- La nafta, sale de la torre (5) y pasa a una frac-  
cionadora, en donde con una corriente de vapor que  
fluye de abajo hacia arriba en el recipiente, se -  
produce el fraccionamiento de ésta, obteniéndose  
tres productos que se los conoce con el nombre -  
de nafta liviana, que no son otra cosa que gasolinas  
inestables y de bajo octanaje. Como tercer produc-  
to de este fraccionamiento se obtiene en el domo -  
de esta torre gas, pasándolo a estado líquido tomará  
el nombre de gas licuado de petróleo más conocido  
en refinería como L.P.G.

#### IMPORTANCIA DEL EQUIPO EN LA PLANTA.-

Los fondos de la columna de destilación atmosférica,  
(crudo reducido) son también aprovechados con el pro  
pósito de maximizar la producción de combustibles li  
geros del petróleo.

El crudo reducido es bombeado al horno(1) de vacío - donde se recaliente hasta la temperatura de 400°C. Luego pasa a la torre de vacío; como su nombre lo indica, ésta posee una presión interna de 20.3 mm Hg a; el objetivo de esta baja presión está en minimizar la temperatura requerida en la destilación y así evitar la descomposición térmica.

Los productos de la unidad son los gasóleos livianos y pesados que sirven de carga para la unidad de de sintegración catálica.

Los fondos de la unidad de vacío son enviados como alimentación a la unidad reductora de viscosidad y a la unidad de oxidación de asfaltos, la importancia de la planta, radica en que, de no existir esta, los fondos de la destilación atmosférica, tendrían que ser desechados, o en su defecto, utilizarlos como asfalto. Tres unidades quedarían sin carga con la consiguiente pérdida económica para el país.

Para tener una referencia cuantitativa de las pérdidas, la unidad de desintegración catálica, que se abastece de la producción de la unidad de vacío y refinando este producto genera 70'000.000 de sures diarios.

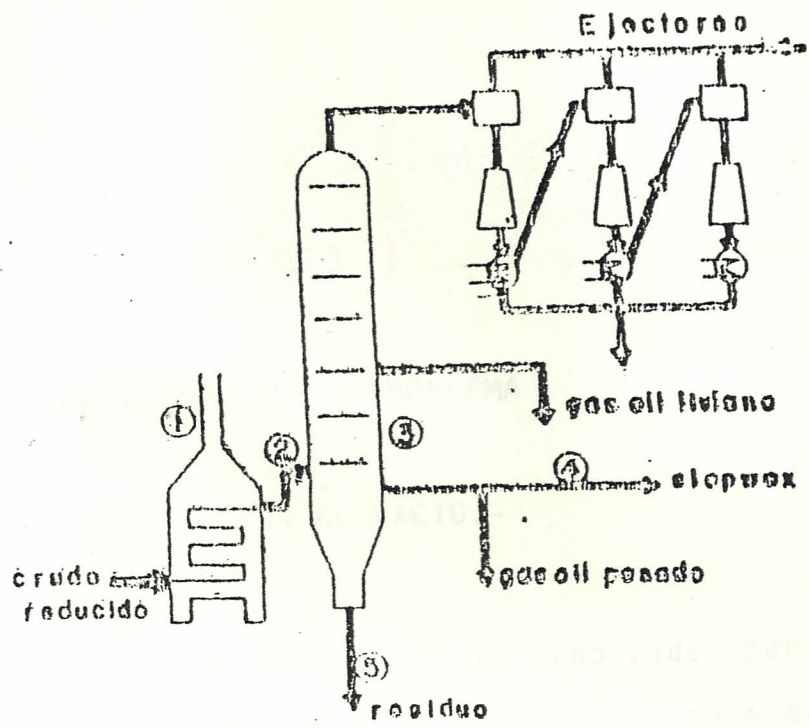


GRAFICO Nº 2

UNIDAD DE DESTILACION AL VACIO

UNIDAD DE DESTILACION AL VACIO

La fracción líquida del petróleo que se acumula en el fondo de la torre de destilación atmosférica, se bombea a la torre de destilación al vacío (2) pero previamente se recalienta en un segundo horno (1) a la temperatura de 400°C. La presión interna es de 20-30 mm. Hg. La destilación al vacío separa nuevamente los productos que contienen hidrocarburos pesados cuyas temperaturas de ebullición son superiores a las de cracking y sirve para preparar la carga de la unidad de cracking catalítico, visbreaking y asfaltos. Los productos que se obtienen son gas oils liviano y pesado (3) que van a la unidad de cracking catalítico, un corte de slp wax que sirve para regular la operación de la unidad (4) y el residuo propiamente dicho (5) se bombea a las unidades de reducción de viscosidad (visbreaking) y asfaltos.



## CAPITULO I

### DEFINICION DEL PROBLEMA

#### 1.1 EQUIPO DE DESTILACION AL VACIO.-

En la torre el vacío puede ser producido por bombas de gas recíprocante o rotatoria, pero en Refinería se usa bombas de vacío de chorro de vapor más comúnmente llamados eyectores.

En un eyector el vapor es inyectado a altas velocidades a través de una boquilla especialmente -diseñada y transfiere suficiente energía a los gases desde el cabezal de succión para entrar luego en el difusor en la primera etapa del cabezal de descarga.

Con la finalidad de aumentar el vacío, los gases extraídos de la torre son condensados en un intercambiador primario (V-J1-E1) y junto con el agua procedente del vapor son drenados por su parte interior a través de unas tuberías (que se las denomina piernas barométricas) hacia un recipiente cerrado,

siendo este último el encargado de mantener el vacío en el sistema.

Para dar mayor facilidad a la generación de vacío, estabilización del sistema y de los productos, dos equipos similares y de menor capacidad al primero se encuentran instalados en serie.

Los vapores que no pudieron ser condensados en el intercambiador primario son succionados por otro sistema tobera-difusor y condensados en un intercambiador secundario. Así mismo, los vapores que no alcanzaron a condensarse en el intercambiador secundario, lo harán en el tercer sistema tobera-difusor intercambiador, mejorando aún más el vacío del sistema.

## 1.2 PROBLEMAS DE OPERACION.-

Existen muchas causas que ocasionan la pérdida de vacío en la planta. El presente estudio se centra en aquellas pérdidas de vacío ocasionadas por problemas en el intercambiador primario (V-J1 E1).

Como se dijo anteriormente, para mejorar el vacío los gases que son extraídos de la columna junto con el vapor proveniente de los eyectores se condensan, disminuyendo así su volumen específico para luego ser drenados por el fondo.

Una disminución del flujo de agua de enfriamiento a través de los tubos del condensador, ya sea por falla del sistema de agua de enfriamiento o por obstrucción de los tubos, evitada la correcta condensación de vapores aumentando de esta manera la presión en el intercambiador, llegando en ciertas ocasiones a crear una contrapresión con el respectivo presionamiento de la torre.

La rotura de tubos inundará el intercambiador, reduciendo de esta manera el área de transferencia de calor y a su vez por efecto de la presión del sistema de agua de enfriamiento ocasionará un contraflujo hacia la torre: (Ver Foto 1.2.1).

Espesores muy delgados en la carcasa del equipo, llegaría a ocasionar un colapso en el intercambiador.

Todas estas causas crean problemas operacionales

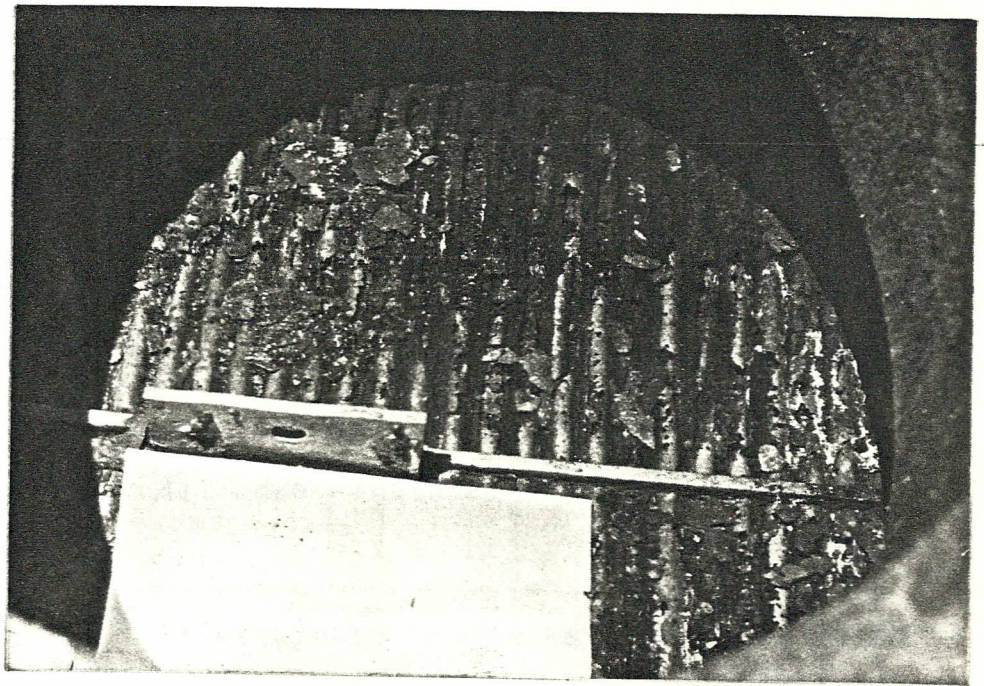


FIGURA 1.2.1.- La fotografía muestra la destrucción excesiva de los tubos.

que inestabilizan el sistema de vacío, afectan la calidad de los productos y generalmente obligan a parar la unidad.

### 1.3 METODOS DE INSPECCION.-

#### 1.3.1 Rotura de tubos.-

Con la finalidad de detectar la existencia de tubos rotos se hacen análisis del agua del recipiente que recoge todos los condensados, si se detecta la existencia de cromatos (Cr O7), en cualquier proporción se tendría la certeza de que hay tubos rotos, ya que estos químicos son propios del agua tratada.

El siguiente paso es parar totalmente la unidad y abrir los tres intercambiadores para hacerles una prueba hidrostática y taponar todos aquellos tubos que se encuentran rotos.

El fabricante de equipo recomienda que la prueba hidrostática se la realice con una

presión de 1.5 veces, la presión de diseño siendo estas últimas 20 psig lado carcaza y 75 psig lado tubos.

#### 1.3.2 Corrosión de la carcaza.-

A pesar de que existe un sistema de desalado, una cantidad de éstas pasa en el crudo al proceso.

Estas sales con la ayuda de la alta temperatura y el vapor de los eyectores de la planta de vacío se transforma en ácido clorhídrico. También se forma ácido sulfídrico (SH<sub>2</sub>) formado por el azufre que contiene el petróleo.

La corrosión producida en este equipo se debe en su mayor parte a los ácidos ya mencionados, los cuales atacan los materiales del intercambiador teniendo mayor acción sobre la carcaza, la cual es de planchas de acero al carbono. (ASTM A283).

#### 1.4 CONDICIONES LIMITES DE OPERACION.-

Generalmente, un intercambiador de calor viene diseñada con un 15% de capacidad adicional, con la finalidad de prever roturas prematuras de tubos, pudiendo ser estos por falla de materiales de los mismos, o tubos que pudieron haber quedado lesionados durante el proceso de expansión.

De acuerdo a experiencias se ha determinado que un equipo puede operar con un 10% de tubos taponados por paso. Esto nos da un índice que el V-J1-E1 podía trabajar con 130 tubos menos, sin embargo salió de servicio con 400 tubos taponados.

Esto se debió a que el equipo tenía una capacidad de procesamiento de 28500 BPD, mientras que la planta se la peraba a 70% de esta capacidad. La operabilidad el equipo de vacío (eyectores, difusor e intercambiador) depende fundamentalmente del buen estado de cada una de sus partes.

Si el eyector se encuentra desgastado, el vapor no tendrá la suficiente energía cinética, capaz de extraer los gases de la torre.

Si el intercambiador se encuentra en mal estado (tubos, taponados o rotos) pierde capacidad de condensación.



## CAPITULO II

### ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Luego de los múltiples taponamientos de tubos rotos - que se realizó en este equipo, comenzó a perder capa cidad de condensación y consecuentemente capacidad de vacío para la torre de esta unidad. Esta situación obligó a una reunión del cuerpo técnico de Refinería - conformado por ingenieros de procesos, operación y man tenimiento, con la finalidad de exponer, analizar y decidir que acciones se debían tomar.

Las primeras alternativas expuestas fueron la sustitu ción del equipo por uno nuevo y otra fue construcción del equipo.

#### 2.1 SUSTITUCION DEL EQUIPO.-

La alternativa propuesta de sustitución del equi po provino de los usuarios (ingenieros de operación junto con los de procesos) que sentían los efectos del equipo en malas condiciones, pérdida de vacío en -

la torre, producto fuera de especificación y disminución de la producción.

Cabe resaltar que el equipo tenía ya trece años de operación todas estas razones eran suficientes para la adquisición de un equipo nuevo.

Consultas realizadas con la compañía fabricante de estos equipos (GRAHAM MANUFACTURING Co, INC) exponían que dicho equipo no tenían en stock, ya que se los fabrica de acuerdo a pedido.

La fabricación del equipo y entrega en Refinería demandaba un tiempo de 100 días.

El costo del equipo puesto en Refinería sería de US\$111.069.

## 2.2 CONSTRUCCION DEL EQUIPO.-

La alternativa propuesta por mantenimiento era la de construir un intercambiador de iguales características usando las posibles partes que se encontrarán en buen estado, principalmente los espejos, de los cuales se tienen el 90% de posibi

lidades de su buen estado, resultado de las inspecciones realizadas en paros anteriores.

Analizando la existencia de materiales en bodega general de repuestos se encontró que se tenía todo lo necesario, ya que se había solicitado con anterioridad previniendo este daño.

El tiempo máximo estimado de entrega del equipo era de 90 días. El costo estimado del equipo era de US\$70.000.

Mantenimiento sostenía el criterio de construir el intercambiador en Refinería garantizando su eficiencia ya que trabajos similares habían sido realizados pero de menor magnitud con óptimos resultados.

Este trabajo daría como resultado un avance tecnológico al cuerpo técnico de mantenimiento además de una proyección al diseño y construcción de equipos que mejoran y satisfagan los requerimientos de los procesos de Refinería Esmeraldas.

### 2.3 SUSTITUCION Y CONSTRUCCION.-

Por las condiciones de operación, el tiempo de servicio del intercambiador, el tiempo de entrega en Refinería del mismo comparado con el tiempo estimativo de reconstrucción, se decidió adquirir un nuevo intercambiador a la compañía GRAHAN MANUFACTURING Co. INC., de iguales condiciones que el anterior.

Se decidió también construir el equipo con la finalidad de entrar en una nueva etapa de avance tecnológico. De este trabajo se obtendrá la experiencia necesaria del detalle de la construcción del intercambiador.

### CAPITULO III

#### SOLUCION DEL PROBLEMA

El intercambiador V-J1-E1 luego de que fue desmontado se lo llevó a los talleres de CALDERERIA Y SOLDADURA, donde se realizaría una inspección rigurosa de cada una de sus partes, para determinar que elementos podrían ser utilizados para la construcción de uno nuevo. Se procedió a desarmar el equipo, y se observó - que los espejos estaban en buen estado.

Para extraer los tubos hubo que experimentar varias formas de hacerlo, para lo cual se procedió de la siguiente manera:

Se cortó segmentos de carcaza de 1.5 metro de largo - por 1.0 metros de ancho en ambos frentes del equipo, para de esta manera tener accesibilidad al interior. (Ver foto N° 3.1).

Seguidamente se procedió a cortar los tubos con una - cuchilla de interiores (TOOL CUTER 5/8" - 1") acoplada

a una pistola neumática (AIR TOOL mod: TIC 265 AIR).

Este procedimiento se lo realiza en un tiempo aproximado de 25 minutos por tubo, lo cual demandaba mucho tiempo, por lo que se optó probar otro método.

Se probó cortar los tubos con cincel y martillo, obteniéndose un mejor resultado, ya que se redujo el tiempo a aproximadamente 3 segundos por tubo. Se continuó así hasta la mitad del intercambiador donde se encontraron los tubos en mejores condiciones, de tal manera que hubo que cambiar de método.

De aquí en adelante se cortó con soldadura eléctrica utilizando electrodos AWS E 6011 de 1/8" con 460 amp., hasta la última fila.

De esta manera se consiguió retirar un espejo (primer frente).

Para extraer el haz de tubos por el otro frente, primero se realizó una limpieza química con removedor de óxido (55 gln. de DEOX 11), el cual se lo aplicó por las bridas superiores, se lo dejó actuar por 24 horas. Luego se lo lavó.

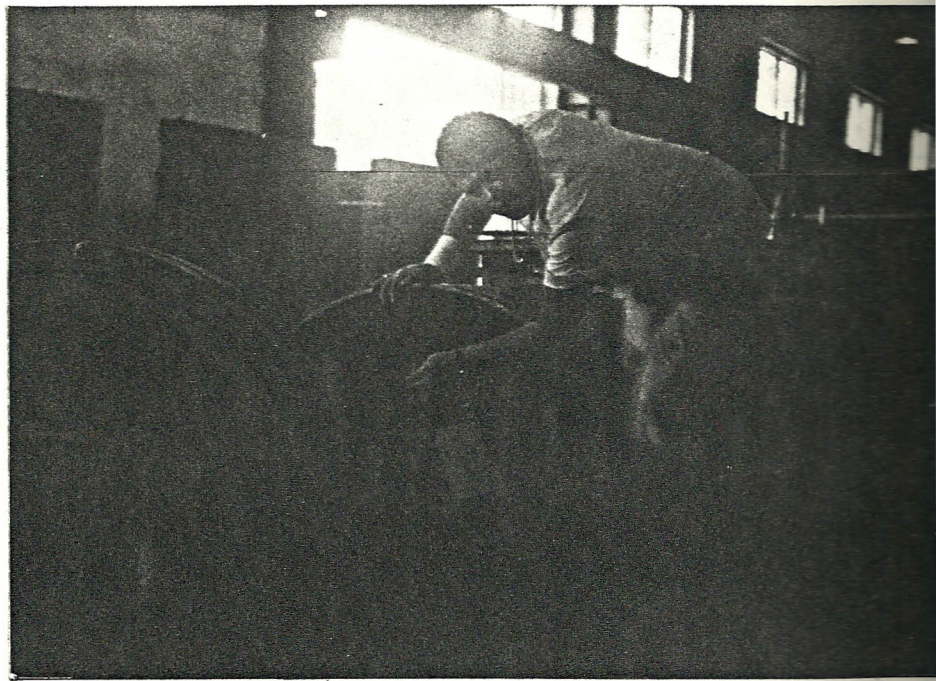


FOTO 3.1.- Corte realizado en la carcasa del intercambiador V-J1-E1 que permitiría accesibilidad al interior.

Una vez limpio se instaló cuatro apoyos en los bordes del espejo espaciados  $90^\circ$  que servirían para que con cuatro tirantes amarrados a una grúa por un lado, y por el otro lado otra grúa amarrada a la carcaza, retirar definitivamente el haz de tubos. (Ver fotos N° 3.2 y 3.3).

### 3.1 EVALUACION DE PARTES UTILES.-

Una vez desarmado el equipo, se hizo una inspección visual de los espejos encontrándose en muy buen estado, ya que se notaba claramente el trabajo mecánico original. Para constatar el buen estado de éstos, se les hizo ensayo de tintas penetrantes en los alojamientos de los tubos.

Los baffles fueron sometidos a las mismas pruebas, encontrándose también en óptimas condiciones.

EL DEPARTAMENTO DE INSPECCION TECNICA hizo también una evaluación de la carcaza, para esto se midió espesores con equipo de ultrasonidos obteniéndose los siguientes resultados:

RESULTADOS DE MEDICION DE ESPESORES DE LA CARCAZA -  
DEL V-J1-E1:



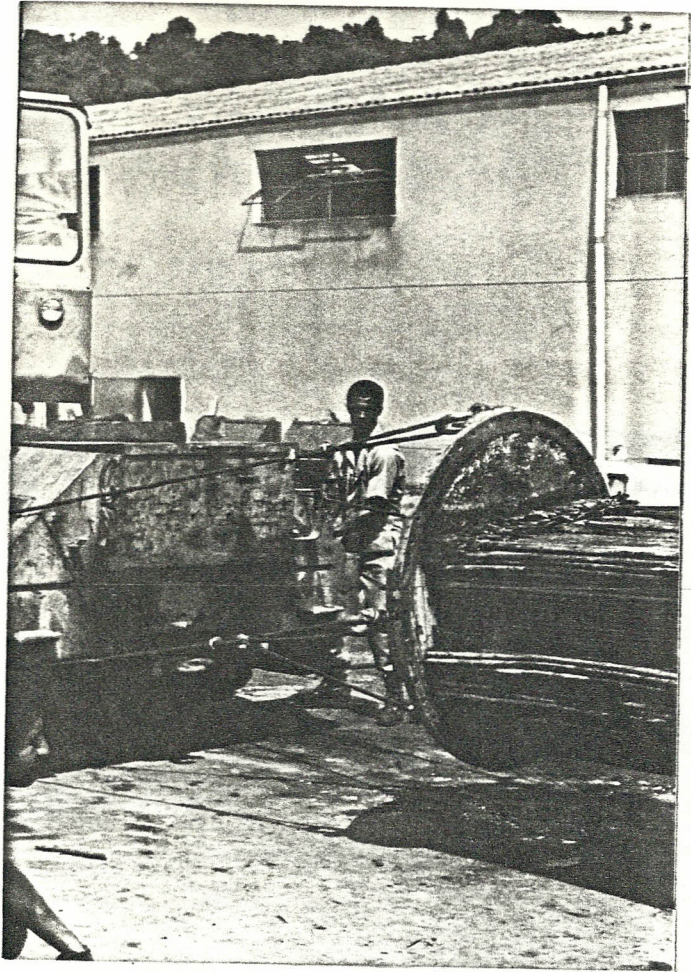


FOTO N° 3.2.- Sujección de espejo en 4 apoyos que servirían para retirar el haz de tubos.

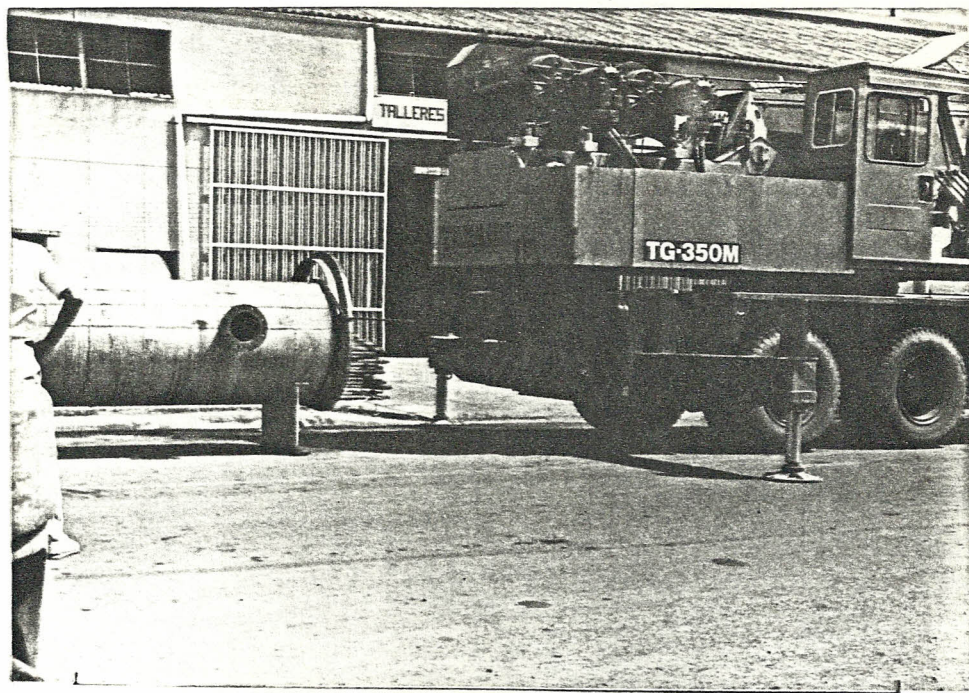


FOTO N° 3.3.- Sujección del intercambiador de uno de sus extremos para poder retirar el haz de tubos.

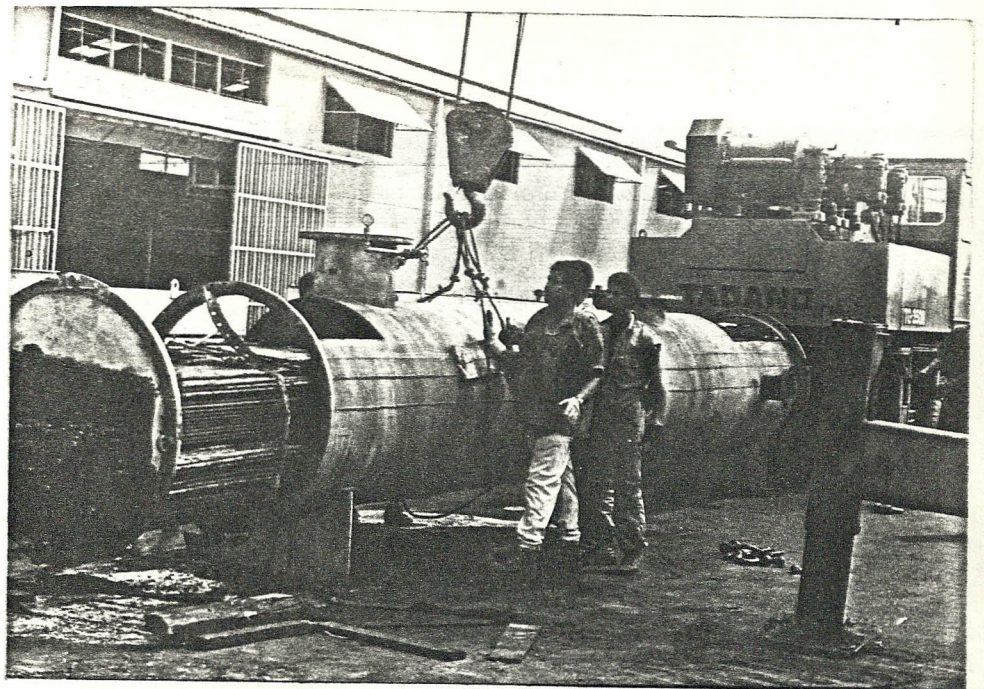


FOTO N° 3.4.- El intercambiador es ligeramente golpeado contra el piso para ocasionar desprendimiento de óxido dentro de la carcasa ya que impide el retiro del haz de tubos.

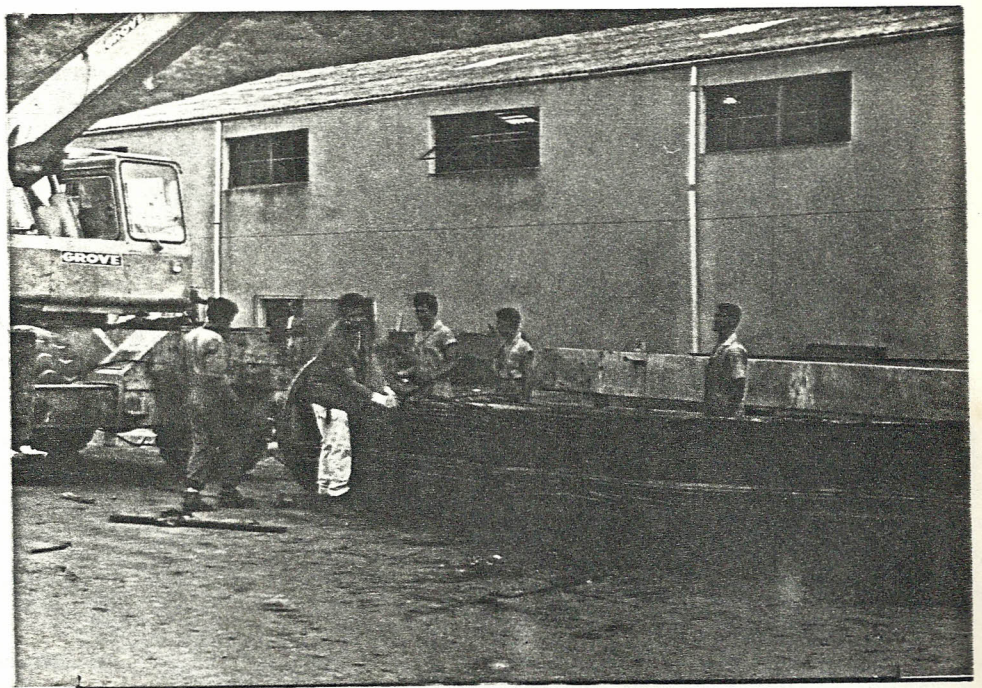


FOTO N° 3.5.- El haz de tubos ha sido retirado. Claramente se puede observar el estado de deterioro en - que se encontraba.

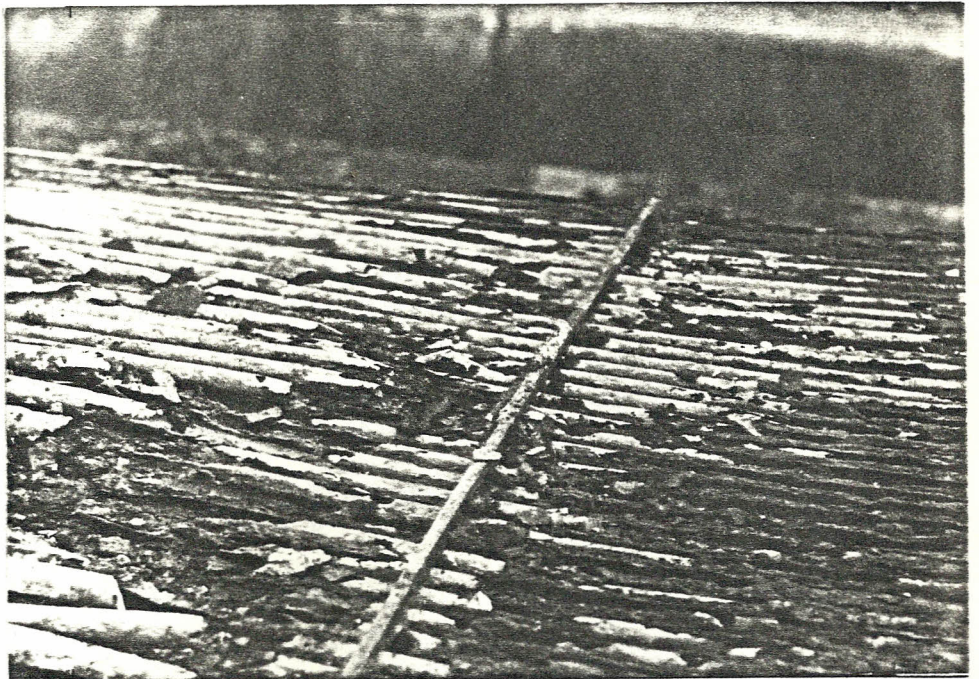


FOTO N° 3.6.- Esta fotografía evidencia la total destrucción de los tubos.

a) Espesor original = 12.7 mm

b) Espesor mínimo: este se calcula según el procedimiento indicado en el Código ASME, Sección VIII, División I, Parte UG-28:

- L (Longitud de la carcaza) = 7314.2 mm
- De (diámetro externo de la carcaza). = 1143.0 mm
- P (presión de diseño externa). = 14.7 psia
- T (temperatura de diseño) = 350.0°F
- t (espesor mínimo asumido) = 9.1 mm
- L/De = 6.4
- De/t = 125.0
- B (valor obtenido en la Figura USC-28.2 a partir de los parámetros L/De, De/t, T). = 1900.0
- Pa = B. t/De (máxima presión de trabajo permisible). = 15.2 psia
- Condición para aceptar el valor de t: Pa  $\geq$  P = Pa  $\geq$  P
- t (espesor mínimo) = 9.1 mm

c) Resultados de la medición

Atendiendo a los resultados obtenidos se puede estimar que aproximadamente un 70% de la superficie de la carcaza presentó problemas críticos de

disminución de espesor de la pared metálica. Por consiguiente, no sería recomendable reutilizar la carcaza en el proceso de recuperación del equipo V-J1-E1. (Ver Anexo A).

### 3.2 CONSTRUCCION DE LA CARCAZA.-

El tiempo de operación del equipo (14 años) fue un factor decisivo en la selección de materiales; por lo que se utilizó aquellos recomendados por la Compañía fabricante del equipo.

Para la carcaza se utilizó acero A 283 con 1/2" de espesor.

Los tubos que se usaron fueron de admiralty de -  
diámetro = 3/4" y BWG 16 AUG.

Una vez seleccionado el material, se procedió a determinar la cantidad necesaria que se requería para la construcción del intercambiador, esto es, planchas de acero, bridas, cuellos para bridas, etc.

Para esto fue necesario la realización de un pla-

THREE

STAGE STEAM JET EJECTOR PERFORMANCE (\*)

ABSOLUTE PRESSURE MAINTAINED AT EJECTOR SUCTION INLET 15.0 MM OF MERCURY

HANDLING OF THE FOLLOWING MATERIAL:

NON-CONDENSABLES	2065	#/HR.	30	M.W.	STEAM PRESSURE	150	PSIG
CONDENSABLE VAPOR		#/HR.		M.W.	STEAM TEMPERATURE	366	°F
STEAM	5000	#/HR.			WATER TEMPERATURE	95	°F

TEMP. AT SUCTION INLET 125 °F

1/3: FIRST	STAGE EJECTOR	SIZE	2340A
2/3: FIRST	STAGE EJECTOR	SIZE	4400A
	STAGE EJECTOR	SIZE	
	STAGE EJECTOR	SIZE	

MATERIAL SUCTION CHAMBER AND DIFFUSER STEEL

MATERIAL STEAM NOZZLE T-321 BRASS STAINLESS; MATERIAL STEAM CHEST FORGED STEEL

SURFACE INTERCONDENSER, SIZE 45" x 24' SURFACE 6426 SQ. FT.

GPM WATER 3750 IN 95 °F. OUT 105.13 °F. PRESSURE DROP 6.6 PSI

SHELL STEEL

TUBE SHEETS N.R.B. DESIGN PRESSURE F.V. & 20 SHELL TUBES 75

WATER CHANNEL steel HYDRO TEST PRESSURE 30 115

TUBES Inh. Admiralty 3/4 BWG 16 Avg.

1/3 & 2/3 SECOND STAGE EJECTOR SIZE 100B & 525B

MATERIAL SUCTION CHAMBER AND DIFFUSER STEEL

MATERIAL STEAM NOZZLE T-321 STAINLESS; MATERIAL STEAM CHEST FORGED STEEL

SURFACE INTERCONDENSER, SIZE 26" x 18' SURFACE 1484 SQ. FT.

GPM WATER 2450 IN 105.13 °F. OUT 109.65 °F. PRESSURE DROP 3.1 PSI

SHELL Steel

TUBE SHEETS N.R.B. DESIGN PRESSURE F.V. & 20 SHELL TUBES 75

WATER CHANNEL Steel HYDRO TEST PRESSURE 30 115

TUBES Inh. Admiralty 3/4 BWG 16 Avg.

1/3 & 2/3 THIRD STAGE EJECTOR SIZE 26C & 50C

MATERIAL SUCTION CHAMBER AND DIFFUSER STEEL

MATERIAL STEAM NOZZLE T-321 STAINLESS; MATERIAL STEAM CHEST FORGED STEEL

SURFACE AFTERCONDENSER, SIZE 18" x 14' SURFACE 604.6 SQ. FT.

GPM WATER 1300 IN 105.13 °F. OUT 115 °F. PRESSURE DROP 3.2 PSI

SHELL Steel

TUBE SHEETS N.R.B. DESIGN PRESSURE F.V. & 20 SHELL TUBES 75

WATER CHANNEL Steel HYDRO TEST PRESSURE 30 115

TUBES Inh. Admiralty 3/4 BWG 16 Avg.

GRAHAM DESIGNATION 2340A/4400A-45x24-100B/525B-26x18-26C/50C-18x1

TOTAL STEAM 23200 TOTAL WATER 3750

SHIPPING WEIGHT OF EQUIPMENT OPERATING WEIGHT OF EQUIPMENT

DRAWING NO. ENGINEER L. E. Wetzel

\*Ejectors are Twin Element (1/3 and 2/3 Capacity).

GRAHAM MANUFACTURING CO., INC.

Plant and Office: CHEMICAL ENGINEERING & CONSTRUCTION CO. LTD.  
 26 HARVESTER AVENUE, BATAVA, N.Y. 12518  
 Sales Headquarters: 170 GREAT NECK ROAD, GREAT NECK, N.Y. 11022

APPROVED AS SHOWN BY [Signature]  
 APPROVED AS NOTED BY [Signature]



THIS APPROVAL IS ONLY FOR GENERAL ARRANGEMENT AND PRINCIPLE. ALL DETAILS AND DIMENSIONS ARE THE RESPONSIBILITY OF THE USER. NONE IS RELIEVED BY THIS APPROVAL OF THE OBLIGATION TO MEET SPECIFICATIONS AND ALL OTHER TERMS AND CONDITIONS OF THE CONTRACT.

IDENT NO. 17



no del equipo en base a las medidas del equipo -  
viejo.

#### MATERIAL PARA LA CARCAZA (Ver Anexo E)

Diám. Ext.	=	1147 mm
Espesor	=	12 mm
Long.	=	7165 mm
Superficie	=	$\text{Pi} \times \text{Diam. Ext.} \times \text{Long.}$
	=	$\text{Pi} \times 1147 \times 7165$
	=	$25.82 \text{ m}^2$

#### MATERIAL PARA BRIDAS:

- Brida de 24" -150<sup>#</sup>
- Brida de 18" -150<sup>#</sup>
- Brida de 10" -150<sup>#</sup>
- Brida de 8" -150<sup>#</sup>
- Tramo de 200 mm de tubería de  $\emptyset = 24"$  CED.
- Tramo de 385 mm de tubería de  $\emptyset = 18"$  CED.
- Tramo de 190 mm de tubería de  $\emptyset = 10"$  CED.
- Tramo de 140 mm de tubería de  $\emptyset = 8"$  CED.

De acuerdo a las dimensiones de las planchas (5' x 12') se utilizó 5 planchas (una de ellas se la cortó y se utilizó 42") para cubrir toda la longitud del intercambiador.

Las planchas fueron viceladas antes de ser rola-  
das por facilidad, de acuerdo al Shielded Metal -  
Arc Process (Manual)ver Anexo B.

Terminada la carcaza se procedió a montar el -  
equipo en los apoyos del intercambiador viejo -  
que estaban en buen estado.

Se usó:

11 Kg. de electrodos E6011 5/32"

22 Kg. de electrodos E6011 1/4"

Para cortar los tubos del intercambiador viejo y -  
así poder liberar los tubos se usó 10 Kg. de elec-  
trodos E6011 1/8".

#### TRAZADO DE PLANTILLA Y CUELLOS PARA BRIDAS:

Cuando se va a insertar un cuerpo cilíndrico en -  
otro, como es el caso de los cuellos de las bri-  
das en el intercambiador, es necesario hacer el  
respectivo trazado que permita un acoplamiento de  
las partes, con la finalidad de que las bridas -  
queden alineadas, de esta manera se consigue -

también ahorrar soldadura, ya que no hay espacios libres que rellenar.

Luego de realizado los cálculos respectivos se obtuvieron los parámetros siguientes (los cálculos están en el Anexo D).

#### ALTURAS QUE CONFORMAN EL CUELLO DE LA BRIDA

	24"-150 <sup>#</sup> FF	18"-150 <sup>#</sup> FF	10"-150 <sup>#</sup> FF	8"-150 <sup>#</sup> FF
h0	112.30	337.47	137.51	129.44
h1	132.92	350.00	177.59	132.06
h2	176.66	372.72	185.83	137.34
h3	200.00	385.00	190.00	140.00

Dimensiones en mm. correspondientes a un cuadrante

#### DIMENSIONES QUE CONFORMAN LA PLANTILLA A SUPERPONER SOBRE EL INTERCAMBIADOR

	24"-150 <sup>#</sup> FF	18"-150 <sup>#</sup> FF	10"-150 <sup>#</sup> FF	8"-150 <sup>#</sup> FF
$\overline{aa'}$	609.60	457.20	273.10	219.10
$\overline{bb'}$	642.72	470.26	275.75	220.45
a1= $\widehat{01}$	154.27	115.04	68.42	54.86
a2= $\widehat{02}$	274.31	202.13	119.11	95.31
a3= $\widehat{03}$	321.36	235.14	137.87	110.23
m1	263.96	197.97	118.26	94.87
m2	152.40	114.30	68.28	54.78

Dimensiones en mm.

Luego de montados los cuellos y colocadas las -  
bridas, se pintó con anticorrosiva con la finalidad  
de proteger al equipo de la oxidación ocasionada por el producto y la acción de la temperatura.

### 3.3 ENSAMBLAJE.-

Una vez terminada la construcción de la carcaza se procedió a ensamblar los distintos elementos que constituyen el intercambiador.

Primero se alineó los 5 baffles espaciados 1.2 metros con sus guías. Estas se sujetan por un frente al espejo. El otro extremo de la guía se lo sujeta al último baffle, que se encuentra a 1.2 metros del otro espejo.

Luego se procede a nivelar el equipo con la finalidad de darles perpendicularidad a los baffles, para que al pasar los tubos no halla interferencia con los mismos. La importancia de esta alineación involucra directamente a los espejos, los que deben estar correctamente colocados porque será en ellos donde se fijarán los tubos mediante la expansión.

Antes de colocar los tubos se los limpia cuidadosamente para eliminar la grasa de protección con que vienen de fábrica. Luego se monta los tubos a través de los espejos y baffles.

Luego de que se pasa la primera fila inferior, se expande los tubos en ambos extremos, repitiéndose este procedimiento hasta la última fila.

#### PROCEDIMIENTO DE EXPANSION:

Una vez determinado el diámetro interior del tubo, se procede a fijarlos con un expansor (AIRE TOOL mod: 1223;  $\emptyset = 3/4"$ ) adaptado a una pistola neumática (AIRE TOOL mod: 850 - 600; 1250 RPM; 7 Kg/cm<sup>2</sup>).

La pistola neumática tiene un regulador de aire.

La regulación de la pistola se la realizó en forma práctica. Se comenzó con poco paso de aire, hasta que se detuvo, si la medición es la que se desea, la regulación de la pistola es la efectiva, sino, se aumenta el paso de aire hasta lograr el diámetro final expandido.

100°C, por lo tanto, los esfuerzos térmicos y las dilataciones serán soportadas por la resina epóxica.

#### CALCULO DEL DIAMETRO INTERIOR DEL TUBO EXPANDIDO:

La compañía INDUSTRIAL TOOL DIVISION, recomienda reducir el espesor de la pared de los tubos en un 8%; esto nos dará un diámetro interior final de los tubos que se lo calcula de la siguiente manera:

$\emptyset$  esp. = Diám. de agujero del espejo. = 19.7 mm

$\emptyset$  o = Diám. ext. del tubo = 19.4 mm

$\emptyset$  i = Diám. int. del tubo = 14.4 mm

$\emptyset$  f.exp = Diám. final expandido = 15.1 mm

= Porcentaje de reducción en paredes del tubo. = 8.0%

- Espesor del tubo =  $(\emptyset_o - \emptyset_i) / 2$

- % de reducción de pared del tubo. =  $(\% / 100) (\emptyset_o - \emptyset_i) / 2$

- Espesor final de pared =  $((\emptyset_o - \emptyset_i) \cdot \% / 100) / 2$   
=  $((\emptyset_o - \emptyset_i) (1 - \% / 100)) / 2$

- Diam. final exp. =  $\emptyset$  esp -  $2 ((\emptyset_o - \emptyset_i) (1 - \% / 100)) / 2$

$$\emptyset \text{ f. exp} = \emptyset \text{ esp} - ((\emptyset_o - \emptyset_i) (1 - \% / 100))$$

#### 3.4 CONTROL DE CALIDAD.-

Una vez terminado el ensamblaje del intercambiador V-J1-E1 se le realizó el control de calidad. Para esto se le hizo una prueba hidrostática de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y que consistió en llenar el equipo con agua por el lado tubos y elevar la presión a 115 Psig de no existir caída de presión, la cual se registraría en un manómetro, se tendría la certeza de que los tubos estarían en óptimas condiciones.

Igual procedimiento se realizó para el lado carcaza aquí la presión de prueba era de 30 Psig.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del estudio realizado se determinó que los agentes - que aceleran el proceso de corrosión en el V-J1-E1 - son las sales que arrastra consigo el crudo.

Por lo tanto, se debería estudiar la posibilidad de - mejorar el sistema de desalado, o en su defecto aumentar el tiempo de residencia del crudo en las desaladoras.

La alternativa de solución adoptada definitivamente - resultó ser la más acertada, ya que la adquisición de un nuevo equipo daría la seguridad necesaria a los - usuarios de que aquel intercambiador no presentaría problemas durante la operación.

La construcción de un equipo en Refinería Esmeraldas - abriría las puertas al diseño y construcción de equi - pos acorde con las necesidades de un determinado - proceso. Lo que es más importante el avance tecno - lógico que representa para el país. Sería convenien - te que se organice un plan de capacitación para es -



pecializar a los técnicos de esta área, con la finalidad de que los próximos trabajos generen equipos más eficientes en un menor tiempo y con los materiales más apropiados.

Otro punto a considerar es el ahorro de divisas que se genera para el país. El costo del equipo puesto en Refinería fue de US\$111.069 mientras que la construcción del intercambiador costó US\$63,646.38 (ver - anexo C).

A N E X O S



ANEXO A

COMPAÑIA ECUATORIANA DE PETROLO  
CORPORACION ESTATAL PETROLERA ECUATORIANA  
REFINERIA ESMERALDAS

INFORME DE LA MEDICION DE ESPESORES DE PARED METALICA A LA CARCAZA DEL  
INTERCONDENSADOR PRIMARIO (VJ1-E1) DEL EQUIPO PRODUCTOR DE VACIO.

ANTECEDENTES.

En atención al Memo. Interno N° 31-DTE-MAE-CSE-89, en marzo y abril del presente año se procede a medir los espesores de pared metálica a la carcaza del equipo mencionado (el cual se encontraba depositado en el taller de Soldadura y Calderería) con el fin de establecer su posible reutilización en el proceso de recuperación del equipo.

RESULTADOS DE LA MEDICION.

- a) Espesor original: 12,7 mm
- b) Espesor mínimo: éste se calcula según el procedimiento indicado en el Código ASME, Sección VIII, División I, Parte UG-28:
- L (longitud de la carcaza) = 7315,2 mm
  - De (diámetro externo de la carcaza) = 1143 mm
  - P (presión de diseño externa) = 14,7 psia
  - T (temperatura de diseño) = 350 °F
  - t (espesor mínimo asumido) = 9,1 mm
  - L/De = 6,4
  - De/t = 125
  - B (valor obtenido en la Fig. UCS-28.2 a partir de los parámetros L/De, De/t, T) = 1900
  - Pa = B.t/De (máxima presión de trabajo permisible) = 15,2 psia
  - Condición para aceptar el valor de t: Pa ≥ P
  - t (espesor mínimo) = 9,1 mm
- c) Resultados de la medición:
- En el Anexo N° 1 se indican los puntos de zonas que presentaron es pesosores de pared metálica menores al espesor mínimo requerido.
  - Existieron otros puntos que presentaban socavaduras, picaduras y desgaste del material, los cuales no pudieron ser cuantificados de bido a que presentaban dificultades para la operación del equipo medidor de espesores.



CORPORACION ESTATAL PETROLERA ECUATORIANA  
REFINERIA ESMERALDAS

CONCLUSIONES.

Atendiendo a los resultados obtenidos (cuantificados o no) se puede estimar que aproximadamente un 70% de la superficie total de la carcaza presentaron problemas críticos de disminución de espesor de la pared metálica. Por consiguiente, sería recomendable no reutilizar la carcaza en el proceso de recuperación del equipo VJ1-E1.

ING. EDUARDO VILLACRES P.

Esmeraldas, 29 de agosto de 1989.

REFINERIA ESTATAL PETROLERA ECUATORIANA

ANEXO N° 1. PUNTOS CON ESPESORES MENORES AL MINIMO REQUERIDO (en mm)  
EN LA CARCAZA DEL INTERCONDENSADOR PRIMARIO, VJ1-E1.

<u>ZONA</u>	<u>PUNTO</u>	<u>ESPESORES</u>											
A	1	6,9	7,2	7,5	7,7								
	2	7,2	7,6	7,4	7,8								
	3	6,0	5,6	5,7	5,9								
B	1	6,9											
	2	7,1											
C	1	5,2											
	2	5,2											
	3	5,0	5,2	5,1	4,3	4,4							
	4	3,8	3,6	4,0									
	5	4,3	4,2										
	6	6,4	6,5	6,0	6,6								
	7	5,8	5,9	6,0									
	8	5,7	5,9	6,0	6,1								
	9	4,2	4,8	4,7	5,0								
D	1	4,8	4,7										
	2	4,6	5,0										
	3	4,6	5,3										
	4	3,5	3,4										
	6	4,3	4,4										
	7	6,2	6,0	6,4									
	8	4,3	3,7	3,6	4,5	4,7	5,1	4,6	4,1	4,2	4,4	3,8	3,9
	9	4,8	5,0	5,3									
	10	3,6	3,7	4,1									
	11	2,3	2,8	2,5	2,9	3,0	3,5	3,3	3,1	3,6			
	12	3,8	3,9	4,1	4,0	4,2	4,3						
	13	5,3	5,4	5,5									
	14	3,6	3,7	4,0									

CORPORACION ESTATAL PETROLERA ECUATORIANA

<u>ZONA</u>	<u>PUNTO</u>	<u>ESPEORES</u>									
E	1	4,8	4,7								
	2	4,8	4,6								
	3	3,1	3,0	3,2							
L	1	8,7	8,8								
	2	8,6	8,7								
	3	8,6	8,9								
M	1	8,2	8,1	8,3	8,5						
O	1	6,4	6,5	7,4	7,1	6,9	6,6	6,8	7,5	7,2	
P	1	7,5	7,1	6,4	6,3	7,8	7,4	6,8	5,9	7,2	7,9
Q	1	7,8	7,9	7,5	8,1						

DESCRIPTIVA DEL VJ1-E1

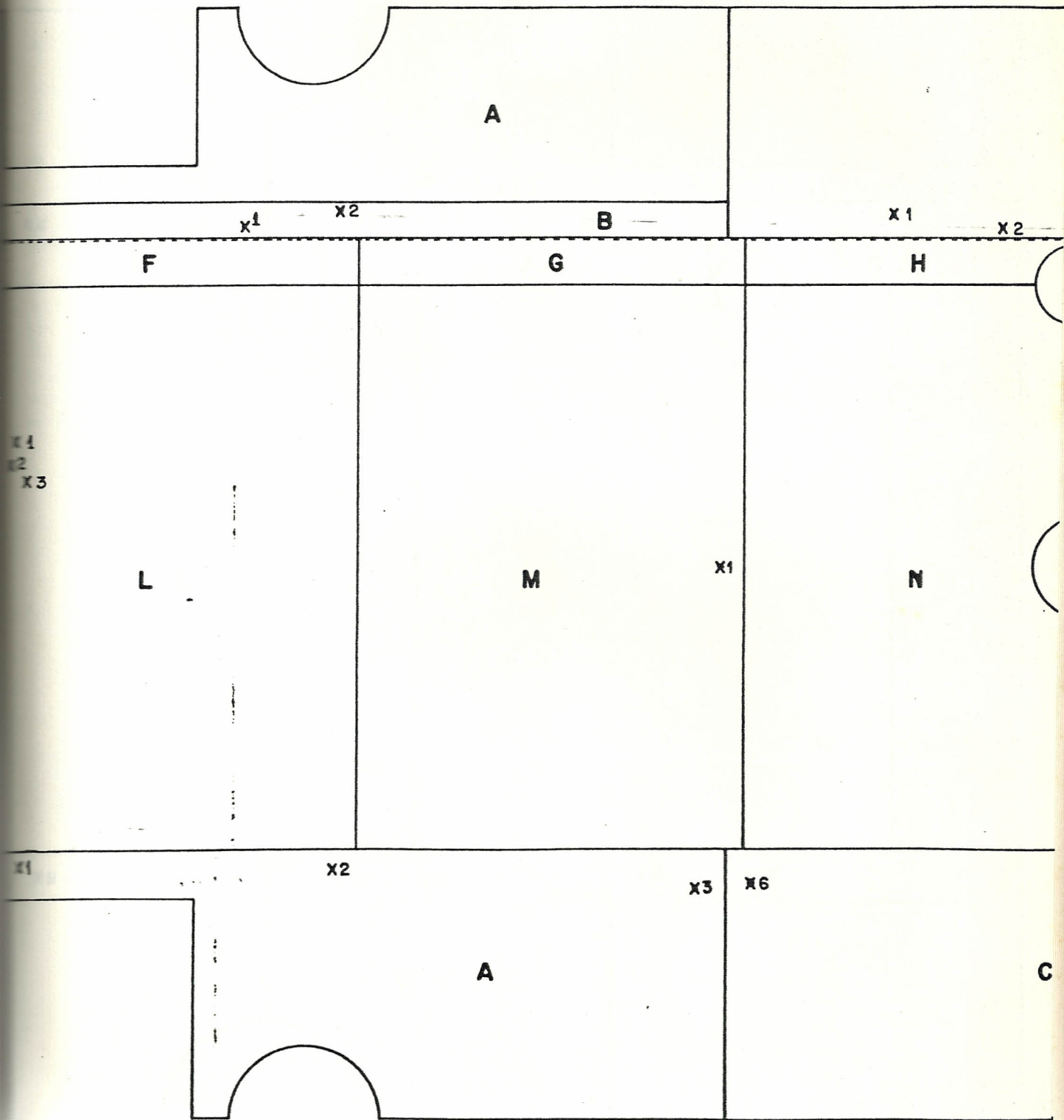
LEYENDA:

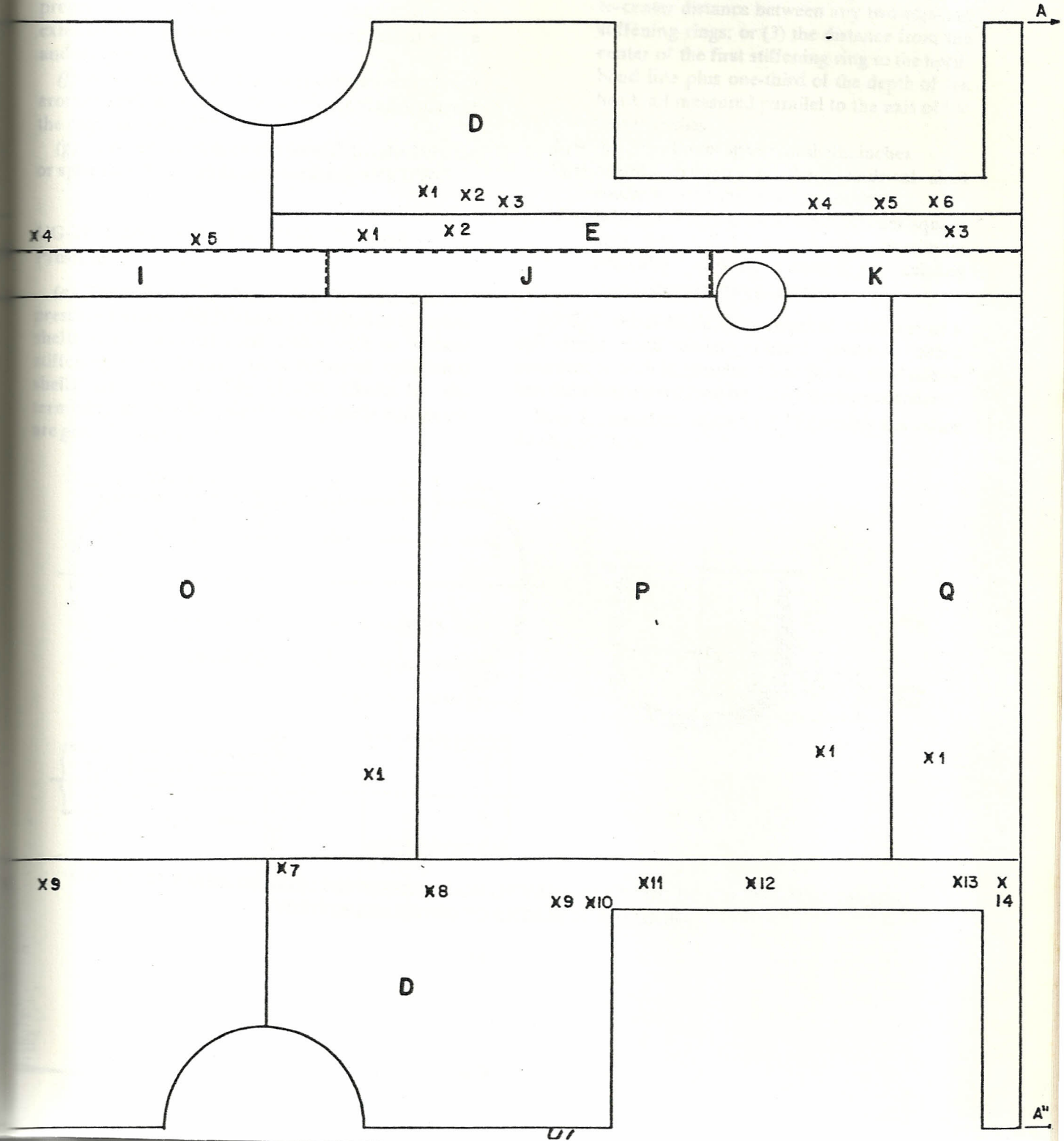
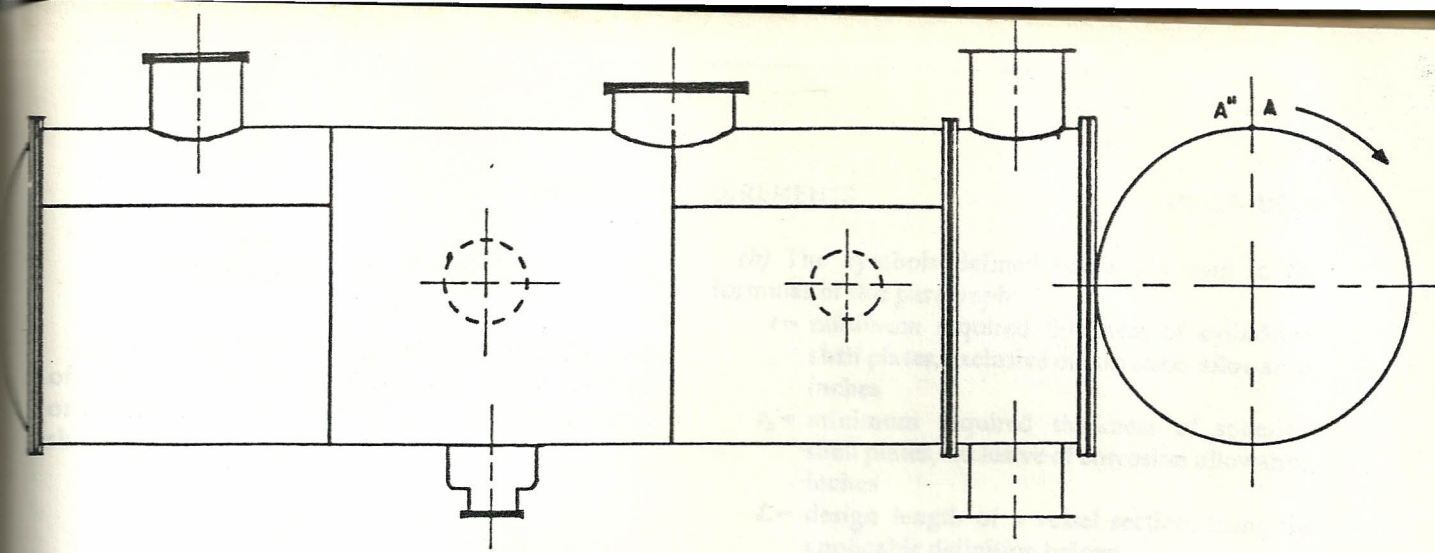
- -- SOLDADURA ORIGINAL
- - - - SOLDADURA DE REPARACION
- X -- PUNTOS CON ESPESORES BAJOS.

ZONAS:

A	F	K	P
B	G	L	Q
C	H	M	
D	I	N	
E	J	O	

DIBUJADO POR: JORGE MALDONADO.







$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P} \quad \text{or} \quad P = \frac{2SEt}{R - 0.4t} \quad (2)$$

(d) *Spherical Shells.* When the thickness of the shell of a wholly spherical vessel does not exceed 0.356 R, or P does not exceed 0.665 SE, the following formulas shall apply:

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} \quad \text{or} \quad P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$$

(e) When necessary, vessels shall be provided with stiffeners or other additional means of support to prevent overstress or large distortions under the external loadings listed in UG-22 other than pressure and temperature.

(f) A stayed jacket shell that extends completely around a cylindrical or spherical vessel shall also meet the requirements of UG-47 (c).

(g) Any reduction in thickness within a shell course or spherical shell shall be in accordance with UW-9.

**UG-28 Thickness of Shells Under External Pressure**

(a) The rules for the design of shells under external pressure given in this Division are limited to spherical shells and cylindrical shells either with or without stiffening rings. Three typical forms of cylindrical shells are shown in Fig. UG-28. Charts for determining the required thickness of shells and heads are given in Appendix V:

(b) The symbols defined below are used in the formulas of this paragraph:

$t$  = minimum required thickness of cylindrical shell plates, exclusive of corrosion allowance, inches

$t_h$  = minimum required thickness of spherical shell plates, exclusive of corrosion allowance, inches

$L$  = design length of a vessel section, using the applicable definition below:

(1) the distance between head-bend lines plus one-third of the depth of each head if there are no stiffening rings; (2) the greatest center-to-center distance between any two adjacent stiffening rings; or (3) the distance from the center of the first stiffening ring to the head-bend line plus one-third of the depth of the head, all measured parallel to the axis of the vessel, inches

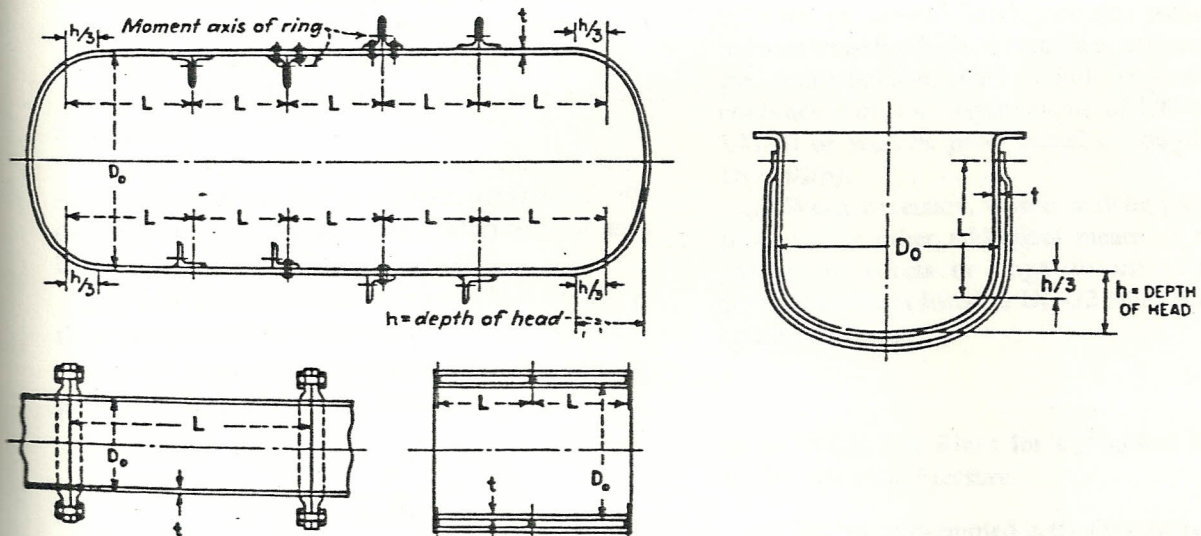
$L_1$  = inside radius of spherical shells, inches

$D_0$  = outside diameter of the cylindrical shell course under consideration, inches

$P$  = external design pressure, pounds per square inch (see UG-28(e) and (f)), (maximum allowable working pressure for existing vessels in operating position)

(c) *Cylindrical Shells.* The required thickness of a cylindrical shell under external pressure, either seamless or with longitudinal butt joints, shall not be less than that determined by the following procedure:

Step 1: Assume a value for  $t$ . Determine the ratios  $L/D_0$  and  $D_0/t$ .



**FIG. UG-28 DIAGRAMMATIC REPRESENTATION OF VARIABLES FOR DESIGN OF CYLINDRICAL VESSELS SUBJECTED TO EXTERNAL PRESSURE**

Step 2: Enter the left-hand side of the chart in Appendix V for the material under consideration at the value of  $L/D_0$  determined in Step 1.

Step 3: Move horizontally to the line representing  $D_0/t$  determined in Step 1.

Step 4: From this intersection move vertically to the material line for the design temperature (see UG-20). (For intermediate temperatures, interpolations may be made between the lines on the chart.)

Step 5: From this intersection move horizontally to the right and read the value of  $B$ .

Step 6: Compute the maximum allowable working pressure  $P_a$  by the following formula:

$$P_a = \frac{B}{D_0/t}$$

Step 7: Compare  $P_a$  with  $P$ . If  $P_a$  is smaller than  $P$  a greater value for  $t$  must be selected and the design procedure repeated until a value for  $P_a$  is obtained that is equal to or greater than  $P$ . An example illustrating the use of this procedure is given in Appendix L (UA-270 (a)).

(d) *Spherical Shells.* The required thickness of a spherical shell under external pressure, either seamless or of built-up construction with butt joints, shall not be less than that determined by the following procedure:

Step 1: Assume a value for  $t_h$ . Determine the ratios  $L_1/t_h$  and  $L_1/100t_h$ .

Step 2: Enter the left-hand side of the chart in Appendix V for the material under consideration at the value of  $L_1/100t_h$  determined in Step 1.

Step 3: Move horizontally to the line marked Sphere Line.

Step 4: From this intersection move vertically to the material line for the design temperature (see UG-20). (For intermediate temperatures, interpolations may be made between the lines on the chart.)

Step 5: From this intersection move horizontally to the right and read the value of  $B$ .

Step 6: Compute the maximum allowable working pressure  $P_a$  by the following formula:

$$P_a = \frac{B}{L_1/t_h}$$

Step 7: Compare  $P_a$  with  $P$ . If  $P_a$  is smaller than  $P$  a greater value for  $t_h$  must be selected and the design procedure repeated until a value for  $P_a$  is obtained

that is equal to or greater than  $P$ . An example illustrating the use of this procedure is given in Appendix L (UA-270(b)).

(e) The design pressure or maximum allowable working pressure shall not be less than the maximum expected difference in operating pressure that may exist between the outside and the inside of the vessel at any time.

(f) Vessels intended for service under external working pressures of 15 psi or less, which are to be stamped with the Code symbol denoting compliance with the rules for external pressure, shall be designed for a maximum allowable external pressure of 15 psi or 25 percent more than the maximum possible external pressure, whichever is smaller.

NOTE: Except as covered in UCS-66(c)(2) and UHA-51(b), a vessel which is designed and constructed to Code requirements for internal pressure and which may at times be subjected to an external pressure of 15 psi or less need not be constructed to Code requirements for the external pressure condition. Such a vessel may bear the Code symbol for the internal pressure condition.

(g) When there is a longitudinal lap joint in a cylindrical shell or any lap joint in a spherical shell under external pressure, the thickness of the shell shall be determined by the rules in this paragraph, except that  $2P$  shall be used instead of  $P$  in the calculations for the required thickness.

(h) Circumferential joints in cylindrical shells may be of any type permitted by the Code and shall be designed for the imposed loads.

(i) Those portions of pressure chambers of vessels which are subject to a collapsing pressure and which have a shape other than that of a complete circular cylinder or formed head, and also jackets of cylindrical vessels which extend over only a portion of the circumference, shall be fully staybolted in accordance with the requirements of UG-47 through UG-50 or shall be proof tested in compliance with UG-101(p).

(j) When necessary, vessels shall be provided with stiffeners or other additional means of support to prevent overstress or large distortions under the external loadings listed in UG-22 other than pressure and temperature.

#### UG-29 Stiffening Rings for Cylindrical Shells Under External Pressure

(a) Except as exempted in (f), the required moment of inertia of a circumferential stiffening ring shall not be less than that determined by one of the following two formulas:

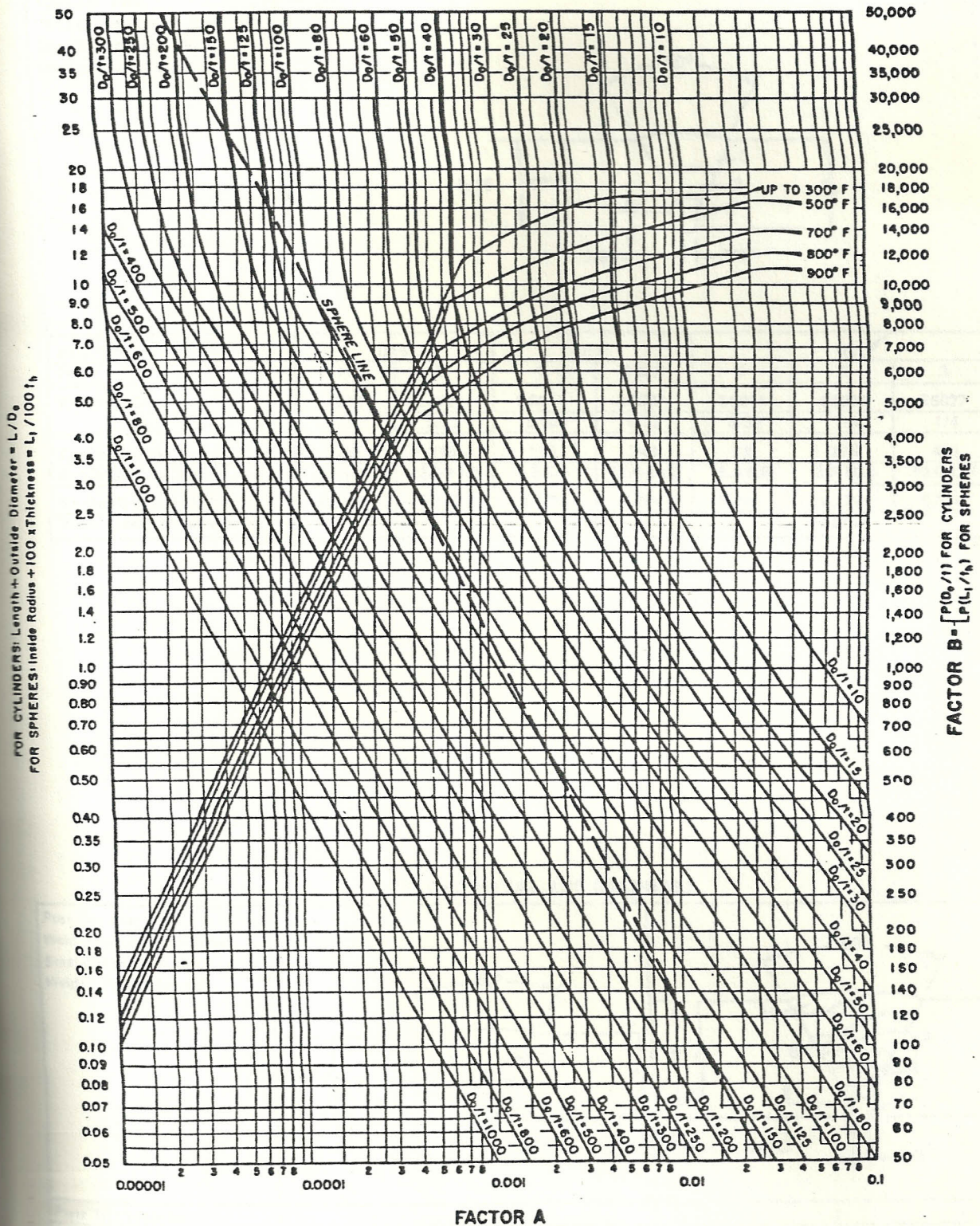


FIG. UCS-28.2 CHART FOR DETERMINING SHELL THICKNESS OF CYLINDRICAL AND SPHERICAL VESSELS UNDER EXTERNAL PRESSURE WHEN CONSTRUCTED OF CARBON STEEL (Specified Yield Strength 30,000 to 38,000 psi, inclusive) AND TYPE 405 AND TYPE 410 STAINLESS STEEL

SHIELDED METAL-ARC (MANUAL)

Position: Flat Weld Quality Level: Code Steel Weldability: Good Welded From: One side							
	Plate Thickness (in.)	5/16		3/8		1/2	
Pass	1	2	1	2 & 3	1	2	3
Electrode Class	E6011	E6027	E6011	E6027	E6011	E6011	E6027
Size	5/32	5/32	5/32	5/32	5/32	1/4	1/4
Current (amp) AC	135	240	135	240	135	275	400
Arc Speed (in./min)	5.5-6.5	12.0-14.0	5.5-6.5	12.0-14.0	5.5-6.5	8.0-10.0	10.0-12.0
Electrode Req'd (lb/ft)	0.168	0.142	0.168	0.284	0.168	0.228	0.354
Total Time (hr/ft of weld)	0.0487		0.0641		0.0717		

SHIELDED METAL-ARC (MANUAL)

Position: Flat Weld Quality Level: Code Steel Weldability: Good Welded From: One side						
	Plate Thickness (in.)	3/4			1	
Pass	1	2	3 - 6	1	2	3 - 10
Electrode Class	E6011	E6011	E6027	E6011	E6011	E6027
Size	5/32	1/4	1/4	5/32	1/4	1/4
Current (amp) AC	135	275	400	135	275	400
Arc Speed (in./min)	5.5 - 6.5	8.0 - 10.0	11.0 - 13.0	5.5 - 6.5	8.0 - 10.0	11.0 - 13.0
Electrode Req'd (lb/ft)	0.168	0.228	1.47	0.168	0.228	2.94
Total Time (hr/ft of weld)	0.122			0.189		

## ANEXO "C"

COSTO DE UN EQUIPO V-J1-E1 NUEVO; EN ESMERALDAS: 111.069  
DOLARES AMERICANOS

### GASTOS NUESTROS

- A) \* Costo de los 1364 tubos 41,943.00 dólares (\$30.75 c/u)
- \* Gastos de tramitación, transporte, aduanas, etc. 9,681.00 dólares
- \* Costo final de los tubos en Refinería. 51,624.00 dólares
- B) \* Gasto en mano de obra nacional, en la construcción de una carcaza nueva. 1'161.435,17 sucres
- \* Gasto en arenado y pintado de esa carcaza. 137.759,37 sucres\*\*
- \* Gasto en mano de obra nacional en la reparación del equipo. 4'300.000,00 sucres\*\*
- \* Gasto en otros materiales, a excepción de los tubos. 411.997,69 sucres

SUB TOTAL DE B: 6'011.192,23 sucres, aproximadamente 12.022,38 dólares.

TOTAL A + B : 51.624 + 12.022,38 = 63.646,38 dólares americanos.

\*\* *Costos aproximados*

AHORRO : 111.069 - 63.646,38 = 47.422,62 dólares

AHORRO APROXIMADO EN SUCRES (500.00 dólar) : 23'711.310,00 sucres

## ANEXO "D"

Ecuaciones para cálculo de parámetros que conforman los cuellos de las bridas y los ojos de pescado.

$$m_1 = r \cos \beta_1$$

$$m_2 = r \cos 2\beta_1$$

$$h_0 = \text{se la obtiene del plano}$$

$$h_1 = h_0 + (R - \sqrt{R^2 - m_2^2})$$

$$h_2 = h_0 + (R - \sqrt{R^2 - m_1^2})$$

$$h_3 = h_0 + (R - \sqrt{R^2 - r^2})$$

$$S = bb' = R\theta \quad (\theta \text{ en radiales})$$

De la ley del coseno

$$d_2 = R^2 + R^2 - 2RR \cos\theta$$

$$\theta = \cos^{-1} \left( 1 - \frac{d_2^2}{2R^2} \right)$$

$$\text{sen}^{-1} \frac{m_2}{R} = \theta_1$$

$$\text{sen}^{-1} \frac{m_1}{R} = \theta_2$$

$$\theta_3 = \frac{\theta}{2}$$

$$\overline{aa'} = d = 2r$$

$$\overline{bb'} = r \cos^{-1} \left( 1 - \frac{d}{2R} \right)$$

$$a_1 = \widehat{01} = R \theta_1$$

$$a_2 = \widehat{02} = R \theta_2$$

$$a_3 = \widehat{03} = R \theta_3$$

R = Radio del ducto principal

r = Radio del cilindro a ingresar

$h_0$  = Altura mínima del cuello del cilindro a ingertar

$\beta_1$  = Angulo que divide en segmentos iguales la sección del cilindro a ingertar en nuestro caso se hizo

$$\beta_1 = 30^\circ.$$



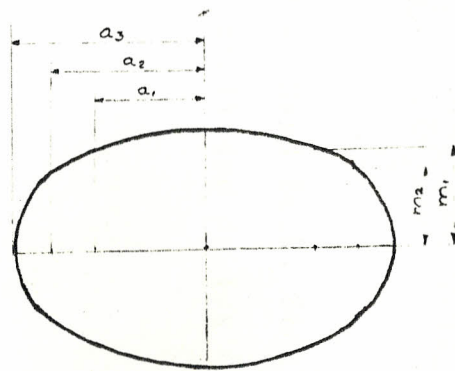


fig. E.1 Gráfica de los parámetros que conforman la plantilla para trazar los ojos de pescado

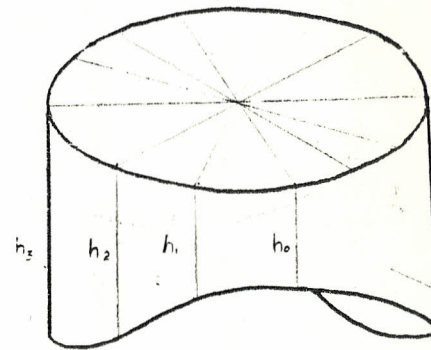


fig. E.2 Gráfica de los parámetros que conforman la base del cuello de la brida.

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

1. Manual de Operaciones Tomo # 1 (CEPE), año 1979
2. Manual ASTM, Sección 3, año 1979
3. Manual ASME, Sección II, año 1977. Especificación de Materiales, Parte A.
4. Installation, Operation And Mantinacen Manual For Shell And Tube Heat Enchangers. (Graham Co. Inc.) 1980.
5. Welding Hand Book, 6ta. Edición, Sección 4 (Metales y Soldabilidad de los mismos).