ESTUDIO DE UNA PLANTA REFINADORA DE ACEITE VEGETAL CON CAPACIDAD PARA 30 TON/DIA

TESIS DE GRADO
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO MECANICO

PRESENTADO POR

WALTER FERNANDO SALAZAR BECKER
EGRESADO DE LA
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 1973

ESTUDIO DE UNA PLANTA REFINADORA DE
ACEITE VEGETAL CON CAPACIDAD
PARA 30 TON/DIA

AUTOR: W. Salazar B.
WALTER SALAZAR BECKER

CERTIFICADO
POR
INGENIERO MECANICO
EDUARDO RIVADENEIRA P.
DIRECTOR DE TESIS

ACEPTADA
POR
INGENIERO MECANICO
FREDDY CEVALLOS
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO
DE INGENIERIA MECANICA

DECLARACION EXPRESA:

LA RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTAS EN ESTA TESIS, CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE A SU ACTOR

(ARTICULO SEXTO DEL REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES)

WALTER SALAZAR BECKER

EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE
ESTA TESIS PERTENECE A LA
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DEL LITORAL

DECLARACION EXPRESA:

LA RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS
IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTAS EN ESTA
TESIS, CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE
A SU ACTOR

(ARTICULO SEXTO DEL REGLAMENTO DE
EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES).

WALTER SALAZAR BECKER

D E D I C A T O R I A

A MI ESPOSA:

POR LA PACIENCIA Y EL APOYO QUE ME HA BRINDADO DURANTE MI VIDA ESTUDIANTIL

A MIS PADRES:

QUE INFUNDIERON EN MI EL ESPIRITU DE SUPERACION Y ME APOYARON PARA CUMPLIR MIS PROPOSITOS.

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

Mis Agradecimientos más sinceros al cuerpo docente de la Escuela Superior Politecnica del Litoral y, en especial a todos y cada uno de los que en una forma u otra me ayudaron a adquirir los conocimientos que hoy se reflejan en este trabajo.

Al Ing. Eduardo Rivadeneira P. Director de esta tesis, que me orientó durante su desarrollo.

Un Agradecimiento especial al Personal de Ventas de la Llave Cia. por la valiosa informacion técnica de sus manuales y catálogos.

Por último mi agradecimiento a la Secretaria Señorita Sonia Navarrete C. por su esmero y dedicación y sin la cual no hubiera sido posible la culminacion de este trabajo en el tiempo previsto.

S U M A R I O

CAPITULO # 1

INTRODUCCION

CAPITULO # 2

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

CAPITULO # 3

INGENIERIA DEL PROYECTO:

a.-DESCRIPCION DEL PROCESO
b.-DIAGRAMA DE FLUJO
c.-SELECCION Y ESPECIFICACION DE EQUIPOS
d.-CALCULO Y DISEÑO DEL NEUTRALIZADOR
e.-CALCULO Y DISEÑO DEL EQUIPO DE DECOLORACION
f.- CALCULO Y DISEÑO DEL EQUIPO DE DESODORIZACION
g.-OPTIMIZACION DE LA TUBERIA PRINCIPAL

CAPITULO # 4

ESTUDIO ECONOMICO

CAPITULO # 5

CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO # 6

APENDICE

NOMENCLATURA POR ORDEN DE APARICION

V= volumen

m_a= masa de aceite

m_s= masa de solución de sosa caústica

ρ_a= densidad del aceite

ρ_s= densidad de la solución de sosa caústica

h_{ct}= altura del cilindro

h_c= altura de cono

s = espesor

Di= diámetro interior

De= diámetro exterior

Ai= área interior

Ae= área exterior

ws= peso del tubo

pv= presión de vapor

u= viscosidad

u= módulo de Poisson

k= coeficiente de transferencia de calor por conducción

Cp= calor especifico

Tl= temperatura ambiente

$T2$= temperatura máxima

$\dot{m}$= flujo de masa

Re= número de Reynolds

G= flujo másico por unidad de área

A= área

Pr= número de Prandtl

h= coeficiente de transferencia de calor de película

h= entalpía

Q= calor

ΔTa= diferencia de temperatura a la entrada

ΔTb= diferencia de temperatura a la salida

Th= temperatura del fluido caliente

Tc= temperatura del fluido frio

ΔTln= temperatura media logarítmica

n= coeficiente de seguridad

Cm= carga máxima de condensado

Cc= carga de condensado

O= tiempo

Cct= carga total de condensado

fs= esfuerzo admisible

Cm= coeficiente de flección

M= momento flector

Ct= coeficiente de torque

T= Torque

d= diámetro de eje

Hp= potencia en caballos

L= largo

Kt= coeficiente de fatiga

E= eficiencia de soldadura

c= coeficiente de corrosión

W= peso

Wr, Wr', Wr''= peso del recipiente y sus elementos

P= carga máxima de co, presión

P'w= presión del viento

Fs= factor de corrección

Vw= velocidad del viento

ni= número de soportes

DBc= diámetro del círculo de pernos

I N D I C E

	Pág.
DEDICATORIA	V
DECLARACION	VI
AGRADECIMIENTO	VII
SUMARIO	VIII
NOMENCLATURA	IX
CAPITULO #1:	
Introduccion	
a)objeto	1
b)consideraciones generales	1
CAPITULO #2:	
Estudio de Factibilidad	
a)consideraciones generales	4
b)demanda actual	5
c)producción nacional	6
d)demanda futura	8
e)productos del proyecto	9
f)localizacion	9
g)comercializacion	9
h)precios	10
CAPITULO #3:	
Ingenieria del proyecto	
a)descripcion del proceso	11
b)diagrama de flujo	14
c)seleccion y especificación de equipos	15

Pág.

d)cálculo y diseño del neutralizador 22
e)cálculo y diseño del decolorador 41
f)cálculo y diseño del desodorizador 63
g)optimización de la tuberia principal de vapor 80

CAPITULO #4:

Estudio Económico

a)notas explicativas de los costos de producción 93
b)inversion fija 96
c)capital de operación 96
d)inversión total 96
e)costos de producción 97
f)costo total del producto 97
g)costo unitario 97
h)estado de pérdidas y ganancias 97
i)rentabilidad 98
j)punto de nivelación 98

CAPITULO #5:

Concluciones y recomendaciones 100

CAPITULO #6:

Apéndice 101

CAPITULO #1

INTRODUCCION:

a.- OBJETO

b.- CONSIDERACIONES GENERALES

a. - OBJETO

El objetivo principal de este estudio es demostrar la factibilidad técnico-económica de instalar una planta destinada a la refinación de aceites de origen vegetal. Tratando, en la medida de nuestras posibilidades, que el equipo para dicha refinación sea de construcción netamente nacional. Para ello se ha efectuado el cálculo y diseño de los elementos que pueden ser construidos en nuestro medio. El equipo auxiliar, que fabricarlo aquí ocacionaría grandes inversiones de capital, será importado.

b. - CONSIDERACIONES GENERALES

Los aceites crudos obtenidos por prensado, fusión o extraidos con disolventes, contienen cantidades variables de impurezas no glicéricas. Sinembargo no todas las impurezas de los aceites brutos son indeseables. Así los esteroles son incoloros, estables al calor e inertes para todos los fines prácticos; razón por la que pasan inadvertidos, a menos que estén presentes en cantidades excesivamente grandes. Los tocoferoles realizan la importante función de proteger los aceites contra la oxidación; por esta razón se pueden considerar como los oligocomponentes más importantes de los aceites. La mayoria de las restantes impurezas son indeseables, ya que tienden a intensificar el color de los aceites, a producir espumas o humos y a precipitar, cuando el aceite se calienta, en las subsiguientes operaciones del proceso.

El objeto de la neutralización y decoloración consiste en eliminar impurezas perjudiciales del aceite,

con la mínima alteración, tanto de los glicéridos, como de los tocoferoles y otras impurezas beneficiosas, así como de la mínima pérdida de aceite. El término refinación tal como se lo emplea en América, se refiere a cualquier tratamiento purificador, destinado a eliminar los ácidos grasos libres, fofátidos o productos mucilaginosos, y otras impurezas del aceite y excluye los procesos de decoloración y, tambien de desodorización. El término desodorización se emplea para el tratamiento, cuyo objeto primario es la eliminación de las trazas de compuestos que afectan el olor y el sabor y su empleo sigue normalmente a la neutralización y decoloración.

Las materias colorantes naturales son principalmente: caroteno, xantofila, clorofila. Tambien pueden estar otras materias cuya naturaleza es aún desconocida, tambien pueden ser productos de degradación de los colorantes naturales o pueden haberse formado como consecuencia del tratamiento a que se ha sometido la materia prima oleaginosa, almacenamiento inadecuado, oxidación, etc. Las semillas oleaginosas almacenadas durante un tiempo prolongado, bajo condiciones desfavorables de temperatura y humedad, y expuestas a la oxidación del aire, dan grasas coloreadas más oscuras que la semilla fresca, debido, en parte, a la deterioración de la misma grasa, en el caso, por ejemplo, de haberse formado oxiacidos grasos y, en parte, a causa también de reacciones secundarias entre las proteínas e hidratos de carbono de las gomas y los mucilagos, estos colores son difíciles de eliminar.

Las materias sápidas que pueden estar presentes en el aceite son: hidrocarburos no saturados, compuestos amargos, caratenoides, terpenos, etc. Entre los compuestos, ódorantes, formados por degradación de las grasas y sustancias que las acompañan, estan, los ácidos grasos libres, separados por hidrólisis de los glicéridos. Los ácidos grasos satu-

rados de menor peso molecular tienen un olor muy fuerte, particularmente los ácidos butírico, isovalerianico, caproico, etc.

La desodorización en la práctica consiste en la eliminación de las materias odorantes, por arrastre con una corriente de vapor, al vacio y a elevada temperatura. Bajo estas condiciones, el aceite neutro no es volátil. La presión de vapor de los compuestos odorantes es tan baja, que haría falta una temperatura muy elevada para destilarlos a presión atmosférica; de aquí la necesidad de un vacio intenso y una corriente de gas inerte para reducir la temperatura de destilación, de modo que no pueda tener lugar la descomposición de la grasa neutra. De entre todos los gases inertes, el vapor seco es el mas apropiado por su bajo costo gran volumen especffico y relativa facilidad con que puede condensarse y eliminarse del sistema; un gas inerte no condensable requerirfa una costosa maquinaria de impulsión y aspiración para su separación y recuperación.

CAPITULO # 2

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

a.-CONSIDERACIONES GENERALES

b.-DEMANDA ACTUAL

c.-PRODUCCION NACIONAL

d.-DEMANDA FUTURA

e.-PRODUCTOS DEL PROYECTO

f.-LOCALIZACION

g.-COMERCIALIZACION

h.-PRECIOS

a.- CONSIDERACIONES GENERALES.-

El proyecto tiene como idea fundamental diseñar una planta capaz de refinar 30 Ton./dia de aceite de origen vegetal para la producción de aceites de mesa, aceites para fabricar mantecas y como sub-productos tendríamos borras o soap-stok.

En nuestro país la demanda de aceites y mantecas vegetales, ha experimentado un crecimiento acelerado debido a dos causas principales: en primer lugar al bajo consumo de grasas refinadas en la alimentación diaria del pueblo, es bien conocido el hecho de que en algunas poblaciones del Ecuador se consumen aún en la actualidad grasas animales y vegetales sin refinar como son las de cerdo y coco. Es así, que para 1967, es decir, hace apenas pocos años el consumo percapita fué de apenas 3,04 kg. muy bajo si se considera que Colombia para 1966 tuvo un consumo percapita de 6,4 kg.

En segundo lugar, debemos anotar que parte de ese incremento bien acelerado de la demanda se debe al crecimiento poblacional que en nuestro medio también es acelerado.

Es interesante anotar que en la elaboración de mantecas se ha usado en forma indebida el sebo animal como materia prima, siendo esto además de inconveniente para la salud, un factor negativo para un mejor desarrollo del cultivo de oleaginosas en el país.

Sinembargo, el Banco Nacional de Fomento y las empresas privadas, en especial las fabricantes de aceites y grasas, se encuentran empeñados en incentivar el cultivo de oleaginosas, con el fin de lograr que en un futuro no muy lejano la prohibición total y definitiva de las importaciones de aceites crudos y refinados.

Es así como, en la zona de Santo Domingo de los Colorados se estima que para 1.974 los cultivos

de palma africana lleguen a las 10.000 hectáreas con una producción de 20.000 Ton, de aceite crudo. Existen además en diferentes zonas del pais cultivos de soja, maní, palma real, ajonjolí, colza, algodón y otros, que dada dia adquieren mayor importancia.

b.-<u>DEMANDA ACTUAL</u>

En 1.950, el total de la demanda de aceites y grasas comestibles fué de 5.847 Ton, habiendo correspondido 1.382 Ton. a aceites y grasas vegetales comestibles y las 4875 Ton. a manteca animal.
En 1.967, la demanda se incrementó a 25.102 Ton. de los cuales el 65% o sea 17.102 Ton. fué de aceites y mantecas vegetales. De éstas, 16.933 Ton. se elaboraron en el país y las restantes 169 correspondieron a aceites de oliva importado (no se incluye en este trabajo los aceites importados por CARE y CARITAS). El consumo percapita en ese año fué de 3,06 kg; el cual es bajo si se compara con el de otros países como Colombia, que en 1.966 tuvo un consumo de 6,40 kg. percapita.
En 1.971, la demanda se incremento aún más, a 40.251 Ton. de las cuales 32.198 Ton. correspondió a aceites y grasas comestibles de origen vegetal y se elaboraron en el país. Se importó 116 Ton. de aceite de soja refinado y 119 Ton. de aceite de oliva, habiendo una disponibilidad total de 32.433 Ton. El consumo percapita para este año fué de 6 kg, que es aún bajo si lo comparamos con los datos existentes (Ref 1) para el mismo año de los paises que integran el pacto andino, es decir:

TABLA # 1

PAIS	CONSUMO PERCAPITA EN Kg.
BOLIVIA	5, 75
ECUADOR	6
COLOMBIA	7
CHILE	9, 8
VENEZUELA	10, 5
PERU	15, 98

El promedio del consumo percapita para este año del grupo subregional andino fué de 9, 17, Como se puede apresiar a simple vista nuestro país se encuentra muy por debajo de este promedio, lo que nos indica que el mercado potencial es todavía amplio.
Es importante anotar que en caso del Perú, la razón fundamental de tan alto índice percapita se debe a que el gobierno peruano subvenciona a las industrias de aceites y grasas comestibles y a la vez le pone precios topes.

c.-PRODUCCION NACIONAL

La elaboración de aceitessy mantecas vegetales ha tenido un significativo desarrollo. Así la producción de aceites pasó de 1, 420 Ton. en 1. 960 a 3. 633 Ton. en 1. 967, con una tasa de crecimiento anual

promedio del 16,2%. La de mantecas por su parte se incremento de 4.805 Ton. a 13.300 Ton. en el período analizado, con una tasa promedia del 17,3%.

TABLA # 2

PRODUCCION NACIONAL DE ACEITES Y MANTECAS VEGETALES (en toneladas)

AÑO	ACEITE	MANTECA	TOTAL
1.960	1.420	4.805	6.225
1.961	1.553	5.974	7.527
1.962	1.821	6.435	8.256
1.963	1.757	7.367	9.123
1.964	2.973	12.000	14.973
1.965	3.103	11.000	14.103
1.966	3.589	11.300	14.889
1.967	3.633	13.330	16.933
1.968	5.500	13.675	19.175
1.969	7.900	14.000	21.900
1.970	12.000	14.400	26.400
1.971	17.312	14.886	32.198

Datos tomados del Centro de Desarrollo (CENDES) y del acta final de la primera convención de industriales de aceites y grasas del área andina. Lima-Perú, 8 al 10 de marzo de 1.972.

En el pais operan siete plantas en la fabricación de aceites y mantecas, cuya capacidad total anual instalada, trabajando las 24 horas del dia y durante 250 dias al año, se tiene que es:

TABLA # 3

NEUTRALIZACION	57.600 Ton.
BLANQUEO	57.600 Ton.
DESODORIZACION	48.840 Ton.

(Datos tomados de CENDES)

d. -DEMANDA FUTURA

Tomando como base el crecimiento de la demanda de los últimos años podemos estimar, que la demanda de aceites y mantecas para los años subsiguientes, es decir, hasta 1976 sera:

TABLA # 4

AÑO	ESTIMADO (Ton)
1.973	51.760
1.974	60.387
1.975	69.014
1.976	78.017

e.-*PRODUCTOS DEL PROYECTO*

Dada la similitud de procesos y equipos para la fabricación de aceites de mesa y aceites para la fabricación de mantecas, la planta podría producir tanto el aceite de mesa como aceite para abastecer las fabricas de manteca. La proporción de la cantidad del uno o del otro variará de acuerdo a las normas que rigen el mercado de cualquier producto como es la de la oferta y la demanda. Como sub-producto tendríamos las borras o soap-stock que serían demandadas por las fábricas de jabón que existen en Guayaquil y Quito.

f.- *LOCALIZACION*

Debido a la insipiente producción de semillas oleaginosas nacionales, la planta deberá instalarse en un lugar próximo a un puerto con el fin de reducir el precio del producto importado (aceite crudo). Para nuestro proyecto la planta deberá ser localizada en Guayaquil.

g.-*COMERCIALIZACION*

Las plantas que operan en el país tienen un sistema de distribución similar que contempla los siguientes aspectos:

-Disponen de agencias de distribución en las principales ciudades.

-El transporte se efectúa en vehículos de la empresa

-Para el expendio se utilizará tanques de 200 litros.

h. -PRECIOS

Actualmente el precio del aceite por tanque en todo el territorio nacional es de 3.100 sucres, aproximadamente, sin incluir el precio del recipiente que es de 100 sucres. El precio del producto del proyecto será: 2.800 sucres.

CAPITULO # 3

INGENIERIA DEL PROYECTO

a.-DESCRIPCION DE PROCESOS

b.-DIAGRAMA DE FLUJO

c.-SELECCION Y ESPECIFICACION DE EQUIPOS.-

d.-CALCULO Y DISEÑO DEL EQUIPO DE NEUTRALIZACION.-

e.-CALCULO Y DISEÑO DEL EQUIPO DE DECOLORACION.-

f.- CALCULO Y DISEÑO DEL EQUIPO DE DESODORIZACION.-

g.-OPTIMIZACION DE LA TUBERIA PRINCIPAL DE VAPOR.-

a.-DESCRIPCION DE PROCESOS

Las Técnicas de la producción de aceite s vegetales comestibles que se emplean en todas las plantas que existen en la actualidad son, en principio, las mismas.

Según Alton Bailey (Ref 2) investigador de procesos de refinación de aceites y grasas comestibles, estos procesos se suceden en la siguiente forma:

Partiendo de los reservorios de aceite crudo, como se indica más adelante en el diagrama de flujo, el aceite pasa a través de un filtro-trampa con el fin de eliminar cualquier partícula sólida que pueda estar presente.

Una vez filtrado el aceite pasa al equipo de neutralización; el primer paso de la neutralización se realiza a temperatura ambiente. Deben evitarse temperaturas altas, en parte, porque tiende a incrementar la saponificación de aceite neutro y, sobre todo, porque trabajando a temperaturas relativamente bajas, se obtienen aceites más claros.

Después que la carga de aceite se halla a la temperatura apropiada y libre de aire, se pone en marcha el agitador a alta velocidad y se agrega rápidamente la cantidad de sosa cáustica adecuada.

Esta se distribuye por igual sobre la superficie del aceite, no siendo necesario ningún artificio distribuidor o pulverizador; la agitación se continua hasta que se hallan emulsionado el álcali con el aceite.

Con algunos aceites se obtienen los mejores resultados en un período de mezcla relativamente corto, de 10 a 15 minutos; en otros, del tipo de rotura lenta de emulción, el tiempo puede aumentarse de 30 a 45 minutos.

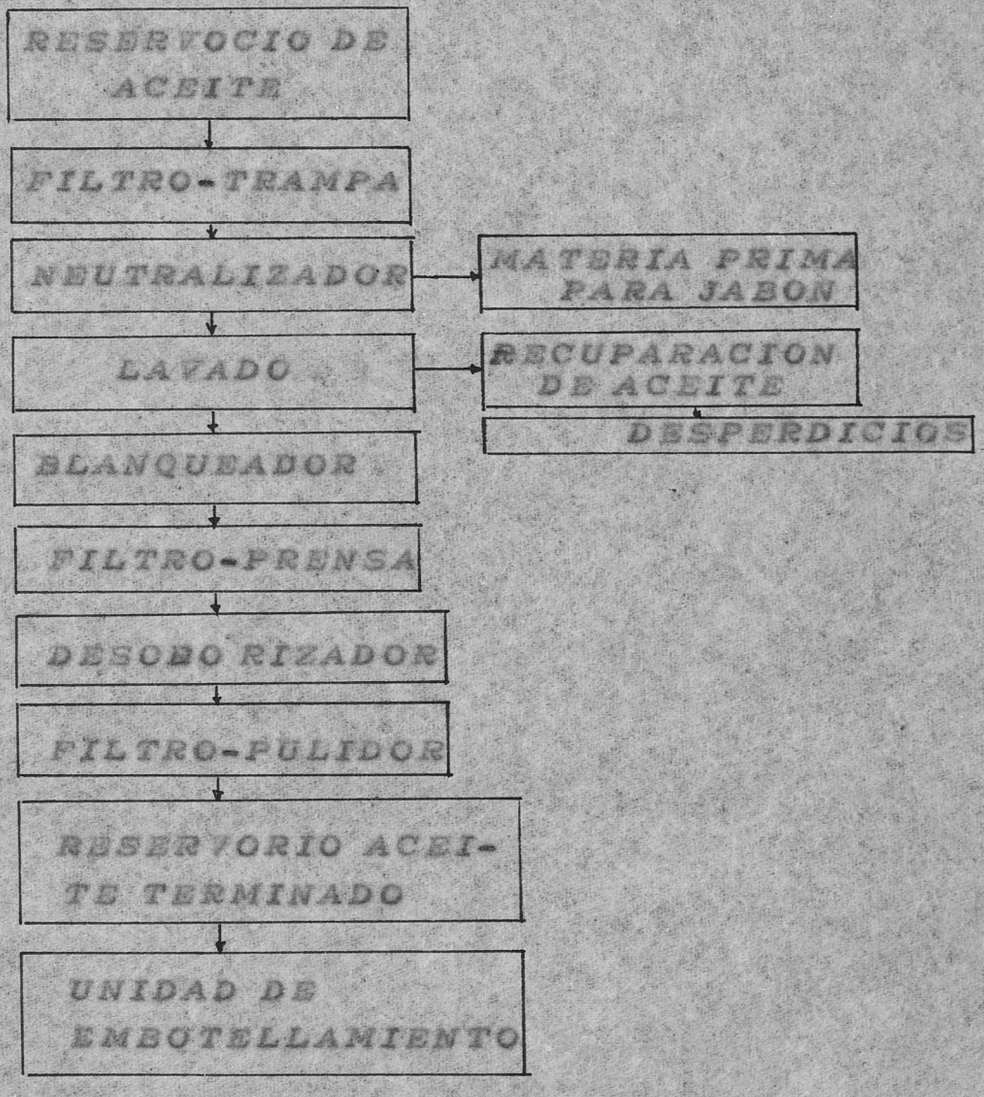
Al final del período de mezcla, se reduce la velocidad del agitador lo suficiente para mantener en movimiento el contenido del recipiente; entonces se calienta la carga hasta una temperatura de 150°

F lo más rápidamente posible. Por influencia del calor la emulción se rompe y el jabón se separa del aceite claro, en forma de partículas floculentas, que tienden a unirse por agitación.
Una vez que se ha obtenido el grado deseado de rotura de la emulción, la agitación se para, se cierra la entrada de vapor al recipiente y se deja que el jabón y las borras se depositen en el fondo. Si se quiere que las pérdidas por neutralización sean bajas, es esencial que la sedimentación del jabon sea completa, antes de extraer el aceite. En la mayoría de los aceites que encontramos en nuestro medio el tiempo estimado de reposo es de 4 a 5 horas.
Luego se culmina este primer proceso extrayendo el aceite claro que sobrenada por un conducto adecuado para el efecto y los barros por su respectivo conducto.
Una vez que tenemos el aceite neutro lo sometemos a un lavado intenso. Esta operación se la efectua en unos recipientes similares a los neutralizadores, con la diferencia de que estos no poseen agitadores y la calefacción se la realiza por medio de vapor directo con el fin de producir el borbotado del aceite.
El método implica el calentamiento de la carga de aceite a una temperatura de 70° C y su mezcla con agua caliente, pulverizada directamente sobre la superficie del aceite, en algunos casos se añade c cloruro de sodio, carbonato sódico, u algun otro electrolito. Se necesitan varios lavados susecivos de agua para completar la eliminación total del jabón disuelto en el aceite.
Hay innumerables variaciones del método, según sean las características del aceite que se manipula y, por lo tanto, no es posible dar mucha información sobre los detalles de los métodos seguidos en cada caso particular.
El tercer proceso es el de la decoloración o blanqueo y tiene por objeto la eliminación de las ma-

terias colorantes incovenientes. Ya en el proceso de neutralización parte de estas materias colorantes han sido eliminadas, en particular si se emplean soluciones alcalinas concentradas; otras son muy solubles en las grasas, de las que son componentes naturales y característicos del estado bruto. Estas no pueden considerarse como impurezas y su eliminación requiere un tratamiento especial.
Una vez que se ha hecho el vacío se llena el recipiente de blanqueo, se eleva la temperatura de 80° F (ambiente) a un maximo de 158° F; una vez que se há alcanzado esta temperatura se añade las tierras de blanqueo y se mantiene con agitación durante unos 30 a 60 minutos.
Después del blanqueo se enfría el contenido del recipiente hasta una temperatura lo bastante baja (50 a 60° C) para evitar que el aceite se oxide por esposición al aire. Luego se suprime el vacío y, mientras se mantiene el agitador a velocidad suficiente, para que el absorvente continue en suspensión uniforme, se filtra la mescla, preferentemente en filtros de hojas, ya sea con aire comprimido actuando en el recipiente de blanqueo, o mediante la presión de una bomba. En este caso las bombas deben dar un chorro constante de aceite, por lo cual, las bombas centrífugas son las más apropiadas.
Luego del blanqueo del aceite se procede al proceso de desodorización, cuyo objetivo principal es eliminar, mediante una destilación, los compuestos odorantes y los que le dan sabor al aceite.
El proceso consiste en hacer el vacío al recipiente de desodorización, aprovechando este vacío se llena el recipiente caldera hasta el nivel adecuado, luego se procede á elevar la temperatura a la temperatura de desodorización (de 150 a 240°C). Cuando se ha llegado a dicha temperatura, se cierra la válvula de vapor para calefacción y se abre la de vapor directo, en este instante empieza la destilación, la que debe prolongarse por espacio de 3 a 5

horas; terminada esta operación se cierra el vapor directo, se añade un estabilizador que puede ser acido cítrico, y se procede a enfriar el aceite a una temperatura de 60 a 70°C, se elimina el vacío y se procede a pasar el aceite por un filtro que se denomina de pulida; de aquí el aceite ya terminado pasa a los tanques de almacenamiento.

b.- DIAGRAMA DE FLUJO



c.-SELECCION Y ESPECIFICACION DE EQUIPOS

Para esta planta serán necesarios una serie de equipos auxiliares. En primer lugar serán listados y luego daremos las especificaciones de cada uno:

.-Tanques de almacenamiento de aceite crudo
.-Bombas para aceite crudo
.-Bomba para agua
.-Bomba para solución de sosa caústica
.-Bomba para solución de cloruro de sodio (sal común)
.-Tanque de almacenamiento de aceite neutro
.-Tanque de almacenamiento de aceite decolorado
.-Tanque de almacenamiento para aceite desodorizado
.-Bomba para aceite desodorizado
.-Filtro de pulida
.-Tanque para agua caliente
.-Tanque para sosa caústica
.-Tanque para almacenamiento o recolector de borras o jabón
.- Tanque separador o recuperador de aceite neutro
.- Filtro prensa
.- Lavador de aceite neutro
.- Torre de enfriamiento y bombas de circulación
.- Caldero de vapor
.- Tanque de agua de condensado
.- Ablandador de agua de alimentación del caldero
.- Tanque de combustible
.- Motoreductores de velocidad

Tanques de almacenamiento de aceite crudo.-Dada la capacidad de la planta y la dificultad que existe en nuestro medio para conseguir suficiente cantidad de materia prima, es necesario contar con una existencia de 1.200 Ton. que serán colocadas en 3 tanques de 400 Ton. de capacidad, construídos de acuerdo a las normas establecidas en el código ASME para diseño y construcción de recipientes a presión sin fuego, Las dimensiones de los tanques serán: 14 pies de diámetro y 25 pies de altura.

4 bombas centrífugas.- Tres para el llenado de los depósitos de aceiteite crudo y otra para el llenado del equipo de neutralización. Las cuatro bombas serán del mismo modelo y características, es decir, de acuerdo al catálogo de la Goulds Pumps número 710,1; estas bombas serán del tipo de impulsor o turbina cerrada de una etapa, modelo 3655, con una capacidad de 360 GPM (gráfico # 1 del Apéndice), teniendo una altura de cabezal asumida de 43 pies. En este caso la bomba trabajará con una eficiencia del 80%, una succión de 4 pulgadas de diámetro y una descarga de 4 pulgadas de diámetro Esta bomba será accionada por un motor de 5 Hp y con 220 voltios, 60 ciclos y 1.750 RPM.

1 bomba centrífuga.- Para agua caliente y se empleará en los lavadores de aceite neutro. Para este tipo de trabajo el catálogo 710, 1 de la Goulds Pumps, recomienda el modelo 3655, con impulsor o turbina tipo cerrado, con una succión de 2 pulgadas y una descarga de 1-1/2 pulgadas. Del gráfico de rendimiento (2) del apéndice nos da: para una capacidad de 54 GPM y una altura de cabezal estimada de 165 pies, una eficiencia de trabajo del 67% y una

potencia para el motor de 1/2 Hp. para una velocidad de 1.750 RPM, 220 voltios y 60 ciclos.

2 bombas centrífugas.- 1 para solución de sosa cáustica y 1 para solución de cloruro de sodio (sal común). Las dos bombas tendrán las mismas características y serán del mismo modelo. Para este tipo de trabajo el catálogo 725,7 de la Goulds Pumps, recomienda el modelo 3604 de 3/4 de pulgada de succión y descarga.
Del gráfico de rendimiento (3) del apéndice tendremos: entrando con un caudal de 9 GPM y un cabezal de altura estimado de 22 pies, una eficiencia del 60% y una potencia del motor de 1/8 de Hp para una velocidad de 3.500 RPM, 220 voltios y 60 ciclos.

4 tanques para almacenamiento de aceite.- 1 para aceite neutro, 1 para aceite blanqueado, 2 para aceite desodorizado. La capacidad de los cuatro tanques será de 14 Toneladas y sus dimensiones serán 7,8 pies de diámetro y 12 pies de altura. Estos tanques serán construídos de acuerdo a las normas establecidas en el código ASME para recipientes a presión sin fuego.

1 bomba para aceite desodorizado.-En este caso emplearemos una bomba Goulds, modelo 3655, de 2 pulgadas de succión y 1-1/2 pulgadas de descarga, Del gráfico (2) del apéndice tendremos: entrando con 14 pies de cabezal (estimado) y 60 GPM una eficiencia de 65% y una potencia del motor de 3 Hp para una velocidad de 1750 RPM, 220 voltios y

60 ciclos.

1 filtro de pulida.- Este filtro deberá tener una capacidad de 100 GPM. Será construído de hierro en su carcasa y accesorios, tendrá una malla metálica, lona y papel filtro como elementos filtrantes.

2 tanques verticales de hierro galvanizado.- 1 para agua caliente con capacidad de 2.000 galones, con serpentin de calefacción y válvulas de reducción de presión, controles de temperatura y control de nivel. Otro para preparación de solución de sosa cáustica con 1.000 galones de capacidad.

1 tanque para almacenamiento de borras.-Construído de hierro galvanizado, con serpentín de calefacción, válvulas de reducción de presión, controles de temperatura. La capacidad de este tanque será de 5.000 kilos.

1 tanque separador o recuperador de aceite neutro.- Construído de hierro comercial, con capacidad de 2.000 galones, con las respectivos pasos para que se efectue la separación del agua del aceite debido a la diferencia de densidades, drenaje para aguas y control de nivel.

2 filtros prensa.-Con capacidad de filtrado de 6

toneladas por hora. Debe constar cada uno con 30 cámaras de 800 mm^2 (Ref 3), y serán colocados en paralelo.

2 lavadores de aceite neutro.-Con capacidad para 10 Tm de aceite neutro, diseño similar al neutralizador.

1 torre de enfriamiento.-Con capacidad para 100 m^3/h de agua de refrigeracion. Que trabaje con una temperatura de entrada de 160° F y salga de la torre con una temperatura de 80°F.

1 caldero de vapor.-De 300 Hp. con una presión de trabajo de 250 psi y genere 10.350 lbs/h de vapor saturado. Con recalentador adicional para producir vapor recalentado a 200 psi y 700°F. El caldero de vapor será marca York Shipley, modelo SPW, con quemador de bunker C
1 tanque para agua de condensado.-Con capacidad para 2.000 gal, que es la capacidad del caldero.

1 equipo de ablandamiento para el agua de alimentación al caldero se usará un equipo Culligan modelo Mark 600.

1 tanque para almacenamiento de combustible.-Con capacidad para 11.400 gal. Con serpentín de calefacción, termómetro y control de nivel.

2 motorreductores de velocidad.- 1 de 3 Hp con velocidad variable del motor, con velocidad de salida de 10 a 40 RPM, una eficiencia de la caja de reducción de 0,9.
1 de 4 Hp con velocidad fija de salida a 100 RPM con una eficiencia de 0,9.

d.- CALCULO Y DISEÑO DEL EQUIPO DE NEUTRALIZACION.-

El equipo necesario para la neutralización es sencillo (2), componiendose de un tanque abierto provisto en un agitador, conductos de vapor para calefacción y fondo cónico. El agitador consta de un eje vertical a los que se unen una serie de brazos horizontales en forma de palas. La velocidad del agitador es de 40 RPM, para una agitación rápida, y 10 RPM para la lenta; la primera debe ser lo suficientemente enérgica para mezclar íntimamente y emulsionar el aceite con la legía, mientras que la segunda esta destinada solamente para conservar en movimiento el contenido de la caldera, manteniendo las partículas de jabón en suspención en el aceite, mientras se funden y reúnen.

Debido a que la capacidad de la planta es de 30 Ton/dia, el neutralizador será diseñado para trabajar en forma continua durante las 24 horas del dia, o sea, en tres paradas de 8 horas.

La capacidad será tomada (Ref 2) de 11,5 Ton de aceite crudo, debido a que en ciertos casos hay aceites que poseen una elevada acides y un alto contenido en acidos grasos libres, lo que produce pérdidas que en ciertos casos llegan hasta el doble del porcentaje de acidos grasos libres. (Ref 2)

El tiempo, requerido para una buena neutralización (Ref 3), es decir el proceso completo que incluye: llenado del recipiente, neutralización propiamente dicha, sedimentación del jabón formado, desalojo del aceite refinado, desalojo del jabón y limpieza del equipo, es de 8 horas, lo que al final del dia nos dará 34,5 Ton. de aceite tratado con una máxima pérdida de 3,3 Ton. por dia para aceites con una acides mayor del 5%.

CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL NEUTRALIZADOR

El recipiente se llenará de una masa m_a de aceite y una masa m_s de solución de sosa caústica con una densidad de 58 lbm/pie^3 y 106 lbm/pie^3 respectivamente. Así se tendrá que el volumen V será:

$$V = \frac{m_a}{\rho_a} + \frac{m_s}{\rho_s} = \frac{25.300\ lbm}{58\ lbm/pie^3} + \frac{500\ lbm}{106\ lbm/pie^3}$$

$$V = 500\ pies^3$$

Es necesario dar un exceso de volumen de un 25% debido a los aparatos mecánicos que posee en su interior, tales como: paletas, eje, serpentin, rociador de soda caústica.

$$V_{total} = 500 + 125 = 625\ pies^3$$

Para determinar las dimensiose asumirá un radio de 4 pies, y se usará un ángulo de vértice (Ref 2) de 90°.
Luego:

$$h_c = r\ tang\ 45° = 4\ pies$$

$$V_{cono} = 1/3\ \pi r^2 h_c$$

$$= (1/3)3,14\ 16\ 4 = 66,56$$

$$= 66,56\ pies^3$$

$$V_{cilin} = V_{total} - V_{cono}$$

$$= 625 - 66,56 = 558,44$$

$$= 558,44\ pies^3$$

La altura del cilindro $h_{c'}$ será:

$$V_{cilin} = \pi r^2 h_{c'}$$

$$558,44 = 3,14\ 16\ h_{c'} \qquad \text{de donde:}$$

$$h_{c'} = 11 \text{ pies}$$

CALCULO DEL SERPENTIN

En primer lugar, especificaremos el material a emplearse; segun el código ASTM que tiene establecida una clasificación de los tubos de acuerdo a sus usos y propiedades, el material del tubo será el A-53 grado A, tipo schedule 40. Estè tipo de tubos resiste presiones de 570 psi. Son bastante dóctiles y sin costura, por lo que se los recomienda para este trabajo.

Datos Técnicos:

tubo: acero al carbono de 1-1/2"

espesor del tubo s=0,144 pulg.

diámetro interior = Di=1,61"=0,134 pies

diámetro exterior=De=1,90"

área interior Ai=2,076 pulg^2=0,0141 pies^2

área exterior Ae=0497 pies^2/pie

peso= ws=2,718 lb/pie

medio calefactor:

vapor saturado a pv= 200 psi

viscosidad u=0,035 lbm/hr-pie

coeficiente de transferencia de calor por cond. k=0,018BTU/hr-pie°F

calor especifico Cp=0,46 BTU/lbm-°F

temperatura del aceite (ambiente) T_1=80°F

temperatura del aceite máxima T_2 = 158°F

flujo de vapor m°=2.200 lbm/hr (asumido)

CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE CALOR DE PELICULA (h)

En primer lugar se determinara el coeficiente de pelfcula exterior al tubo, o sea, del lado del aceite. Luego determinará el coeficiente de pelfcula interior del tubo, o sea, del lado del vapor.

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PELICULA EXTERIOR (ho)

Para ésta determinación se empleará una relación (Ref. 5) para calentamiento cuando el fluido está sometido a agitacion mecánica.

Datos Técnicos para el aceite:

K= coef. de transf. por conduccion=0.07BTU/hr-pie^2-°R

u= Viscosidad= 19 centipoises=46 lb/pie-hr

ρ_a= densidad= 58 lbs/pie^3

Cp= calor especffico del aceite=0.55 BTU/lb-°F

Se calculará el valor de un número de Reeynolds modificado (Ref 5):

$$Re = \frac{L^2 N \rho}{u}$$

donde:

L= largo de paletas

N= velocidad en Rev. por hora= 2400RPH

$$Re = \frac{(7.5)^2 \times 2400 \times 58}{46} = 168.900$$

Del gráfico 17 para coeficientes de transferencias de calor para chaquetas y serpentines de Chilton,

Drew y Jebens. Se obtiene un valor de J=1750. Este valor se reemplaza en:

$$J = \frac{ho}{K}\frac{D}{}\left(\frac{Cp}{K}\frac{u}{}\right)^{-1/3}\left(\frac{u}{uw}\right)^{-0,14}$$

$$ho = J\,\frac{k}{D}\left(\frac{Cp}{K}\frac{u}{}\right)^{1/3}\left(\frac{u}{uw}\right)^{0.14}$$

$$= 1.750\,\frac{0.07}{8}\left(\frac{0.55x\,46}{0.07}\right)^{1/3}\left(\frac{46}{2.9}\right)^{0.14}$$

$$ho = 160$$

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PELICULA INTERIOR hi

Dado que el fluido interior del serpentin es vapor saturado, este coeficiente sera calculado como el coeficiente promedio de pelfcula para condensación, para ello se empleará la ecuación para condensacion dentro de tubos horizontales (Ref. 5)

$$\bar{h}\left(\frac{u^2 f}{kf^3 \rho f^2 g}\right)^{1/3} = 1.51\left(\frac{4\,G''}{uf}\right)^{-1/3}$$

donde:

$$G'' = \frac{W}{0.5\,LNt}$$

G"= carga de condensado

W= flujo de vapor

L= longitud del tubo(asumido)

Nt= número de tubos

luego: $G'' = \frac{2.200}{0.5x1x150} = 29,3$ lbs/hr- pie

Esta ecuación puede ser resuelta a partir del gráfico 18 del Apéndice a partir del valor de G" y con los valores de K, u y la gravedad específica se tiene un valor de $\bar{h}i = 2000$ BTU/hr-pie^2-°F

CALCULO DE LA TEMP. MEDIA LOGARITMICA

Determinando la variación de las temperaturas iniciales y finales del proceso tendremos:

$$\Delta Ta = Th1 - Tc1 = 382 - 80 = 302\,°F$$

$$\Delta Tb = Th2 - Tc2 = 382 - 158 = 224\,°F$$

La temperatura media logarítmica será

$$Tln = \frac{\Delta Ta - \Delta Tb}{\ln \Delta Ta / \Delta Tb} = \frac{302 - 224}{\ln \frac{302}{224}} = 260\,°F$$

CALCULO DE LA ENERGIA TERMICA NECESARIA

Como ya se especificó anteriormente la cantidad de aceite a tratarse es de 25.000 lbs, y el tiempo requerido para elevar la temperatura inicial del aceite de 80°F a 158°F debe ser mínimo y tomaremos como 1/2 hora.

$$Q = \frac{\dot{m}}{\theta} Cp\,\Delta T$$

$$= \frac{25000}{0.5} \times \frac{lb}{hr} \times 0.511 \frac{BTU}{lb\,°F} (158 - 80)\,°F$$

$$= 1'810.000\ BTU/hr$$

Para determinar el flujo de vapor real necesario

$$Q = \dot{m}_v C l$$

donde:

$\dot{m}_v$ = flujo de vapor

Cl= Calor latente

$$\dot{m}v = \frac{Q}{Cl} = \frac{1'810.000}{843} = 2.170 \text{ lb/hr}$$

Luego el valor asumido es correcto

CALCULO DEL COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (U)

La determinacion de este coeficiente se realizo a partir de la siguiente ecuación

$$U = \frac{1}{\frac{Do}{Dihi} + \frac{Do \ln (Do/Di)}{2 Km} + \frac{1}{ho} + \frac{1}{ha}}$$

donde:

1/ha= coeficiente de transferencia de ministración

= 0.003 (Ref 5)

$$U = \frac{1}{\frac{1.9}{1.61.2000} + \frac{0.16 \ln \frac{1.90}{1.61}}{2x\ 25} + \frac{1}{160} + 0.003}$$

$$= \frac{1}{0.00055 + 0.00033 + 0.00625 + 0.003} = \frac{1}{0.01015}$$

$$U = 98.52$$

CALCULO DEL AREA DE TRANSFERENCIA DE CALOR

El área de transferencia de calor viene definida por la siguiente ecuación:

$$Q = A U \Delta T_{ln} \qquad \text{de donde:}$$

$$A = \frac{Q}{U \Delta T_{ln}} = \frac{1'810.000}{98,52 \cdot 260} = 70,66 \text{ pies}^2$$

El área exterior del tubo= 0,497 pie^2/pie

Luego el largo del serpentín vendrá dado por:

$$L = \frac{70,66}{0,497} = 144 \text{ pies}$$

Si el diámetro del serpentín se asume igual a D_s= 7,65 pies el numero de vueltas será:

$$\frac{L}{D_s} = \frac{144}{24} = 6,00 \text{ vueltas}$$

CALCULO DE LA CARGA DE CONDENSADO (Cc)

La mayor carga de condensado se produce en el momento inicial, o sea, al calentar la carga y el equipo; el condensado viene determinado (Ref. 6) por:

$$Cc = \frac{m \cdot Cp \cdot \Delta T}{Cl \cdot \theta}$$

Donde:

Cc=carga de condensado
m =masa
Cp=calor específico
T =diferencia de temperatura
Cl=calor latente
θ =tiempo

Así, el condensado al calentar el aceite será:

$$Cc = \frac{25.300 \text{ lbs } 0,46 \text{ BTU/lb-°F } 302°F}{843 \text{ BTU/lb } 1 \text{ hr}}$$

$$Cc = 4.167 \text{ lb/hr}$$

El condensado producido al calentar el equipo será:

$$Cc = \frac{28.600 \text{ lbs } 0,12 \text{ BTU/lb-°F } 70°F}{843 \text{ BTU/lb } 1 \text{ hr}}$$

$$Cc = 284 \text{ lbs/hr}$$

La carga total de condensado será:

$$Cct = 4.167 + 284 = 4.451 \text{ lbs/hr}$$

CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION EN EL SERPENTIN

Entrando en la carta (4) para tuberias schedule 40 con un flujo de 2.200 lbs/hr, verticalmente hasta 1-1/2", se obtiene 12 psi/100 pies, buscando el factor de corrección para 200 psi, tendremos 0,55. La caida de presión será entonces:

$$= 0,55,12 = 6,6 \text{ psi/100 pies}$$

DETERMINACION DE LA TRAMPA DE VAPOR

Dado que la carga de condensado es alta, será necesario emplear una trampa termodinámica TD-50 tipo A (Ref) cuya capacidad es de 5.650 lbs/hr cuando la trampa es de una pulgada y trabaja a 200 psi.
El factor de seguridad recomendado para este tipo de trampa (Ref) es de 1,2 a 2, y el empleado en este diseño será:

$$n = \frac{Cm}{Cc}$$

Donde:

n=factor de seguridad
Cc=carga de condensado
Cm=carga máxima para la trampa

$$n = \frac{5.850}{4.451} = 1,31$$

que está dentro de los límites permisibles.

CALCULO DE AISLAMIENTO

El material calorífugo a emplearse será: lana de vidrio. Para efectuar esta determinación se hará referencia al gráfico (5) del Apéndice proporcionado por el fabricante de este producto, de allí se tiene que:
Si la temperatura de la cara caliente es de 150°F (70°C), y si, asumimos un espesor de aislamiento de 25 mm = 1 pulgada se obtendría una pérdida de calor de 60 Kcal/m^2-hr=22,5 BTU/hr-pie^2 que es prácticamente despreciable. La densidad de este producto es de 40 Kg/m^3 (Ref 8)

CALCULO DE LOS ELEMENTOS MECANICOS

El elemento mecánico de importancia que existe en el neutralizador es el agitador y consiste en un motorreductor de velocidad variable directamente acoplado a un eje, como indica el gráfico (6) del Apéndice, tres juegos de paletas que permitirán la mezcla íntima y homogénia del aceite con los álcalis a tratarse.
De los elementos antes mensionados calcularemos en primer lugar la potencia requerida por el motorreductor, luego el eje del agitador con su respectiva cuña o chaveta.

CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA

Para mover agitadores de paletas planas en forma de brazos, White (Ref 5) y sus colaboradores han llegado a una ecuación dimensional que tiene la siguiente expresión:

$$Hp = 1,29\ 10^{-4} (Dj)^{1,1} (L)^{2,72} (N)^{2,86} (y)^{0,3} (z)^{0,6} (u)^{0,14} (\rho)^{0,}$$

Donde:

Dj=diámetro del recipiente
L=largo de paletas
N=revoluciones por segundo
y=ancho de paletas
z=altura del nivel libre de aceite
u=viscosidad
ρ=densidad del líquido

Esta ecuación es válida para el rango: $L > 0,3 \cdot Dj$

$L > 0,3 \cdot 8$ Luego:

$$Hp = 1,29x10^{-4} (8)^{1,1} (7,5)^{2,72} (0,66)^{2,86} (0,33)^{3} (9,02)^{0,6} (0,024)^{0,14} (58)^{0,2}$$

$$Hp = 2,4$$

La potencia requerida por el motorreductor será entonces de de 3 Hp debido a que la eficiencia del mismo es menor que 1, además ese exceso de potencia sirve para proteger la duración del motor.

CALCULO DEL EJE PARA EL AGITADOR

Dada la posición vertical del eje y el número cojinentes o apoyos (en un total de 5) ver gráfico (6) del A-

pendice, podemos asumir sin mayor error que, el eje estará sometido a una torción pura, Uno de los materiales empleados en el diseño de ejes, es el acero AISI C 1040. Para el cálculo se partirá de la ecuación que da el código ASME (Ref 10)que tiene la forma siguiente:

$$fs=\frac{16}{\pi d^3}\sqrt{(Cm\ M)^2+(Ct\ T)^2}$$

Como se dijo anteriormente el momento flector del eje es despreciable, por lo tanto, la expresión anterior se reduce a:

$$fs=\frac{16\,T\,Ct}{\pi d^3}$$

El torque vendrá dado por la siguiente ecuación:

$$T=\frac{63.000\ Hp}{N}$$

$$T=\frac{63.000\ 3}{40}$$

$$T=4.725\ lbs\text{-}pulg$$

reemplazando en la ecuación anterior:

$$fs=\frac{16\ 4.725\ Ct}{3,14\ d^3}$$

Donde Ct=1 para cargar aplicada de repente con choque ligero (Ref 10), y fs = 59.000/n psi., donde n=factor de seguridad (Ref 11) y lo tomaremos como n=2

$$d^3 = \frac{16}{3,14} \frac{4.725}{29.000}$$

de donde

$$d = 0,94 \cong 1 \text{ pulgada}$$

CALCULO DE LA CHAVETA

Esta chaveta irá colocada en el extremo del eje, en donde se acoplará el motorreductor. La ecuación que se empleará (Ref 10) para este cálculo será:

$$L = \frac{2TKt}{Ss\ d\ w'} = \frac{2\ 4.725\ 1}{29.000 \times 1 \times 3/8} = 0.868 = 7/8"$$

donde:

L=largo de cuña
T= torque
Kt=coef. de fatiga para carga aplicada de repente con choque ligero=1
d=diámetro del eje
w'=altura de cuña=3/8"(tabla (5) del Apéndice)

De la table (5) del Apéndice se obtiene además: Tolerancia del chavetero de 0,002 de pulgada, perno sujetador de 3/8" de diámetro.

CALCULO DEL RECIPIENTE

Como ya se dijo anteriormente el equipo para el neutralizador no es sino un recipiente cilíndrico abierto y fondo cónico. Para el cálculo empezaremos en primer lugar por el espesor de la plancha y su peso. Luego se efectuará el cálculo de los soportes.

CALCULO DEL ESPESOR DE LA PLANCHA

El código ASME (Ref 13) para recipientes a presión sin fuego, usa la siguiente ecuación modificada de la teoría de la membrana:

$$s = \frac{p \cdot D}{2 \cos \alpha (fE - 0,6p)} + c$$

donde;

p=presión
D=diámetro
s= espesor
f= esfuerzo admisible del material
E=eficiencia de la soldadura
c= coeficiente de corrosión

El código ASME recomienda para este tipo de recipiente el acero SA-283 grado C, unido con soldadura de doble junta a tope con E=0,8. Este material tiene un esfuerzo admisible de 12.650 psi. Tomando en este caso un factor de seguridad (Ref 11) de 2,5, f quedará en 5,060 psi.

$$s = \frac{58 \cdot 8,25}{2 \cdot 0,707 (5.060 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 3,3)} + 0,125$$

s= 3/16 de pulgada

El peso de la parte cilíndrica será:

$$W_{r'} = 2\pi R L \gamma$$

Donde R= radio del recipiente
L= altura de la parte cilíndrica
γ =peso por unidad de área=5,73 lbs/pie^2

Luego $W_{s'} = 6,28 \cdot 4 \cdot 11 \cdot 5,73 = 1.583,3$ lbs

El peso de la parte cónica será:

$$W_{r'} = \pi R\, g\, \gamma$$

Donde:

R=radio del recipiente
g=generatriz del fondo cónico
γ =peso por unidad de área=5, 73lbs/pie^2

y, $g = R\sqrt{2}$

Luego:

$$W_{r'} = 3,14 \cdot 4 \cdot 4\sqrt{2} \cdot 5,73 = 411,4 \text{ lbs}$$

El peso total del recipiente será:

$$Wr = 1.583,3 + 411,4 = 1.994,7 \text{ lbs}$$

CALCULO DE SOPORTES

Para este diseño emplearemos los soportes tipo oreja como se indica en el gráfico (7) del apéndice.
Su uso casi generalizado se debe a que son los más económicos y ocupan un espacio relativamente pequeño, pueden además absorver expanciones diámetrales con solo deslizarse sobre su asiento y, por último, son fáciles de instalar y nivelar en el sitio.
Como resultado de la excentricidad de las cargas en este tipo de soportes (Ref 12), esfuerzos de compresión, tensión y corte son inducidos en la pared del recipiente. Las fuerzas de tensión y comprensión causan esfuerzos de flección indeterminados que pueden ser combinados con los esfuerzos de presión circunferenciales y longitudinales.
La fuerza cortante actúa en una dirección paralela al eje longitudinal del recipiente, y el esfuerzo cortante inducido por ésta fuerza es relativamente tan pequeño que puede despresiarse.
Los recipientes de oreja son ideales para recipientes de paredes delgadas (Ref 12), ya que las paredes delgadas tienen un considerable momento de inercia y son capaces de absorver los esfuerzos de flección debido a la excentricidad de las cargas.
Para el cálculo de la carga de compresión P (lbs) será necesario considerar la carga debido al viento que es la que tiende a virar el recipiente cuando está vacío, y la carga debido al peso muerto.
El más alto esfuerzo compresivo en el soporte ocurre sobre el lado en que corre el viento, cuando el recipiente está lleno, porque la carga muerta y la carta del viento son sumadas.
El esfuerzo de tensión más alto ocurre en el lado contrario a la dirección del viento, cuando el recipiente esta vacio, porque en este caso la carga muerta es restada de la carga del viento.
De allí que el esfuerzo sobre el lado en que corre el viento es el factor determinante del diseño de los soportes.

La carga máxima total de compresión P (lbs) en la más remota viga de apoyo será: (Ref 12):

$$P = \frac{4PwH}{nDbc} + \frac{W}{n}$$

En primer lugar se determinaron la presión del viento P'_w, a partir de la siguiente ecuación (Ref 12):

$$P'_w = 0,00415\ Fs\ V_w^2$$

Donde:

P'_w = presión del viento

Fs = factor de corección

V_w = velocidad del viento

El código (Ref 13) ASA da un valor de Fs=0,6 para ser usado en este tipo de diseño, reemplazando se tendrá:

$$P'_w = 0,0025\ V_w^2$$

Si se calcula la presión del viento, considerando que para Guayaquil, en condiciones normales, la velocidad del viento es de 9 m/seg. = 29,5 millas por hora, se tendrá:

$$P'_w = 0,0025\ (875,25)$$

La carga del viento será:

$$P_w = P'_w A$$

donde:

A = proyección del área del recipiente

$$P_w = 0,0025(875,25)(D_c L + \frac{D}{2} - \frac{h_c}{})$$

donde:

D_e = diámetro exterior del recipiente

L = altura de la parte cilíndrica del recipiente

h_c = altura del cono del fondo

Luego: $P_w = 0,0025\ (875,25)\ (104,46)$

$$P_w = 227,5 \text{ lbs}$$

La carga muerta viene determinada por la suma de las cargas de cada elemento del equipo, entonces se tendrá:

$$W = wa + ws + wi + wr + wm$$

donde:

wa = peso de liquido = 25.300 lbs

ws = peso del serpentin = 2,718 lbs/pie 182 pies

ws = 495 lbs

wi = peso de instrumentos y accesorios asumire = 200 lbs.

wr = peso del recipiente = 1.994,7 lbs

wm = peso del motorreductor de velocidad, eje e imprevistos se aumirá = 600 lbs.

$$W = 28.600 \text{ lbs}$$

Con los valores obtenidos, y sabiendo que el número de soportes ni = 4, se calculará el valor de P:

$$P = \frac{4}{ni}\left(\frac{Pw\ L}{Dbc} + \frac{W}{ni}\right)$$

Donde:

Pw=carga del viento

L =altura del recipiente

W= carga muerta

ni= número de soportes

Dbc= diámetro del círculo de pernos

P = carga máxima de compresión

Luego:

$$P = \frac{4}{4}\frac{227.5}{3}\frac{11}{} + \frac{28.600}{4}$$

P= 7.428 lbs

Una vez determinada la carga máxima P de compresión se determinará las dimensiones del soporte, tomando como base, que el material será el mismo que el del recipiente y tendrá un esfuerzo admisible de 13.600 psi.

Partiendo de la ecuación (Ref 3):

$$S = \frac{3(1-u^2)^{1/2}}{(1-u^2)^{2/3}} \left(\frac{P\,a}{m L f_{admis.}}\right)^{2/3} R^{1/3}$$

donde:

R= radio del recipiente

S= espesor del soporte

M= Módulo de Poisson

P= carga máx. de compresión

h= altura del soporte

a= distancia del recipiente al W

Asumiendo las dimensiones del soporte, se tendrá (ver gráfico (8) del apéndice):

L= 1 pie= 12 pulgadas

R= 4 pies

a= 0,5 pies

m= 2A= 1 pie

Si u=0,3 para acero:

$$S = 1,76 \left(\frac{P\,a}{m L f_{adm.}}\right)^{2/3} R^{1/3}$$

Reemplazando:

$$S = 1,76 \left(\frac{7.428\ lbs \times 0,5\ pies}{1\ pie \times 12\ pulg. \times 13.600\ lbs/pie^2}\right)^{2/3} (48)^{1/3}$$

$$S = 1/2\ pulgada$$

c.- CALCULO Y DISEÑO DEL EQUIPO DE DECOLORACION O BLANQUEO

El blanqueador es un recipiente cerrado capazade soportar vacío en el cual se mezcla íntimamente el aceite con sustancias blanqueadoras tales como: arcillas activadas especiales y carbón activado en una proporción que varía según la clase de aceite a tratarse.
Consta de: un agitador, serpentín de calefacción y enfriamiento y fondo cónico. El agitador consta de un eje vertical con un extremo acoplado directamente a un motoreductor de velocidad y en otro extremo una hélice de tres aspas. El agitador girará a una velocidad de 100 RPM, (Ref 2) con el fin de mantener el aceite y las sustancias blaqueadoras en suspención durante todo el proceso.
El blanqueador será diseñado para 10,4 Toneladas de capacidad y para trabajo continuo de 24 horas, en tres paradas de 8 horas cada una, con una producción de 31,4 Toneladas teóricas. En realidad, en este proceso y en el filtrado se obtienen pérdidas que pueden llegar a sobrepasar la tonelada de aceite.

Cálculo de la capacidad

El Volumen del recipiente vendrá dado por:

$$V = \frac{W}{\rho a} \qquad \text{donde: } w_a = 10,4 \text{ Ton} = 22.800 \text{ lbs}$$

$$\rho_a = 58 \text{ lbs/pie}^3$$

$$V = \frac{22.800 \text{ lbs}}{58 \text{ lbs/pie}^3} = 395 \text{ pies}^3$$

Dando un exceso de volumen del 25%, debido a la dilatación que sufre el aceite al ser calentado, a los

equipos auxiliares como serpentín, agitador y aumento de volumen debido a las tierras del blanqueo.

$$V_{total} = 395 + 98 = 493 \text{ pies}^3$$

Por razones prácticas (Ref 3), $R = h/4$ y el ángulo del cono de 90°

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \pi R^2 h_{cono}$$

$$h_{cono} = R \, Tg \, 45° = R \quad \text{reemplazando}$$

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \pi R^3$$

$$V_{cilindro} = \pi R^2 h_{cilin.} \quad \text{reemplazando } R = \frac{h}{4}$$

$$= 4\pi R^3$$

El volumen total del equipo de blanqueo será, la suma de los dos volúmenes obtenidos

$$V_{total} = V_{cono} + V_{cilindro}$$

$$V_{total} = \frac{1}{3} \pi R^3 + 4\pi R^3 = \frac{13}{3} \pi R^3$$

de donde:

$$R^3 = \frac{3}{13} \times 493 \qquad R = 3.3 \text{ pies}$$

Si $R = H/4$ $\qquad h = 4R$

$h = 4 \times 3,3 = 13,2$ pies

CALCULO DEL SERPENTIN

Como en el caso anterior del neutralizador, en primer lugar, especificaremos el material a emplearse; según el código ASTM que tiene establecida una clasificación de los tubos de acuerdo a sus usos y propiedades, el material del tubo será el A-53 grado A, tipo schedule 40 de 1-1/2 pulgada, que resiste presiones hasta de 570 psi. son bastante dúctiles y sin costuras, por lo que se los recomienda para este tipo de trabajo.

Datos Técnicos:

tubo: acero al carbono

espesor del tubo t= 0,144 pulg.

diámetro interior Di= 1,61 pulg.

diámetro exterior De= 1,90 pulg.

área interior $Ai = 2,076\ pulg^2 = 0,0141\ pies^2$

área exterior $As = 0,497\ pies^2/pie$

peso Ws= 2,718 lbs/pie

medio calefactor: vapor saturado a;

presión = p_v= 200 psi

viscocidad u= 0,035 lbm/h-pie

coeficiente de trams. de calor por cond. k=0,018BTU/hr-pie-°F

calor especifico Cp= 0,46 BTU/lbm-°F

Temperatura del aceite (ambiente) T_1=80°F

temperatura del aceite máximo T_2=248°F

flujo de vapor $\dot{m}$= 2,400 lbs/h (Asumido)

CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR DE PELICULA (h)

en primer lugar se determinará el coeficiente exterior del tubo, o sea, el que corresponde al lado del aceite, luego se determinará el coeficiente de película interior.

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PELICULA EXTERIOR (ho)

Rushton, Lichtman y Mahony investigaron el caso de un recipiente con liquido calentado y movido por una hélice de 12 pulgadas (Ref 5) y encontraron que:

$$he = 0.00285 \frac{L^2 N \rho}{u}$$

$$= 0.00285 \frac{1x\ 6000RPHx\ 58}{31.46} = 31.5$$

$$he = 31.5\ BTU/hr\text{-}pie^2\text{-}°F$$

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PELICULA INTERIOR (hi).-

Dado que el fluido interior del serpentin es vapor saturado, este coeficiente será calculado como el coeficiente promedio de película para condensacion, para ello se empleará la ecuación para condensación dentro de tubos horizontales (Ref 5)

$$hi\left(\frac{u^2 f}{kf^3 \rho f^2 g}\right)^{1/3} = 1.51 \left(\frac{4}{uf}\frac{G''}{}\right)^{-1/3}$$

donde:

$$G'' = \frac{W}{0.5} L Nt$$

G'' = carga de condensado

W = flujo de vapor

L = longitud del tubo (asumido)

Nt= número de tubos

Luego:

$$G'' = \frac{2.400}{0.5 \times 630} = 4,3 \text{ lb/hr-pie}$$

Esta ecuación pudde ser resuelta a partir del gráfico 18 del Apéndice a partir del valor de G" y con los Valores de K, u y la gravedad especffica si tiene un valor de hi = 1.700 BTU/hr-pie^2-°F

CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA LOGARITMICA

Determinando las variaciones de la temperatura iniciales y finales de los fluidos, tendremos:

$$\Delta Ta = Thi - Tci = 382 - 80 = 302$$

$$\Delta Tb = Th2 - Tc2 = 382 - 248 = 134°$$

La temperatura media logaritmica será:

$$\Delta Tln = \frac{\Delta Ta - \Delta Tb}{ln \frac{\Delta Ta}{\Delta Tb}} = \frac{302 - 134}{ln \frac{302}{134}} = 207°F$$

CALCULO DE LA ENERGIA TERMICA NECESARIA

La cantidad de aceite a tratarse es de 22.800 lb y el tiempo requerido para elevar la temperatura del aceite de 80°F, debe ser mfnimo, y se tomar-ácomo 1 hora

$$Q = \dot{m}\, Cp\, \Delta T$$

$$= \frac{22.800 \text{ lbs}}{1 \text{ hr}} \times 0,511 \frac{\text{BTU}}{\text{lb-°F}} (302 - 248)°F$$

$$= 1'957.335 \text{ BTU/hr}$$

Para determinar el flujo real de vapor necesario

$$Q = \dot{m}_v \, Cl$$

donde:

$\dot{m}_v$ = *flujo de vapor*

Cl = *calor latente*

$$\dot{m}_v = \frac{Q}{Cl}$$

$$= \frac{1'957335}{843} = 2321 \text{ lbm/hr}$$

Luego el valor asumido es correcto.

CALCULO DEL COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (U)

La determinación de este coeficiente se ralizará a partir de la siguiente ecuación

$$U = \frac{1}{\frac{Do}{Dibi} + \frac{Do\ ln\ Do/Di}{2Km} + \frac{1}{ho} + \frac{1}{ha}}$$

donde:

$\frac{1}{ha}$ = *coef. de pelicula incrustación*

= 0.003 *(Ref 5)*

$$U = \frac{1}{\frac{1.9}{1.61 \times 1700} + \frac{0.16 \ln 1.9/1.61}{2 \times 25} + \frac{1}{31.5} + 0.003}$$

$$= \frac{1}{0,00064 + 0.00033 + 0.03174 + 0.003} = 28$$

CALCULO DEL AREA DE TRANSFERENCIA DE CALOR

El área de transferencia de calor viene definida por la siguiente ecuación:

$$Q = A U \Delta Tln$$

$$A = \frac{Q}{U \Delta Tln} = \frac{1'957.335}{71,4 \times 207} = 337 \text{ pies}^2$$

Si el área exterior del tubo es 0,497 pies^2, el largo del serpentín será:

$$L' = \frac{337}{0,497} = 678 \text{ pies.}$$

Si el diámetro del serpentín se asume igual a Ds= 5,75 pies el número de vueltas será:

$$\frac{L}{\pi Ds} = \frac{678}{18,05} = 37,5 \text{ vueltas}$$

CALCULO DE LA CARGA DE CONDENSADO

La mayor carga de condensado se produce en el momento inicial, o sea, al calentar el aceite y el equipo; el condensado viene determinado (Ref 6) por;

$$Cc = \frac{W \times Cp \times \Delta T}{Cl \times 0}$$

Así, el condensado producido al calentar el aceite será:

$$Cc = \frac{22.800 \text{ lbs} \times 0,46 \text{ BTU/lbm-°F} \times 302°F}{843 \text{ BTU/lbm} \times 1 \text{ h}} = 3.760$$

El condensado producido al calentar el equipo será:

$$Cc = \frac{31.100 \times 0,12 \times 78}{843 \times 1} = 360 \text{ lbs/hr}$$

La carga total de condensado será:

$$Cc = 3.760 + 360 = 4120 \text{ lbs/h}$$

CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION EN EL SERPENTIN.-
Entrando en la carta (4) para tubería schedule 40, con un flujo de 2.400 lbs/h verticalmente hasta tubería de 1-1/2 ", obtenemos 15 psi/100 pies buscando el factor de corrección para 200 psi, tendremos que es 0,55. La caida de presión será entonces:

$$= 0,55 \times 15 = 8,25 \text{ psi/100 pies}$$

Determinación de la trampa de vapor.-El tipo de trampa recomendado por el manual SARCO (Ref 6) para este tipo de aplicación es la temodinámica. Entrando en la tabla (6) del apendice, con 200 psi, encontramos que para la de 1" la capacidad es de 5.850 lbs/H , con ésta trampa tendremos un factor de seguridad de:

$$N = \frac{Cm}{Cc} = \frac{5.850}{4.120} = 1,4$$

que está dentro de los límites recomendados, estos límites son de 1,2 a 2.

DETERMINACION DEL AISLAMIENTO.-

El material calorífugo a emplearse será: lana de vidrio. Para efectuar esta determinación se hará referencia al gráfico (5) del apéndice proporcionado por los fabricantes de este producto, de allí tendremos que:

Si la temperatura de la cara caliente es de 248°F y, si, asumimos un espesor de aislamiento de 38mm=1-1/2". Obtendrémos una pérdida de calor de 80 $Kcal/m^2-hr$ =30 $BTU/hr-pie^2$, que es relativamente baja y puede despreciarse. La densidad de este producto es de 40 Kg/m^3.

CALCULO DE LOS ELEMENTOS MECANICOS

El elemento mecánico de importancia que existe en el blanqueador es el agitador y consta de: un motoreductor de velocidad directamente acoplado a un eje, como indica el gráfico (9) del apéndice, en el extremo del eje va una hélice que permite mantener las sustancias blanqueadoras en suspención en el aceite. En primer lugar, calcularemos la potencia requerida por el motor para mover el eje, luego calcularemos el eje, con su respectiva chaveta o cuña.

CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA.-

En realidad no existe hasta el momento una forma analítica para calcular la potencia requerida por un agitador de esta naturaleza, su cálculo esta basado en formulas empíricas basadas en datos obtenidos median

te modelos en el laboratorio. En nuestro caso nos basaremos en un diagrama que da el manual del ingeniero químico (Ref 9)
Partiendo de una viscosidad promedio de 20 centipoises, una densidad aproximada de las arcillas decoloradoras y el aceite de unos 1.200 Kg/m^3 y una velocidad de la hélice de 100 RPM, obtendremos del gráfico Hp-4, para hélice de tres aspas y un pie de diámetro.

CALCULO DEL EJE
Este cálculo es similar al del neutralizador, por lo tanto, usaremos la mismas fórmulas y el mismo criterio.
El material será: acero AISI C-1040

$$fs = \frac{16}{\pi d_e^3} \sqrt{(Cm\ M)^2 + (Ct\ T)^2}$$

Si M es despresible

$$fs = \frac{16 Ct T}{\pi d^3}$$

Pero:

$$T = \frac{63.000 \times Hp}{N} = \frac{63.000 \times 4}{100} = 2.520$$

Reemplazando el valor obtenido del torque:

$$fs = \frac{16 \times Ct \times 2.520}{\pi d_e^3}$$

Donde Ct= 1 para carga aplicada de repente con choque ligero (Ref 10) y $fs = \frac{58.000}{n}$ psi (Ref 11)

de donde:

$$d_e^3 = \frac{16 \times 1 \times 2.520}{3,14 \times 58.000/n} \qquad n=2$$

d_e = pulgadas = 3/4"

CALCULO DE LA CHAVETA.-

Esta chaveta ira colocada en el extremo del eje, en donde se acoplará el motoreductor, la ecuación (Ref 10) que se aplicará para este cálculo será:

$$L = \frac{2TKt}{Ts\ d\ w'} = \frac{2 \times 2.520 \times 1}{\frac{58.000}{2} \times 3/4 \times 3L16}$$

$$L = 1.23 = 1\ 1/4"$$

donde, de, w' y Kt son valores tabulados para cuñas cuadradas, en el apéndice se dan los valores de d y w' en la tabla (5), el valor de Kt=1 es el coeficiente de fatiga para carga aplicada de repente y con choque ligero (Ref 10).

CALCULO DEL RECIPIENTE

Como ya se dijo anteriormente el recipiente para el blanqueador no es sino una caldera cilíndrica, capaz de soportar vacio, es decir, sometido a presión externa. El cabezal superior es convexo, y el fondo cónico.

Para el cálculo empezaremos en primer lugar por determinar el espesor de la plancha y su peso, de la parte cilíndrica, cabezal superior y fondo cónico, para luego efectuar el cálculo de los soportes.

CALCULO DEL ESPESOR DE LA PLANCHA:

Parte cilíndrica.-Este cálculo será efectuado de acuerdo a las normas establecidas en el código ASME

(Ref 12) para recipientes a presión sin fuego. Este código indica una manera de cálculo que se denomina, de las aproximaciones sucesivas, y se realiza de la siguiente manera:
Asumimos un espesor de plancha de 3/8", luego establecemos la relación siguiente:

$$\frac{L}{D' + 2S} = \frac{L}{D_o} = \frac{13,2 \times 12}{6,6 \times 12 + 0,75} = 1,8$$

donde:

L= largo del recipiente

D'= diámetro interior

S =espesor de plancha

D_o= diámetro exterior

Luego establecemos otra relación

$$\frac{D_o}{S} = \frac{82,35}{0,375} = 222$$

Con los valores obtenidos en las relaciones anteriores, entramos en el gráfico (10) del apéndice, tomando en primer lugar el valor de L/D_o=1,88, siguiendo horizontalmente hasta interceptar la diagonal para D_o/L = 222; obtenemos = 000275 pulgadas por pulgadas. Moviendo verticalmente hasta la línea de temperatura de trabajo, obtendremos desplazandonos hacia la derecha un factor llamado B= 4.000. La máxima presión externa admisible para el espesor de plancha asumido de 3/8" será:

$$P_{admisible} = \frac{B}{D_o / L}$$

donde:

Padm = presión

B=coeficiente determinado por gráfico

ϵ = deformación

reemplazando valores:

$$Padm. = \frac{4.000}{222} = 18 \text{ psi}$$

Este valor es adecuado ya que la presión externa que va a recibir este recipiente es la presión atmosférica.

El peso de la parte cilíndrica será:

$Wr' = \pi DL\ \gamma' = 3,14 \times 6,8 \times 13,5 \times 15,3 = 4,420$ lbs

donde: γ' es el peso en libras de 1 pie^2 de plancha de 3/8 de espesor.

CALCULO DE LOS CABEZALES

Con el fin de dar una mayor facilidad para poder deslojar la suspención del aceite con las arcillas blanqueadoras, el fondo será cónico y el cabezal superior será elíptico.

Fondo cónico del recipiente.-Con un ángulo de 90° se obtienen excelentes resultados (Ref 3), es decir todas las particulas sólidas pueden pasar al filtro, evitandose la acumulación en el fondo, que ocasionarian molestias futuras.

Para el cálculo emplearemos el método seguido por el código de la ASME, como en el caso anterior, es decir, el método de tanteo.
Asumiendo un espesor de plancha de 3/8" (Ref 12)

Establecemos luego las relaciones siguientes:

$$L = \frac{D/2}{tg}$$

$$L = \frac{41,37}{tg\ 45^\circ} = \frac{41,37}{0,4142} = 99,5$$

$$\frac{L}{D_o} = \frac{99,5}{82,35} = 1,2$$

$$\frac{D_o}{S} = \frac{82,37}{0,37} = 250$$

Como en el caso anterior, entramos en el mismo gráfico (10) del apéndice, y encontramos:

La deformación máxima $\epsilon = 0,0003$ pulgadas por pulgada, y $B = 4.500$

La presión admisible será:

$$P_{admisible} = \frac{B}{D_o/S} = \frac{4.500}{250} = 18 \text{ psi}$$

que es adecuada.

El peso del fondo cónico será:

$$W_{F''} = \pi R L S \gamma' = \frac{3,14 \times 41,18 \times 41,18 \times 1,414 \times 40}{12 \times 12 \times 2} = 1280 \text{ lbs}$$

CABEZAL SUPERIOR ELIPTICO.-
Este diseño tambien involucra aproximaciones suse-

sivas, y se efectua como en los casos anteriores (Ref 12) Es así como, asumiendo un espesor de 3/8", estableciendo nuevas relaciones, tendremos:

Si a = 3, 4 y b= 1, 7 $\quad a/b = 2$

De la tabla (8): $\quad r_c/d = 0,9$

de donde

$$r_c = 0,9 \times 82,37 = 74,13$$

$$\frac{r_c}{100S} = \frac{74,13}{37,5} = 1,97$$

$$\frac{D_o}{S} = \frac{(12 \times 6,8) + 0,75}{0,375} = 220$$

Entrando en el gráfico, encontramos:

ϵ= 0, 00022 pulgadas por pulgada de deformación

B= 3.300

La presión admisible será:

$$Padmisible = \frac{B}{\frac{rc}{100S}} = \frac{B}{100} = \frac{3.300}{197} = 16,7 \text{ psi}$$

que es adecuado.

El peso de este cabezal se calcula de acuerdo a las normas establecidas en código ASME (Ref 12) de la siguiente manera:

$$\text{Diámetro} = D_o + \frac{D_o}{42} + 2\,sf + \frac{2}{3}\,icr$$

para t < 1"

De la tabla (8) icr=5-1/8=radio interior de esquina del cabezal

sf= 2 = parte recta del cabezal

$$Diámetro = 84 + -\frac{84}{42} + 4 + -\frac{2}{3} \times -\frac{5}{8} = 84 + 2 + 4 + 4/12 = 93,41"$$

Este valor del diámetro se reemplaza en la siguiente ecuación

$$Wr''' = \frac{\pi x D^2}{4} S \times \frac{\gamma}{1728} = \frac{3,14 \times (93,41)^2 \times 1/2 \times 490}{4 \quad 1.728}$$

$$Wr''' = 1247,65 \text{ lbs}$$

El peso total del recipiente será:

$$Wr = 4.420 + 1.280 = 1247,65 = 7947,65 \text{ lbs}$$

DISEÑO DE LA TAPA DE REGISTRO.-

Según recomendaciones de la API, Americana Petroleun Institute, standard 12 C, para toda abertura en un cascarón o recipiente mayor de 2" de diámetro, es necesario reforzar los alrededores del agujero, con el fin de evitar sobretensiones.
Las dimensiones de la tapa de registro (gráfico (11) del apéndice) serán:

espesor = S = 7/16"

espesor del cordon de soldadura: tipo A=3/16"

B=7/16"

ancho del refuerso= w= 53-1/2"

longitud del lado l=45"

diámetro del agujero del recipiente Dp=24=3/4"

diámetro del círculo de los pernos Db=26-1/4"
Diámetro de la tapa Dc=28-3/4"
material de empaquetadura: fibra larga de asbesto
diámetro exterior=25-3/8"
diámetro interior=20"

CALCULO DE SOPORTES.-

Para este diseño emplearemos los soportes tipo oreja como se indica en el gráfico (8) del apéndice. Su uso casi generalizado se debe a que son los más económicos y ocupan un espacio relativamente pequeño, pueden además absorver expanciones diametrales con solo deslizarse sobre su asiento y, por último son fácilmente instalables y nivelables en el sitio.

Como resultado de la excentricidad de la carga en este tipo de soportes (Ref 12), esfuerzos de comprensión, tensión y corte son inducidos en la pared del recipiente. Las fuerzas de tensión y compresión causan esfuerzos de flección indeterminados que pueden ser combinados con los esfuerzos de presión circunferenciales y longitudinales.

La fuerza cortante actúa en una dirección paralela al eje longitudinal del recipiente, y el esfuerzo cortante inducido por esta fuerza es relativamente tan pequeño que puede despresiarse.

Los soportes de oreja son ideales para recipientes de paredes delgadas (Ref 12), ya que las paredes delgadas tienen un considerable momento de inercia y son capaces de absorver los esfuerzos de flección debidos a la excentricidad de las cargas.

Para el cálculo de la carga de compresión P (lbs) será necesario considerar la carga debida al viento que es la que tiende a virar el recipiente cuando esta vacio, y la carga debido al peso muerto.

El más alto esfuerzo comprensivo en el soporte ocurre sobre el lado en que corre el viento, cuando el

recipiente esta lleno, porque la carga muerta y la carga del viento son sumadas.
El esfuerzo de tensión más alto ocurre en el lado contrario a la dirección del viento, cuando el recipiente esta vacio, porque en este caso la carga muerta es restada de la carga del viento.
De alli que el esfuerzo sobre el lado en que corre el viento es el factor determinante del diseño de los soportes.
La carga máxima total de compresión en P (lbs) en la más remota viga de apoyo será:

$$P = \frac{4PwH}{\pi Dbc} + \frac{W}{ni}$$

En primer lugar determinaremos la presión del viento Pw, a partir de la siguiente ecuación (Re 12):

$$P'w = 0,0040 Fs V^2 w$$

El código ASA da un valor de Fs=0,6 para ser usado en este tipo (Ref 12) de diseño, entonces:

$$P'w = 0,0025 V^2_w$$

Si calculamos esta presión del viento para cuando la velocidad del mismo es de 29,5 millas por hora, tendremos:

$$P'_w = 0,0025 (29,5)^2$$

la carga del viento será:

$$Pw = P'_w A$$

$$Pw = 0,0025 (29,5)^2 \left(D_{exterior} x H + Dext \frac{hc}{2}\right)$$

Reemplazando:

$$Pw=0,0025(875,25)(\frac{82,35}{12}x13,5+3,14x3,4x1,7+\frac{3,4}{2}x1,7)$$

$$Pw=0,0025 \times 875,25 \times 56,67=123,2 \text{ lbs}$$

$$Pw=123,2 \text{ lbs}$$

La carga muerta viene determinada por la suma de las cargas de cada elemento del equipo, entonces tendremos:

$$W = w_a + w_s + w_i + w_m$$

w_a = 22.800 lbs

w_a = 22.800 lbs

w_s = 266 x 2,71 lbs/pie=720,86 lbs

w_i = asumimos 320 lbs

w_m = asumimos 500 lbs

W = 31.100 lbs

Con los valores obtenidos calculamos P

$$P = \frac{4 \times 123,2 \times 13,2}{4 \times 7,8} + \frac{31.100}{4} = 2.296 \text{ lbs}$$

Una vez determinada la carga máxima P de compresión, determinaremos las dimensiones del soporte, tomando como base, que el material será el mismo que el del recipiente y tendrá un esfuerzo admisible de 13.600 psi. Partiendo de la ecuación (Ref 12).

$$S = \frac{3}{(1-u^2)^{2/3}} \frac{(1-u^2)^{1/2}}{} \left(\frac{P}{m} \frac{a}{Lf}\right)_{adm}^{2/3} R^{1/3}$$

Como en el caso del neutralizador y,

Si u = 0,3 para acero, entonces:

$$S = 1,76 \left(\frac{Pa}{mLf_{adm.}}\right)^{2/3} R^{1/3}$$

asumiendo las demás dimensiones del soporte, tendremos (ver gráfico (8) del Apéndice)

L= 1 pie = 12 pulgadas

R= 3,4 pies

a= 0,5 pies

m= 2A= 0,5 pies

reemplazando:

$$S = 1,76 \left(\frac{2.292 \text{ lbs} \times 0,5 \text{ pies}}{0,5 \text{ pies} \times 12 \text{ pulgadas} \times 13.600 \text{lbs/pulg}^2}\right)^{2/3} \times (40,8)^{1/3}$$

S= 3/8 pulgada

DETERMINACION DEL FLUJO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

La temperatura del aceite deberá ser reducida antes de eliminar el vacio en el recipiente de blanqueo con el objeto de evitar una segura oxidación del aceite, al ser expuesto al aire a temperatura elevada. En este caso se empleara el agua como medio enfriante por ser el más económico. La transferencia de calor del aceite al agua se efectuará por medio del serpentin empleado en la calefacción del aceite y, la temperatura del aceite de reducirá de 248°F a 180°F, mientras que, la temperatura del agua aumentará de 80°F a 160°F. El agua entrará a una temperatura constante debido a que será succionada de una torre de enfriamiento.

Para efectuar este cálculo partiremos de un balance de energia, sabiendo que:

$$Q_{aceite} = Q_{agua}$$

$$Q = \dot{m}\, Cp \Delta T$$

Si, $Q_{aceite} = 22.800\ lb/hr \times 0,511\ BTU/lb-°F (248-80)°F$

$$= 1'957.335\ BTU/hr$$

$$Q = \dot{m}\, Cp \Delta T$$

$$Q_{agua} = \dot{m} \times 1\ BTU/lb-°F \times \Delta T$$

$$Q_{agua} = \dot{m} \times 1\ BTU/lb-°F = 1'957.335\ BTU/hr$$

de donde:

$\dot{m} = \frac{11957.335}{80 \times 1} = 24.467$ lbs/hr

Lo que corresponde a un flujo de:

$\dot{m} = 24.467$ lb/hr x 1hr/60 min. x0,1198 gal./lb

$\dot{m} = 47$ GPM

En realidad podriamos usar una bomba de circulacion de agua de 50 GPM

f.-CALCULO Y DISEÑO DEL EQUIPO DE DESODORIZACION

El equipo necesario para la desodorización del aceite consta de: un tanque cerrado con sus extremos o cabezales superior e inferior convexos. Todas las juntas estan soldadas a martillo para mantener la caldera completamente estánca, la cual, además, está aislada con materiales termófugos para reducir al mínimo las pérdidas por radiación.
La altura del recipiente es habitualmente dos veces el diámetro y, la capacidad del recipiente debe ser superior al 40% de la capacidad real de trabajo, con el fin de que quede un amplio espacio libre sobre el nivel de aceite (Ref 3), para cuando se expanda el aceite al calentarlo y para evitar excesivas pérdidas por arrastre producidas durante la destilación por medio de la corriente de vapor.
En el interior del recipiente van los dispositivos de calefacción, que en este caso será un serpentín, que a su vez servirá para enfriar el aceite luego de terminado el proceso. Un dispositivo para vapor directo, en forma de araña y construido de tuberia (gráfico 12 del apéndice) perforada en todas direcciones con el fin de lograr que se mezclen intimamente el vapor y el aceite. Por ultimo una Bomba de vacio

CALCULO DE LA CAPACIDAD.-
El volumen del recipiente sera entonces:

$$V = \frac{w_a}{\rho_a} \qquad \text{donde: } w_a = 10 \text{ Ton.} = 22.000 \text{ lbs}$$

$$\rho_a = 58 \text{ lbs/pie}^3$$

$$V = \frac{22.000 \text{ lbs}}{58 \text{ lbs/pie}^3} = 380 \text{ pies}^3$$

$V = \pi R^2 H$ Para determinar las dimensiones

Se tendrá:

Si $H = 4R$

$V = 4\pi R^3$ de donde

$$R^3 = \frac{V}{4\pi} = \frac{380}{12,56} = 30 \text{ pies}^3$$

de donde:

$R = 3,1$ pies

$H = 12,4$ pies

La altura del equipo será entonces $12,4 + 40\% = 17,4$ pies, para facilidad de cálculo se tomará el valor del radio del recipiente como $R = 3$ pies

$H = 17,4$ pies

$R = 3$ pies

CALCULO DEL SERPENTIN

Como en los casos anteriores, seguiremos las especificaciones del código ASTM y, emplearemos tubos de acero al carbono A-53 grado A tipo schedule 80 de 2 pulgadas.

Datos técnicos:

tubo: acero al carbono

espesor del tubo $S = 0,17"$

diámetro interior $Di = 1,93"$

diámetro exterior $De = 2,38^2$

área interior $Ai = 2,95$ pulg.^{2}

área exterior $Ae = 0,622$pulg.^{2}

peso ws= lbs/pie

medio calefactor: vapor recalentado a 200 psi y 700°F

Calor específico Cp= 0,49 BTU/lbm-°F

viscocidad u= 0,055 lbm/h-pie

cóef. de transf. de calor por cond. k=0,027 BTU/h-pie-°

Temperatura del aceite (ambiente) T_1= 80°F

Temperatura máxima del aceite T_2= 464°F

flujo de vapor $\dot{m}$= 2.100 lb/h (asumido)

CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR DE PELICULA (h)

Cálculo del coeficiente de película exterior. En este caso tenemos convección libre, y se calculará de la siguiente ecuación (Ref k15):

$$\frac{hD}{K} = 0,45\ (Gr)^{1/4}(Pr)^{1/4}$$

donde:

Gr= número de Grashof

$$\frac{hD}{K} = 0,45\ (GrPr)^{1/4}$$

$$= 0.45\ \left(\frac{g\beta\Delta T D^3 \rho^2 Cp}{uk}\right)^{1/4}$$

$$\frac{hD}{K} = 0.45\ \left(\frac{115.600 \times 45 \times 10^{-5} \times 620 \times (0.19)^3 (52)^2 (0.56)}{3 \times 0.073}\right)^{1/4}$$

$$= 0.45\ (1'270.356)^{1/4}$$

$$\frac{h\,D}{K} = 15,1$$

$$he = \frac{15.1 \times 0.073}{0.19} = 5,8\ BTU/hr\text{-}pie^2\text{-}°F$$

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PELICULA INTERIOR.-

Como en los casos anteriores tendremos:

$$G'' = \frac{W}{0.5LNt} = \frac{2.100}{0.5.230} = 18.3$$

Del gráfico 18 determinamos hi= 2200 BTU/hr-pie^2-°F

CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA LOGARITMICA.-

Como en los casos anteriores

$$\Delta Ta = Thi - Tci = 700-80 = 620$$

$$\Delta Tb = Th2 - Tc2 = 700-464 = 236$$

$$\Delta Tln = \frac{620 - 236}{\ln \frac{620}{236}} = 400°F$$

CALCULO DE LA ENERGIA TERMICA NECESARIA

La cantidad de aceite a tratarse sera de 22.000 lb. el perfodo de calentamiento será de 1,5 horas.

$$Q = \frac{22.000}{1.5} \times 0.49\ (464-80)$$

$$= 2'878.000$$

El flujo ideal necesario de vapor será:

$$Q = \overset{o}{m} C1$$

$$\overset{o}{m} = \frac{2878000}{1.376,6} = 2.094$$

Luego el valor asumido es correcto.

CALCULO DEL COEFICIENTE TOTAL DE TRANSFERENCIA (U)

Se determinará de:

$$U = \frac{1}{\frac{Do}{Dihi} + \frac{Do\ ln(Do/Di)}{2Kn} + \frac{1}{ho} + \frac{1}{ha}}$$

donde:

$$\frac{1}{ha} = 0.003 \text{ Ref (3)}$$

$$U = \frac{1}{\frac{2.38}{1.93.2200} + \frac{0.19\ ln\ 1.2}{50} + \frac{1}{5,8} + 0,003}$$

$$= \frac{1}{0,00054 + 0,00068 + 0.017 + 0.003} = 5,8$$

CALCULO DEL AREA DE TRANSFERENCIA DEL CALOR.-

El área de transferencia de calor viene definida por la siguiente ecuación;

$$Q = A U \Delta T ln \qquad \text{de donde}$$

$$A = \frac{Q}{U \Delta T ln} = \frac{2'878.000}{5,8 \times 400} = 1264 \text{ pies}^2$$

Si el área exterior del tubo es 0, 622 pies^2, el largo del serpentin será:

$$L = \frac{1264}{0,622} = 1952 \text{ pies}$$

El serpentín de vapor en este caso será dèvididos en: (gráfico 13 del Apéndice)

Un colector de vapor de 4 pies de diámetro, o sea, de 12, 56 pies de circunferencia.
Un distribuidor de vapor a los serpentines de 4 pies de diámetro, o sea, de 12, 56 pies de circunferencia.
Cuatro serpentines helicoidales de 1, 5 pies de diámetro, cada uno con 240, 8 pies de largo, que corresponden a 50, 9 vueltas.

El objeto principal de esta distribución se debe a que, de ésta manera se crea una circulación del aceite debido a le diferencia de densidades ocasionadas por el creciente aumento de la temperatura del aceite que se encuentra en los alrededores del serpentin.

CALCULO DE LA CARGA DE CONDENSADO

La mayor carga de condensado se produce en el mo-

mento inicial, o sea, al calentar el aceite y el equipo: el condensado viene determinado (Ref 6) por:

$$Cc = \frac{w \times Cp \times \Delta T}{Cl \times O}$$

Asi, el condensado producido al calentar el aceite será:

$$Cc = \frac{22.000 \text{ lbs} \times 0,46 \text{ BTU/lb-°F} \times 620°F}{1.373,6 \text{ BTU/lb} \times 1,5 \text{ hr}}$$

El condensado producido al calentar el equipo será:

$$Cc = \frac{32.900 \times 0,12 \times 443}{1.373,6 \times 1,5} = 895,24 \text{ lbs/hr}$$

La carga total de condensado será:

$$Cct \quad 3.041,6 + 895,2 = 3.936,84 \text{ lb/hr}$$

CALCULO DE LA CAIDA DE PRESION EN EL SERPENTIN.-
Entrando en la carta (Ref 6) para tuberia schedule 80, con un flujo de 2.100 lbs/h verticalmente hasta 2 pulgadas, obtenemos 4 psi/100 pies, buscando el factor de corrección para 200 psi, tendremos que es 9,55. La caida de presión será:

$$p = 0,55 \times 4 \quad 2,2 \text{ psi/100 pies}$$

DETERMINACION DE LA TRAMPA DE VAPOR.-
El tipo de trampa recomendado por los manuales SARCO (Ref 7) para este tipo de aplicación, es la termodinámica.
Entrando en la table (6) del apéndice, con 200 psi, se encuentra que para una trampa de 1 pulgada tipo B, la capacidad de condensado es de 5.850 lbs/h, con és-

ta trampa se tendra un factor de seguridad de:

$$n = \frac{Cm}{Cct} = \frac{5.850}{3.936,86} = 1,49$$

que está dentro de los límites recomendados, estos límites son de 1,2 a 2.

DETERMINACION DEL AISLAMIENTO

El material calorífugo a emplearse será: lana de vidrio. Para efectuar esta determinación se hará referencia al gráfico (5) del apéndice proporcionado por los fabricantes de este producto, de allí tendremos que:

Si la temperatura de la cara caliente es de 464°F, y si, se asume un espesor de aislamiento de 75 mm =3 pulgadas. Se obtiene una pérdida de calor de 90 kcal/m^2-hr=33,75 BTU/hr-pie^2, que es relativamente baja y puede despresiarse. La densidad de este producto es de 40 Kg/m^3 (Ref 8)

Determinación del flujo de agua de enfriamiento.- La temperatura del aceite deberá ser reducida antes de eliminar el vacio en el recipiente de desodorización con el objeto de evitar que el aceite se oxide en presencia del aire. El medio enfriante será agua por ser el más económico. La transferencia de calor del aceite al agua se efectuará por medio del serpentin empleado para calefacción del aceite, y, la temperatura del aceite se reducirá de 464°F a 180.°F. Para efectuar este cálculo se realizara un balance de energía, sabiendo que:

$$Q_{aceite} = Q_{agua}$$

Si, Q_{aceite}=22.001b/hrx 0,49BTU/lb-°F x(464-180)°F

$$= 3'061.520 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_{agua} = \dot{m} \times 1 \text{ BTU/lb-°F} \times T$$

donde:

$$Q_{agua} = \dot{m} \times 1 \text{ BTU/lb-°F} \times 80°F = 3'061.520 \text{ BTU hr}$$

donde:

$$\dot{m} = \frac{3'061.520}{80 \times 1} = 38.269 \text{ lbs/hr}$$

Lo que corresponde a un flujo de:

$$\dot{m} = 38.269 \text{ lb/hr} \times 1\text{hr}/60 \text{ min.} \times 0,1198 \text{ gal./lb}$$

$$= 76,5 \text{ GPM} = 80 \text{ GPM}$$

CALCULO DEL RECIPIENTE

Como ya se dijo anteriormente que, el recipiente para el desodorizador no es sino un recipiente cilíndrico, capaz de soportar vacio, es decir, sometido a presión externa. Los cabezales superior e inferior son convexos.

Para el cálculo se empeñará por determinar el espesor de la plancha y su peso, de la parte cilíndrica, cabezal superior e inferior, para luego efectuarlel cálculo de los soportes.

CALCULO DEL ESPESOR DE LA PLANCHA

Parte cilíndrica: Este cálculo será efectuado de acuerdo a las normas establecidas en el código ASME (Ref 12) para recipientes a presión sin fuego:

Este código indica una manera de cálculo que se denomina, de las aproximaciones sucesivas, y se realiza de la siguiente manera:

se asume un espesor de plancha de 7/16", luego al establecer una relación siguiente:

$$\frac{L}{D' + 25} = \frac{L}{D} \quad \frac{17,36 \times 12}{6x12=0,875} = 2,86$$

Luego se establece otra relación

$$\frac{D_o}{S} = \frac{72,875}{0,4375} = 166,7$$

Con los valores obtenidos en las relaciones anteriores se entra en el grafico (10) del apéndice, tomando en primer lugar el valor de $L/D_o = 2,86$; siguiendo horizontalmente hasta interceptar la diagonal para $D_o/t = 166,7$; se obtendra= 0,00019 pulgada por pulgada. Moviendo verticalmente hasta la linea de temperatura de trabajo, se obtendra desplazandole hacia la derecha, un factor llamado B= 2.750. La máxima presión externa admisible para el espesor de plancha asumido de 7/16" será (Ref 12)

$$P_{admisible} = \frac{B}{D_c/t}$$

reemplazando valores:

$$P_{adm.} = \frac{2.750}{166,7} = 16,5 \text{ psi}$$

Este valor es adecuado ya que la presión externa que va a recibir el recipiente es la presión atmosférica.

El peso de la parte cilíndrica será:

$$Wr' = \pi D L \gamma = 3,14 \times 6 \times 17,36 \times 22,95 = 7.490 \text{ lbs}$$

CABEZALES.-

Este diseño tambien involucra aproximaciones sucesivas, y se efectua como en los casos anteriores. Es así como, asumiendo un espesor de plancha de 5/16", estableciendo nuevas relaciones se tendrá:

Si, $a = 3$ pies y $b = 1,625$ pies

$$a/b = 3/1,625 = 1,8$$

De la tabla (8) del apéndice: $r_c/D = 0,81$

de donde $r_c = 0,81 \times 72,25 = 58,92$

$$\frac{r_c}{100} = \frac{58,92}{100 \times 0,312} = 1,8$$

$$\frac{D}{t} = \frac{72,31}{0,312} = 234$$

Entrando en el gráfico (10), encontramos:

$$B = 2.800$$

La presión admisible será:

$$P_{adm.} = \frac{E}{100}\left(\frac{r_c}{t}\right)100 = \frac{2.800}{1.8 \times 100} = 15,5 \text{ psi}$$

que es adecuado.

El peso de estos cabezales se calcula de acuerdo a las normas establecidad en el código ASME (Ref 12) de la siguiente manera:

$$\text{Diámetro} = D_o + \frac{D_o}{42} + 2sf + \frac{2}{3}\,icr$$

para $S < 1"$

De la tabla (8) del apéndice: icr=5-1/8"=radio interior de la esquina del recipiente

sf= 2"=parte recta del recipiente

Diámetro= 72+1, 71+4+2, 91=80, 62 pulgadas

Una vez determinado el diámetro, se reemplaza en la siguiente ecuación que dará el peso de cada cabezal:

$$Wr' = \frac{\pi D^2 S}{4}\,\frac{\gamma}{1.728} = \frac{3.14 \times (80.62)^2 \times 5/16}{4}\,\frac{490}{1.728} = 454$$

$$Wr' = 454 \text{ lbs}$$

Como son dos cabezales, el peso de los dos cabezales será de 908 lbs.

El peso total del recipiente será:

wr= 7.490 + 908= 8.398 lbs

DISEÑO DE LA TAPA DE REGISTRO.-

Según recomendaciones de la American Petroleun Institute API, standard 12C, para toda abertura en un cascarón o recipiente mayor de 2 pulgadas, es necesario reforzar los alrededores del agujero, con el fin de evitar sobretensiones.

Las dimensiones de la tapa de registro (ver gráfico 11 del Apéndice) serán:

espesor S= 7/16"

espesor del cordón de soldadura: Tipo A= 3/16"
B= 7/16"

ancho del refuerzo w= 53-1/2"

longitud del lado L= 45"

diámetro del agujero del recipiente Dp=24-3/4"

diámetro del circulo de pernos Db= 26-1/4"

diámetro de la tapa Dc= 28-3/4"

material de la empaquetadura: fibra larga de asbesto

diámetro exterior= 25-3/8"

diámetro interior= 20"

CALCULO DE LOS SOPORTES.-

Para este diseño se empleara los soportes tipo oreja como se indica en el gráfico (7) del apéndice.

Su uso casi generalizado se debe a que son los más economicos y ocupan un espacio relativamente pequeño, pueden además absorver expanciones diametrales con solo deslizarse sobre su asiento y, por último son fácilmente instalables y nivelables en el sitio.

Como resultado de la excentricidad de las cargas en este tipo de soportes (Ref 12) esfuerzos de compresión, tensión y corte son inducidos en la pared del recipiente. Las fuerzas de tensión y compresión causan efuerzos de flección indeterminados que pueden ser combinados con los efuerzos de presión circunferenciales y longitudinales.

La fuerza cortante actúa en una dirección paralela al eje longitudinal del recipiente, y el esuerzo cortante inducido por esta fuerza es relativamente tan pequeño que puede despresiarse.

Los soportes de oreja son ideales para recipientes de paredes delgadas (Ref 12) ya que las paredes delgadas tienen un considerable momento de inercia y son capaces de absorver los efuerzos de flección debidos a la excentricidad de las cargas.

Para el cálculo de la carga de copresión P (lbs) será necesario considerar la carga debida al viento que es la que tiende a virar el recipiente cuando esta vacio, y la carga debido al peso muerto.

El más alto esfuerzo compresivo en el soporte ocurre sobre el lado en que corre el viento, cuando el recipiente esta lleno, porque la carga muerta y la carga del viento son sumadas.

El esfuerzo de tensión más alto ocurre en el lado contrario a la direcc fón del viento, cuando el recipiente esta vacio, porque en este caso la carga muerta es restada de la carga del viento.

De ahí que el efuerzo sobre el lado en que corre el viento es el factor determinante del diseño de los soportes.

La carga máxima total de compresión en P (lbs) en la más remota viga de apoyo será:

$$P=\frac{4Pw}{n_i}\frac{H}{Dbc}+\frac{W}{n_i}$$

El código ASA da un valor de Fs=0,6 para ser usado en este tipo de diseño, entonces:

$$P'w = 0,0025 V^2_w$$

Si se calcula esta presión del viento para cuando la velocidad del mismo es de 29,5 millas por hora, se tendrá

$$P'_w = 0,0025\ (29,5)^2$$

La carga del viento será:

$$Pw = P'_w A$$

$$Pw = 0,0025(29,52)^2 (D_c\ H + \frac{ab}{2})$$

$$= 0,0025(29,52)^2\ (91,8 + 23,45) = 250\ lbs$$

La carga muerta viene determinada por la suma de las cargas de cada elemento del equipo, entonces se tendrá:

$$W = w_a + w_s + w_i + w_r + w_c$$

w_a = 22.000 lbs

w_s = 196,6 x 5,02 lbs/pie = 987 lbs

w_i = asumimos 500 lbs

w_c = asumimos 600 lbs -peso de campana de retención

wr = 8.398 lbs

$$W = 32.485\ lbs = 32.500\ lbs$$

Con los valores obtenidos se calcula P

$$P = \frac{4 \times 250\ lbs \times 17,36\ pies}{4 \times 7,506\ pies} + \frac{32.500\ lbs}{4}$$

$$P = 8.700\ lbs$$

Una vez determinada la carga máxima P de compresión, se determinará las dimensiones del soporte, tomando como base, que el materiral será el mismo que el del recipiente y tendrá un esfuerzo admisible de 13.600 psi. Partiendo de la ecuación (Ref 12)

Como en el caso del neutra lizador y, si u=0,3 para acero, se tendra que resolviendo para S, dará:

$$S=1,76\left(\frac{P\,a}{m\,L\,f_{adm.}}\right)^{2/3} r^{1/3}$$

Asumiendo las demás dimensiones del soporte (ver gráfico (8) del apéndice)

$L = 12$ pulgadas

$R = 3$ pies

$a = 0,5$ pies

$m = 2A = 1$ pie

reemplazando:

$$S=1,76\left(\frac{8.700\ \text{lbs} \times 0,5\ \text{pies}}{1\ \text{pie} \times 12\ \text{pulg.} \times 13.600\ \text{psi}}\right)^{2/3} (36\ \text{pulg})^{1/3}$$

$$S = 1,76 \times 0,089 \times 3,3 = 0,517$$

$$S = 9/16 \text{ pulgada}$$

g.-OPTIMIZACION DE LA TUBERIA PRINCIPAL DE VAPOR

Dada la importancia que representa el ahorro de vapor en la planta, se tratará de determinar el tipo de tubería (diámetro y espesor de aislamiento), para que, a un menor costo, se obtenga una maxima eficiencia.
En primer lugar se formulará un modelo matemático capaz de representar los principales costos que intervienen en el diseño. A este modelo matemático se lo conoce como función de criterio o función objetivo. Se empezará por

COSTO DE GENERACION.
Se puede establecer que este costo es proporcional a la cáida de presión en la linea

$$si: \quad P = f\frac{L}{D}\cdot\frac{16}{\pi^2}\cdot\frac{P}{D^4}\cdot Q^2\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{g} \Rightarrow f\frac{8L}{\pi^2 D^5}\cdot\frac{P}{g}\cdot Q^2$$

Donde:

P = caída de presión
f= factor de fricción
L= long. de tuberia que la asumiremos 50'
D = diámetro de la tuberia
p = densidad
Q= flujo de vapor
g= gravedad

Entonces:

$$Cg = Kg\ P$$

Para determinar el valor de las constantes de proporcionalidad, se calculara el costo de generar 1 [illegible] 350

lbs/h, y ser conducidos por una tubería de diámetro y espesor de aislamiento razonables.
Para este tipo de caldero de vapor el costo de operación y mantenimiento es de 300 s/h
Si se asume una velocidad (V) del vapor de 12.000 pies/min. = 200 pies/seg. (Ref 13)
De las tablas de vapor se tendra que:

$$v = 1,8438 \text{ pies}^3/\text{lb} \text{ de donde, } p = 0,54 \text{ lbs/pie}^3$$

$$Q = 10.350 \text{ lb/hr} \times 1,8438 \text{ pies}^3 \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ sg}} = 5,29 \text{ pies}^3/\text{sg}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{5,29}{200} = 0,02646 \text{ pies}^2 = 3,808 \text{ pulg}^2$$

de donde:

$$D = 2,2 \text{ pulg.}$$

El tubo que existe en plaza que mas se aproxima, es el schedule 40 de 1-1/2" con un diámetro de 2,469 pulg. = 0,205 pies.

$$A = 0,0314 \text{ pies}^2 \qquad V = \frac{5,29}{0,031} = 170,6 \text{ pies/sg}$$

Para determinar el factor de fricción, se encuentra

$$u = 0,0425 \ \frac{\text{lbm}}{\text{pie-hr}} \qquad \text{(Ref 13)}$$

y el número de Reynolds será:

$$Re = \frac{D}{u} \frac{G}{12} = \frac{2,469}{12} \times \frac{333.870}{0,0425} = 1'616.978$$

$$\frac{C}{D} = 0,00075 \qquad \text{(Ref 13)}$$

Con el Re y $\frac{C}{D}$ se encuentra en el diagrama de Moody que:

$$f = 0,019$$

Con todos los valores ya determinados se tendra que:

$$P=0,019\ \frac{50\ pies\ x8x\ 0,54\ lb/pie^3 x5,29(pies^3/sg)^2}{32pies/sg^2\ x\ (3,14)^2 x\ (0,2)^5 pies^5 x144pulg^2/pie}$$

$$P= 0,169\ lbs/pulg^2$$

Las pérdidas debidas a los accesorios serán:(Ref 15)

$$P = N\varpi\ (Gx10^{-5})/12$$

Donde:

ϖ N=coeficiente de pérdidas=(2x0, 3)+(2x0, 2)+2=3

Para codos de 90° N= 0, 3

para válvulas de compuerta N= 0, 2

para válvula de retención N=2

$$P= 3x\ 1,84(333.870 \times 10^{-5})/12$$

$$P= 5,06\ lbs/pulg^2$$

La caida de presión total será:

$$P= 0,169 + 5,06=5,229\ lbs/pulg^2.$$

La constante de proporcionalidad será:

$$Kg= \frac{Cg}{P} = \frac{300}{5,23} = 57$$

El costo de generación será entonces y por condición del problema

$$Cg= Kg\ \frac{1}{D^5}$$

COSTO DE CALENTAMIENTO

Este costo es proporcional a las pérdidas de calor (q)

$$q = \frac{2\,kL\Delta T}{\ln \frac{D+x}{D}}$$

Donde:

k= coeficiente de transferencia de calor por conduc.

ΔT= 320°F (para este tipo de aislante, según catalogo de Vidriotel)

x= espesor del aislamiento

$$q = \frac{6,28 \times 0,031 BTU/h\text{-pie}^{\circ}F \times 50\ pies \times 320^{\circ}F}{\ln \frac{2,469+1}{2,469}} = 188$$

Si el costo de calentamiento es Cc=300 S/./h, la constante de proporcionalidad será:

$$Cc = Kc\ q$$

de donde:

$$Kc = \frac{300}{188} = 1,5$$

Por condición del problema:

$$Cc = \frac{1,5}{\ln \frac{D+x}{D}}$$

COSTO DE TUBERIA.-

El costo de la tubería es proporcional al diámetro

$$Ct = Kt\ D$$

Para determinar el valor de las constante se utili-

zará una cotización para este tipo de material, encontrando un valor de la constante para cada valor de costo y diámetro, según muestra la tabla # 9 adjunte. Luego se asumira como valor real de Kt, el promedio de los valores obtenidos.

TABLA #2

Diámetro	Costo	Constante
1/2	1,44 s/. /pulg	2,88
3/4	2,08 s/. pulg	2,60
1	2,19 s/. pulg	2,19

$$Kt = \frac{2,88 + 2,60 + 2,19}{3} = 2,56$$

Luego:

$$Ct = 2,56D$$

COSTO DEL AISLAMIENTO

El costo del aislamiento es proporcional al espesor

$$Ca = Ka\ x$$

Para este caso la contante será determinada en la misma forma que en el caso anterior, entonces:

$$Ca = 0,9x$$

El costo total de esta operación será:

$$C = Cg + Cc + Ct + Ca$$

La función objetivo será entonces:

$$C = \frac{57}{D^3} + \frac{1,5}{In\frac{D+x}{D}} + 2,56D + 0,9x$$

Una vez obtenida esta función emplearemos el método de optimización de la aproximación unidimensional (Ref 14)
Para ello, se procede en primer lugar asumiendo valores aproximados de las variables independientes, basados en experiencias.

Así:

$$x_o = 1$$

$$D_o = 1$$

$$C_o = 62,63$$

Se inicia luego la primera vuelta de la optimización manteniendo x_o = constante y variando D hasta encontrar un valor óptimo; estos valores (ver pág. siguiente) son:

$$x_o = 1$$

$$D_1 = 1,8$$

$$C_1 = 11,198$$

Con D_1 = constante, se varia x hasta encontrar el óptimo correspondiente.

$$D_1 = 1,8$$

$$x_1 = 1,75$$

$$C_1 = 11,644$$

Luego efectuamos la segunda vuelta de la optimización para encontrar los siguientes valores

$D_2 = 1,84$

$x_2 = 1,70$

$C_2 = 11,207$

Por último, con la tercera vuelta que da los valores óptimos definitivos, y ellos son:

$D_3 = 2$

$x_3 = 1,70$

$C_3 = 10,890$

Con lo que se tendrá que la tubería más adecuada para este trabajo será de 2" de diámetro, con un espesor de 1.7 pulg.

Para probar los resultados someteremos la funcion de criterio a otro método, empleando para ello la computadora.

TABLA # 10

Resultado de optimizacion por la aproximacion unidimensional

Primera Vuelta

D	X	C
1	1	62,63

2	1	11.55
3	1	14.11
4	1	17.65
1.2	1	27.94
1.5	1	15.34
1.8	1	11.198 Optimo
2	1	11.55
1.8	0.5	14.318
1.8	0.75	12.703
1.8	1	11.998
1.8	1.25	11.839
1.8	1.50	11.680
1.8	1.75	11.644 Optimo
1.8	2	11.657

Segunda Vuelta

1.80	1.75	11.644
1.82	1.75	11.335
1.83	1.75	11.315
1.84	1.75	11.257 Optimo
1.85	1.75	11.307
1.85	1.60	11.229
1.85	1.70	11.207 Optimo
1.85	1.72	11.225

Tercera Vuelta

1.83	1.70	11.304
1.84	1.70	11.247

1.85	1.70	11.207
1.86	1.70	11.202
1.87	1.70	11.156
1.88	1.70	11.101
2	1.70	10.890 Optimo
2.2	1.70	10.899
2.4	1.70	11.220
2.5	1.70	11.554
3	1.70	12.857

Para comprobar por otro método se hace uso de las series de Taylor y el método de las aproximaciones s sucesivas, se tiene lo siguiente:

Sea la función de criterio:

$$C = \frac{57}{D^3} + \frac{1,5}{\ln \frac{D+x}{D}} + 2,56D + 0,9x$$

Si: $y = C$, $D = x1$, $x = x2$ entonces:

$$y = \frac{57}{x1^3} + \frac{1,5}{\ln \frac{x1+x2}{x1}} + 2,56\,x1 + 0,9x2$$

En el óptimo:

$$\nabla y^* = 0$$

Donde: y= gradiente de la función

$$\frac{\partial y}{\partial x1} = 0$$

$$= -285x1^{-6} - \frac{1,5(x1^3 + x1^2 x2)}{x1x2} + 2,56$$

$$\frac{\partial Y}{x2} = 0$$

$$= 1.5\,(x1)\,(x1 + x2) + 0.9$$

Haciendo:

$$\frac{\partial Y}{x1} = F \qquad y \qquad \frac{\partial Y}{x2} = G$$

o sea:

$$F\,(x1,\ x2) = 0$$

$$G\,(x1,\ x2) = 0$$

Una función de dos variables puede ser expandida en la vecindad de un punto $(x1^{(0)},\ x2^{(0)})$ por medio de una serie de Taylor:

$$F(x1^{(1)},\ x2^{(1)}) = F(x1^{(0)} + h,\ x2^{(0)} + R)$$

$$= F(x1^{(0)},\ x2^{(0)}) + h\,Fx1(x1^{(0)},\ x2^{(0)}) +$$

$$+ R\,Fx2(x1^{(0)},\ x2^{(0)})$$

Si:

$$x1^{(1)} - x1^{(0)} = h$$

$$x2^{(1)} - x2^{(0)} = R$$

Donde:

h y R son incrementos pequeños sumados a x1 y x2

Fx1 y Fx2 representan las derivadas parciales con respecto a x1 y x2

Se tiene para las dos ecuaciones que:

$$F(x1^{(1)}, x2^{(1)}) = F(x1^{(0)}, x2^{(0)}) + hFx1(x1^{(0)}, x2^{(0)}) + RFx2(x1^{(0)}, x2^{(0)})$$

$$G(x1^{(1)}, x2^{(1)}) = G(x1^{(0)}, x2^{(0)}) + hGx1(x1^{(0)}, x2^{(0)}) + RGx2(x1^{(0)}, x2^{(0)})$$

Por condición del problema:

$$F(x1^{(1)}, x2^{(1)}) = 0 = G(x1^{(1)}, x2^{(1)}) = 0$$

Luego:

$$hFx1 + RFx2 = -F$$

$$hGx1 + RGx2 = -G$$

Todas las funciones estan evaluadas en $(x1^{(0)}, x2^{(0)})$ que es el primer punto de tanteo.

Para determinar h y R, aplicamos la regla de Cramer, se tiene:

$$h = -\frac{\begin{vmatrix} -F & Fx2 \\ -G & Gx2 \end{vmatrix}}{D} \qquad R = -\frac{\begin{vmatrix} Fx1 & -F \\ Gx1 & -G \end{vmatrix}}{D}$$

Donde:

$$D = \begin{vmatrix} Fx1 & Fx2 \\ Gx1 & Gx2 \end{vmatrix}$$

Para una mayor exactitud en el tanteo, una vez obtenido h y R, se emplea:

$$x1^{(1)} = x1^{(0)} + h$$

$$x2^{(1)} = x1^{(0)} + R$$

Para efectuar cálculos numéricos sometemos este método a la computadora, (ver pág. siguiente programa de computación) obteniendo, luego de 7 iteraciones, los valores óptimos de la función de criterio en:

$$x1 = D = 2,094$$

$$x2 = x = 1,900$$

Tomando una aproximación de cálculo de 10^{-4}.

```
GE    1

/ JOB T

)G DRIVE   CART SPEC   CART AVAIL   PHY DRIVE
 0000        0001         0001         0000

) M10   ACTUAL  8K  CONFIG  8K

/ FORTRAN
LIST SOURCE PROGRAM
IOCS(CARD, 1132 PRINTER)
EXTENDED PRECISION
ONE WORD INTEGERS
---- METODO DE LAS APROXIMACIONES SUCESIVAS
      FLN(A,B)=ALOG(1.+B/A)
---- VALORES INICIALES
      N=0
      X1=2.0
      X2=1.0
   30 F=-285./X1**6+1.5*(X2/(X1**2+X1*X2))*(1./(FLN(X1,X2))**2)+2.56
      G=1.5*(1./(X1+X2))*(1./(FLN(X1,X2)**2))-0.9
      FX1=1710./X1**7+1.5*((-1./(FLN(X1,X2))**2)*((X2*(X1+X2)+X1*X2)/(
     ,X1*(X1+X2))**2)+(2.*X2**2/(X1*(X1+X2))**2)*1./(FLN(X1,X2))**3)
      FX2=1.5*(1./(X1+X2)**2*1./(FLN(X1,X2))**2-2.*X2/(X1*(X1+X2))**2*(
     ,1./(FLN(X1,X2))**3))
      GX1=1.5*(-(1./(X1+X2)**2)*1./(FLN(X1,X2))**2+2.*X2/(X1+X2)**2*1./(
     ,FLN(X1,X2))**3)
      GX2=1.5*(-(1./(X1+X2)**2)*1./(FLN(X1,X2))**2-2./(X1+X2)**2*1./(
     ,FLN(X1,X2))**3)
      D=FX1*GX2-GX1*FX2
      H=(-F*GX2+G*FX2)/D
      R=(-FX1*G+GX1*F)/D
---- PRUEBA DE CONVERGENCIA
      IF(ABS(F)-1.0E-04)10,20,20
   10 IF(ABS(G)-1.0E-04)50,20,20
   20 X1=X1+H
      X2=X2+R
      N=N+1
      GO TO 30
   50 WRITE(3,40)X1,X2
   40 FORMAT(//,' X1=',E12.4,2X,'X2=',E12.4)
      WRITE(3,60)N
   60 FORMAT(/,' CONVERGENCIA EN',I5,'  ITERACIONES')
      CALL EXIT
      END

FEATURES SUPPORTED
 ONE WORD INTEGERS
 EXTENDED PRECISION
 IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
 COMMON       0  VARIABLES     62  PROGRAM     538

END OF COMPILATION

// XEQ

 X1=  0.2094E 01  X2=  0.1900E 01

 CONVERGENCIA EN     7  ITERACIONES
```

CAPITULO # 4

ESTUDIO ECONOMICO

a.-NOTAS EXPLICATIVAS DE LOS COSTOS DE PRODUCCION.-

b.-INVERSION FIJA

c.-CAPITAL DE OPERACION

d.-INVERSION TOTAL

e.-COSTO DE PRODUCCION

f.-COSTO TOTAL DEL PRODUCTO

g.-COSTO UNITARIO

h.-ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS

i.- RENTABILIDAD

j.-PUNTO DE NIVELACION

a.-NOTAS EXPLICATIVAS DE LOS COSTOS DE PRODUCCION

TERRENO Y CONSTRUCCIONES.-
El costo del terreno se ha determinado de acuerdo a los vigentes en la zona del carretero a Daule, o sea, a la salida de Guayaquil y el de las construcciones según las características que deben reunir las mismas.

MAQUINARIA Y EQUIPO.-
Se ha calculado según cotizaciones de distribuidores de maquinaria y equipo extranjero y de fabricantes nacionales.

OTROS ACTIVOS.-
En base a cotizaciones recibidas y estimaciones realizadas.

CAPITAL DE OPERACION.-
Se ha determinado de acuerdo a las facilidades de abastecimiento de los materiales directos.

VENTAS NETAS.-
Los precios establecidos en este estudio permitirán competir en el mercado con productos similares.

MATERIALES DIRECTOS.-
Los precios de los aceites se han determinado de acuerdo a los precios actuales fijados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería y los vigentes en el mercado de Nueva York. Los precios de otros materiales directos, de acuerdo a cotizaciones de fabri-

cantes y distribuidores deelos mismos.

MANO DE OBRA.-
Los salarios para el personal a ocupar se han considerado de acuerdo a la importancia y especialización requerida.

MATERIALES INDIRECTOS.-
En base a cotizaciones recibidas.

DEPRECIACION.-
A las construcciones se les ha fijado una vida útil de 20 años, a la maquinaria y equipo de 15 y al taller mecánico de 10. Para el equipo de laboratorio e imprevistos, 5 y 10 años respectivamente.

SUMINISTROS.-
El costo de energía eléctrica se ha obtenido de acuerdo a las tarifas vigentes de la E. E. E.. El costo del combustible por cotización de las compañías petroleras.

REPARACION Y MANTENIMIENTO.-
Se ha asignado un valor del 5% sobre el valor de la maquinaria y equipo y del 1% de los edificios y construcciones.

SEGUROS.-
Corresponde al 1% de las construcciones, maquinaria y equipo.

PROMOCION DE VENTAS.-
Se ha previsto un millón de sucres para gastos de promoción de ventas.

PUNTO DE NIVELACION.-

Para el cálculo del punto de nivelación, se tomo la capacidad máxima considerada en el estudio, o sea en base a 24 horas diarias de trabajo, durante 250 dias al año.

b.-INVERSION FIJA

	(En sucres)
TERRENOS (ANEXO A-1)	250.000
EDIFICIOS (ANEXO A-1)	1'500.000
MAQUINARIAS Y EQUIPOS(Anexo A-2)	2'912.000
INSTALACIONES	291.000
OTROS ACTIVOS(Anexo A-3)	2'473.000
IMPREVISTOS	1'000.000
	8'426.000

c.-CAPITAL DE OPERACION

(Rubro)	(tiempo)	(En sucres)
MATERIALES DIRECTOS(Anexo B-1)	3meses	22'611.875
MANO DE OBRA DIRECTA(Anexo B-2)	1mes	59.235
CARGA FABRIL (Anexo B-3)	1mes	321.177
GASTOS DE VENTAS(Anexo B-3)	1mes	116.665
GASTOS DE ADMINISTRACION Y GRALES	1mes	33.335
		23'142.287

d.-INVERSION TOTAL

	(En sucres)
INVERSION FIJA	8'426.000
CAPITAL DE OPERACION	23'142.287
	31'568.287

e.-COSTO DE PRODUCCION

	(En sucres)
MATERIALES DIRECTOS	91'247.500
MANO DE OBRA DIRECTA	710.820
CARGA FABRIL	3'854.124
	94'812.444

f.-COSTO TOTAL DEL PRODUCTO

	(En sucres)
COSTO DE PRODUCCION	94'812.444
COSTO DE VENTAS	1'400.000
COSTO DE ADMINISTRACION Y GENERALES	400.000
	96'612.444

g.-COSTO UNITARIO

$$\frac{\text{costo total}}{\text{n° de unidades}} = \frac{96'612.444}{8'250.000} = 11,70 \text{ sucres}$$

h.-ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS

	(En sucres)
Ventas netas	115'500.000
Ventas de residuos	450.000
Ventas netas totales	115'950.000

	(En sucres)
Ventas netas totales	115'950.000
costos de fabricación	94'812.444
utilidad bruta en ventas	21'137.556
costos de ventas	1'400.000
utilidad neta en ventas	19'737.556
gastos de administración y grales	400.000
utilidad neta en operaciones antes del impuesto.	19'337.556

i.-RENTABILIDAD SOBRE LA INVERSION TOTAL

$$\frac{19'337.556}{31.568.287} \times 10 = 61\%$$

j.-PUNTO DE NIVELACION

Se encuentra a un 46,8 % de la capacidad instalada.
Ver fig. # 5 en siguiente página

PUNTO DE EQUILIBRIO O NIVELACION

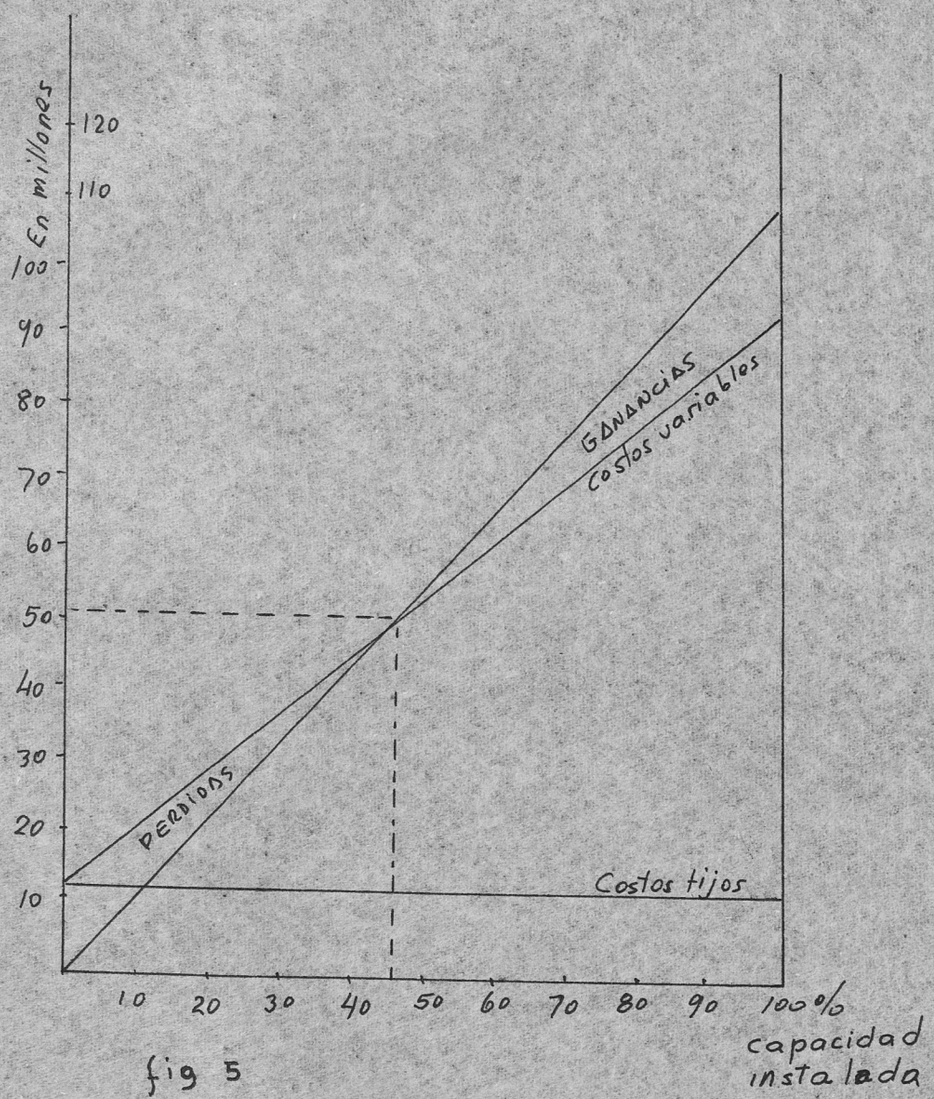


fig 5

C A P I T U L O # 5.

CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUCIONES Y RECOMENDACIONES

Dada la importancia que tiene el producto para la alimentación diaria del hombre, es necesario:

a.-Incentivar en forma más enérgica y ordenada el cultivo de oleaginosas en el país, de tal manera que se puedan evitar las importaciones, con el consiguiente ahorro de divisas.

b.-Propender a la fabricación de equipos nacionales para extraer y refinar aceites vegetales, ya que los importados son de elevado costo.

Con lo que se conseguiria:

a.-Una reducción considerable del capital de operaciones.

b.- Una reducción de los activos fijos de la empresa, y

c.- Como consecuencia de lo anterior, una rebaja general de precios con el consiguiente beneficio para el pueblo.

C A P I T U L O # 6

APENDICE:

Tablas

Gráficos

Bibliografia

TABLA # 5

ESTANDERES PARA CUÑAS (EN PULGADAS)

Diámetro del Eje D	ancho de la cuña W	Altura de la cuña h	Tamaño del perno sujetador	tolerancia
1/2-9/16	1/8	1/8	1/4	0,002
5/8-7/8	3/16	3/16	1/4	0.002
15/16 1-1/4	1/4	1/4	B/8	0.002
1-5/16 1-3/4	3/8	3/8	3/8	0.002
1-13/16 2-1/4	1/2	1/2	1/2	0,002
2-5/16 2-3/4	5/8	5/8	5/8	0,002
2-7/8 3-1/4	3/4	3/4	5/8	0,002
3-3/8 3-3/4	7/8	7/8	3/4	0,003

TABLA # 6

CAPACIDAD DE LAS TRAMPAS TERMODINAMICAS DE VAPOR

TD-50

PRESION DE VAPOR (psig)	3/8" lb/hr		1/2" lb/hr		3/4" lb/hr		1" lb/hr	
	A	B	A	B	A	B	A	B
10	200	290	470	550	1000	1340	1800	2850
15	230	330	520	630	1080	1400	2000	3250
20	250	380	570	700	1150	1450	2250	3500
25	280	410	610	760	1280	1520	2400	3745
50	360	560	780	990	1520	1800	3100	4500
75	420	650	910	1160	1760	2060	3650	5100
100	480	720	1040	1300	1900	2310	4100	5650
150	575	850	1280	1540	2200	2500	4350	5725
200	650	950	1470	1740	2400	2600	4600	5850
250	720	1020	1605	1900	2500	2700	4750	5900
300	760	1080	1720	2010	2650	2800	4900	6000

Tomado de BULLETIN No. 257 de Marzo, 1956 de Sarco Thermo Dynamics Steam Traps

TABLA # 7

ESTANDARES PARA CABEZALES ELIPTICOS

ESPESOR (pulg)	PARTE RECTA STANDARD (pulg)	RADIO INTERIOR DE LA ESQUINA (pulg.)
3/16	1-1/2-2	9/16
1/4	1 1/2-2 1/2	3/4
5/16	1 1/2-3	15/16
3/8	1 1/2-3	1 1/8
7/16	1 1/2-3 1/2	1 5/16
1/2	1 1/2-3 1/2	1 1/2
5/8	1 1/2-3 1/2	1 7/8
3/4	1 1/2- 3 1/2	2 1/4
7/8	1 1/2-4	2 5/8
1	1 1/2 -4	3

Cortesía de Lukens Steel Company (3)

TABLA # 8

RADIO EQUIVALENTE DE CURVATURA PARA SER USADO EN EL DISEÑO DE CABEZALES ELIPTICOS BAJO PRESION EXTERNA

a/b	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0
r_c/D	1,36	1,27	1,18	1,08	0,99	0,90	0,81	0,73	0,65	0,57	0,5

Tomado del código para recipientes a presión sin fuego de la ASME, edicción de 1956(3)

ANEXO 1

TERRENO Y CONSTRUCCION

	Area (m^2)	valor unitario (sucres)	valor total (sucres)
terreno	5.000	50	250.000
Construcciones:			
Area de procesamiento	600	1.500	900.000
Bodegas y galpones	200	800	160.000
Oficinas	60	1.000	60.000
Cercamiento	300*	150	45.000
Tanque reservorio de agua capacidad 150 m^3	46**	1.200	55.200
Varios			29.800***
			1'500.000

* metros lineales

** metros cúbicos de hormigón

*** cifra redondeada

ANEXO # A-2

MAQUINARIA Y EQUIPO

1.- IMPORTADO

a.-Refinación y lavado:

1 motoreductor de velocidad de 3 Hp, 10 y 40 RPM, es decir 2 velocidades, caja de arranque y regulador de velocidad.

1 bomba de alimentación para sosa caústica

1 bomba de alimentación de aceite crudo con su respectiva caja de arranque y instalaciones eléctricas.

1 bomba para agua caliente

1 bomba para solución de sal

4 filtros de protección para las bombas de sosa y sal.

1 tablero de control eléctrico

SUMAN s/. 20.000

.-Accesorios de refineria

1 elevador de tambores, manual de 1000 lbs. de capacidad.

1 bomba para transporte y circulación de sosa

2 controles de nivel para liquido y valvulas de alimentación, tuberfa, válvulas, instrumentos y accesorios.

SUMAN s/. 8.000

b.- Blanqueo o decoloracion

1 motoreductor de velocidad de 4 Hp, 100 RPM

1 hélice de 3 palas y 1 pie de diámetro

1 sistema de vacio de simple efecto, sin condensación. Para vacio de 720 mm de Hg interno en eh recipiente de blanqueo con instrumentos y cañerias.

2 filtros-prensa con bombas de alimentación y descarga

2 controles de temperatura y presión

k alarma de nivel para recipiente de blanqueo

1 tablero de mando y control eléctrico
juegosde tuberias, válvulas y accesorios

SUMAN s/. 400.000

c.-Desodorizador

1 bomba de descarga de aceite desodorizado

1 filtro continuo a presión, tipo de tubo con pantallas

1 Alarma de nivel

2 juegos de instrumentos para baja y alta presión, temperatura

juego de tuberias, válvulas y accesorios

1 bomba para circulación de agua de enfriamiento

1 bomba de vacio

SUMAN s/.130.000

d.-Equipo de desaereacion y tratamiento de agua de alimentacion para generacion de vapor.

1 sistema de ablandamiento de agua por inter-

cambio iónico, tanque de sal muera, medidores y accesorios

1 desaeriador y pre-calentador de agua con tanque de reserva, instrumentos de medición

Juego de tuberias, válvulas y accesorios

SUMAN s/. 200.000

e.- Equipo de Generacion de vapor

1 caldera de vapor de 300 Hp para presión de 250 lbs/pul^2 con dosificador de alimentación de aire/combustible, controles de seguridad y operación. Recalentador para vapor a 200 psi, y 700°F

1 unidad de retorno de condensado completo con bombas de circulación al desaereador y precalentador.

Juego completo de tuberias para lineas de vapor y condensado conectando el equipo anterior con los de neutralización, blanqueo, desodorización, etc. Incluye reductores de presión, filtros trampas, válvulas, instrumentos y accesorios.

SUMAN S/. 1'100.000

f.- Equipo de enfriamiento de agua y comprensión de aire

1 torre de enfriamiento de agua para 100 m^3/h

2 bombas de circulación de agua de 10 a 200 GPM incluyendo controles de nivel, termometros, manometros, juego completo de tuberias, válvulas y accesorios

1 compresor de aire de 10 Hp con motor, arrancador e instrumentos

Juego de tuberias, válvulas y accesorios para aire comprimido

SUMAN s/. 200.000

II. EQUIPO ADICIONAL IMPORTADO

3 bombas para llenado de tanques de almacenamiento de aceite crudo

1 bomba para llenado de depósito de combustible

SUMAN s/. 24.000

III.-EQUIPO DE FABRICACION NACIONAL

3 tanques de 400 TM para almacenamiento de aceite crudo

1 recipiente para neutralizador, con serpentin de calefacción distribuidor de sosa caústica.

1 recipiente para depósito de aceite erfinado con 10 TM de capacidad

1 recipiente para blanqueo, con serpentin de calefacción, distribuidor de aire comprimido

1 recipiente para depósito de aceite blanqueadorcon 10 TM de capacidad.

1 recipiente para desodorizador, con serpentin de calefacción, distribuidor de vapor directo.

2 tanques para depósito de aceite desodorizado con 10 TM de capacidad cada uno.

1 tanque ercervorio de combustible para 11.400 galones

1 tanque de acero inoxidable para preparación de la solución de sosa caústica con capacidad para 100 galones

1 tanque para 1.000 galones con tres compartimientos para separador de aceite neutro

1 tolva de alimentación de arcillas decolorantes

SUMAN s/. 830.000

TOTAL s/. 2'912.000

ANEXO # A-3

OTROS ACTIVOS

1.- EQUIPO DE MUEBLES DE OFICINA

a.-Departamento de ventas:

1 Escritorio metálico con sillon
3 escritorios de madera
12 sillas
1 archivador
1 máquina de escribir
1 máquina sumadora

SUMAN s/. 27.000

b.-Departamento de administración

1 escritorio para Gerente
1 escritorio para secretaria
1 escritorio para contador
1 escritorio para ayudante de contador
1 máquina de escribir
1 calculadora
1 archivador
2 estantes de libreria
libros técnicos

SUMAN s/. 46.000

2.- TALLER MECANICO	s/. 250.000
3.- EQUIPO DE LABORATORIO	s/. 150.000

4.- VEHICULOS

2 tanqueros	s/. 1'000.000
3 camionetas de reparto	" 750.000
1 camioneta para jefe de ventas	" 100.000
1 auto para Gerente	" 150.000
TOTAL	s/. 2'473.000

ANEXO # B-1

MATERIALES DIRECTOS

(un año de operación)

denominación	cantidad	costo unitario(sucres)	valor total(sucres)
aceite de soja	7.500 TM	12.700	90'750.000
envases de 200 litros	500 u.	110	55.000
sosa caústica	75 TM	5.900	442.500
ácido cítrico	2 TN	4.500	9.000
		SUMAN:	91'247.500

ANEXO # B-2

MANOS DE OBRA DIRECTA

Especificación	No.	sueldo mensual (sucres)	total anual (sucres)
Neutralización:			
calificados	1	1.000	12.000
semi-calificados	2	800	19.200
Blanqueo:			
calificados	1	1.000	12.000
semi-calificados	2	800	19.200
Desodorización:			
calificados	1	1.000	12.000
semi-calificados	2	800	19.200
Llenado y elaboracion:			
calificados	1	1.000	12.000
semi-calificados	2	800	19.200
Ayudantes y limpieza	4	750	36.000
	16	SUMAN	160.000
Aporte patronal (9,5%)			15.200
Decimo tercer sueldo			13.400
Decimo cuarto sueldo			13.400
Fondo de reserva			13.400
Total de mano de obra del 1r. turno			215.400

Total de mano de obra del 1r. turno	215.400
Total mano de obra del 2o. turno	236.940*
Total mano de obra del 3o. turno	258.480**
SUMAN	s/.710.820

*se considera un recargo del 10% sobre el 1r. turno

**se considera un recargo del 20% sobre el 1r. turno

ANEXO # B-3

CARGA FABRIL
(un año de operación)

a.-MATERIALES INDIRECTOS

Denominación	cantidad	valor unitario (sucres)	valor total (sucres)
tierras de blanqueo	300TM	2.500	750.000
Zeolitas y sal			13.000
Imprevistos			7.000
		SUMAN	s/. 770.000

b.-MANO DE OBRA INDIRECTA

Denominacion	No.	sueldo mensual (sucres)	total anual (sucres)
Ing. Mecánico	1	10.000	120.000
Jefe de Laboratorio	1	5.000	60.000
Ayud. de laborat.	1	2.000	24.000
Supervisores	3	1.200	43.200
Mecánico-eléct.	1	2.500	30.000
Ayud. de mec.	2	1.000	24.000
	9		301.200

VIENEN	301.200
Aporte patronal(9, 5)	28.620
Decimo tercer sueldo	25.100
Decimo cuarto sueldo	11.860
Fondo de reserva	25.100
TOTAL DE MANO DE OBRA INDIRECTA	391.880

c.-DEPRESIACION

Denominación	costo	vida útil	valor total (sucres)
construcción	1'500.000	20	225.000
maquinaria y equipo	2'912.000	15	336.830
taller mecánico	250.000	10	25.000
equipo de laboratorio	150.000	5	30.000
imprevistos de inv. fijal	1'000.000	10	100.000
vehiculos	2'000.000	10	200.000
			s/.916.830

d.-SUMINISTROS

denominación	cantidad	valor unit.	total(sucres)
energia eléct.	22.500Kwh	0, 60	324.000

		VIENEN	s/. 324. 000
denominación	cantidad	valor unit.	
combustible	500. 000 gal.	2, 50	1'075. 000
lubricantes	500 gal.	30	15. 000
			1'414. 000

e.-REPARACION Y MANTENIMIENTO

maquinaria y equipo (5%)	145. 600
edificio y construcciones(1%)	12. 500
	158. 100

f.-SEGUROS

edificios (1%)	12. 500
maquinaria y equipo(1%)	29. 120
	41. 620

g.-IMPREVISTOS	161. 594
TOTAL CARGA FABRIL	3'854. 124

ANEXO # B-4

GASTOS DE VENTAS

Denominación	No.	sueldo mensual	total anual (sucres)
Jefe de ventas	1	6.000	72.000
secretaria	1	1.500	18.000
bodeguero	1	2.500	30.000
Despachador	2	1.500	36.000
			156.000
Aporte patronal (9, 5)			14.820
Decimo Tercer sueldo			13.000
Decimo cuarto sueldo			6.250
Fondo de reserva			13.000
			203.020
Gastos de promoción			1'000. 000
gastos de oficina			8.000
derpesiación de muebles y equipos de oficina			5.400
Imprevistos			27.580
			1'400.000

ANEXO # B-5

GASTOS DE ADMINISTRACION Y GENERALES

Denominación	No.	sueldo mensual	total anual (sucres)
Gerente	1	12.000	144.000
Secretaria	1	2.000	24.000
Contador	1	5.000	60.000
Ayud. de contador	1	2.500	30.000
Portero	1	1.000	12.000
			270.000
Aporte patronal (9, 5)			25.650
Decimo tercer sueldo			22.500
Decimo cuarto sueldo			7.250
Fondo de reserva			22.500
			347.900
Gastos de oficina(útiles, telef. etc)			10.000
Depresiación muebles y equipo de oficina			9.200
Imprevistos			32.900
		TOTAL	s/. 400.000

BIBLIOGRAFIA

1.-Acta final de la primera convensión de industriales de aceites y grasas del área andina, Lima-Perú, 3 al 8 de marzo de 1.972

2.-Aceites y grasas industriales, A E Bailey, Reverte.

3.-Refinación de aceites y grasas, Andersen, Montesó

4.-Heat, mass and momentum transfer, Roshenow & Choi,

5.-Procesos de transferencia de calor, D. Q. Kern, Cecsa

6.-Manuel Sarco, Hook-up design for steam and fluid systems

7.-Sarco thermodinamics stean traps, Bulletin No. 258-B

8.-Catálogo Vidriotel

9.-Manual del Ingeniero Químico, John Perry, UTEHA

10.-El proyecto de Ingeniería Mecánica, Shigley, Mc Graw Hill

11.-Resistencia de materiales, Timoshenko

12.-Process equipment design, E H Young, John Wiley and Sons

13.-Stean generation and uses, Wilcox & Bacgraun

14.-Optimización de sistemas, H Tobar Vega, AEIME-ESPOL

15.-Trasmisión de calor, Brown, Marco, Cecsa

Curva de rendimiento

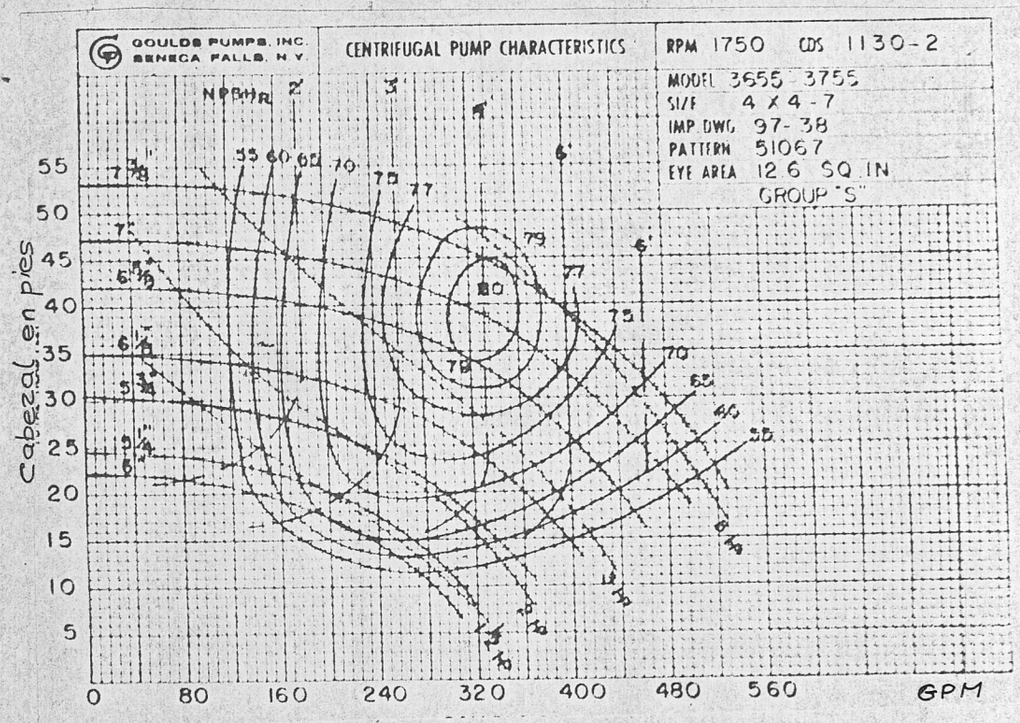


grafico 1

Curvas de rendimiento de bombas

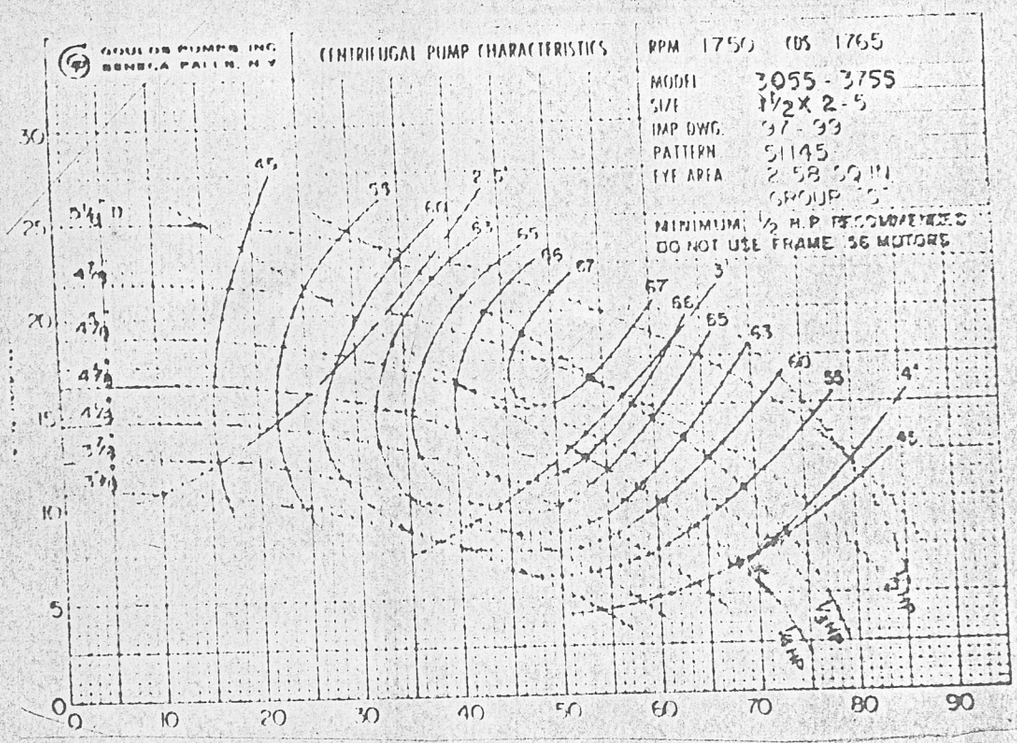
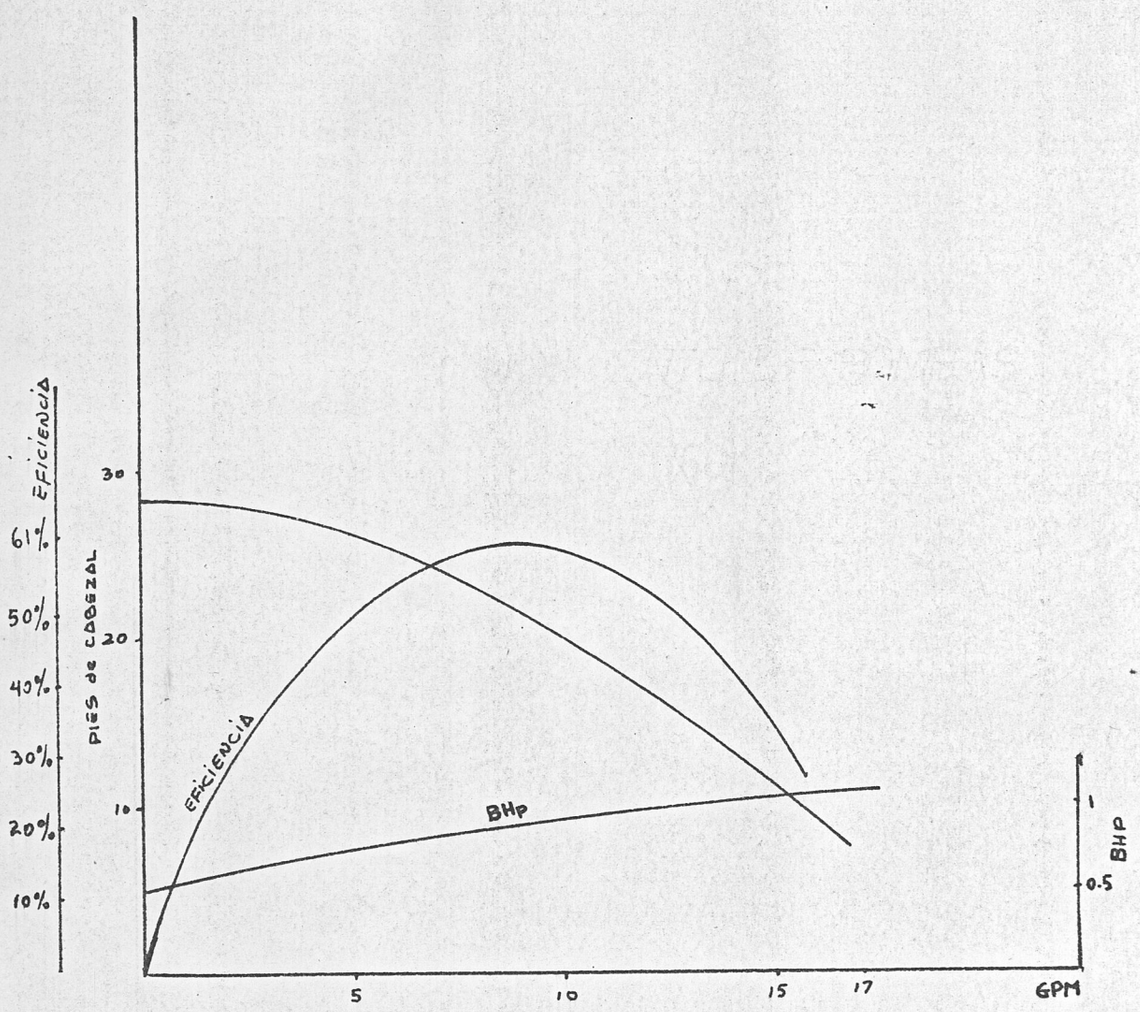


gráfico 2

#2

RENDIMIENTO DE BOMBAS

MOD. 3604



Gráf. 3

Caida de presion en tuberia schedule 40

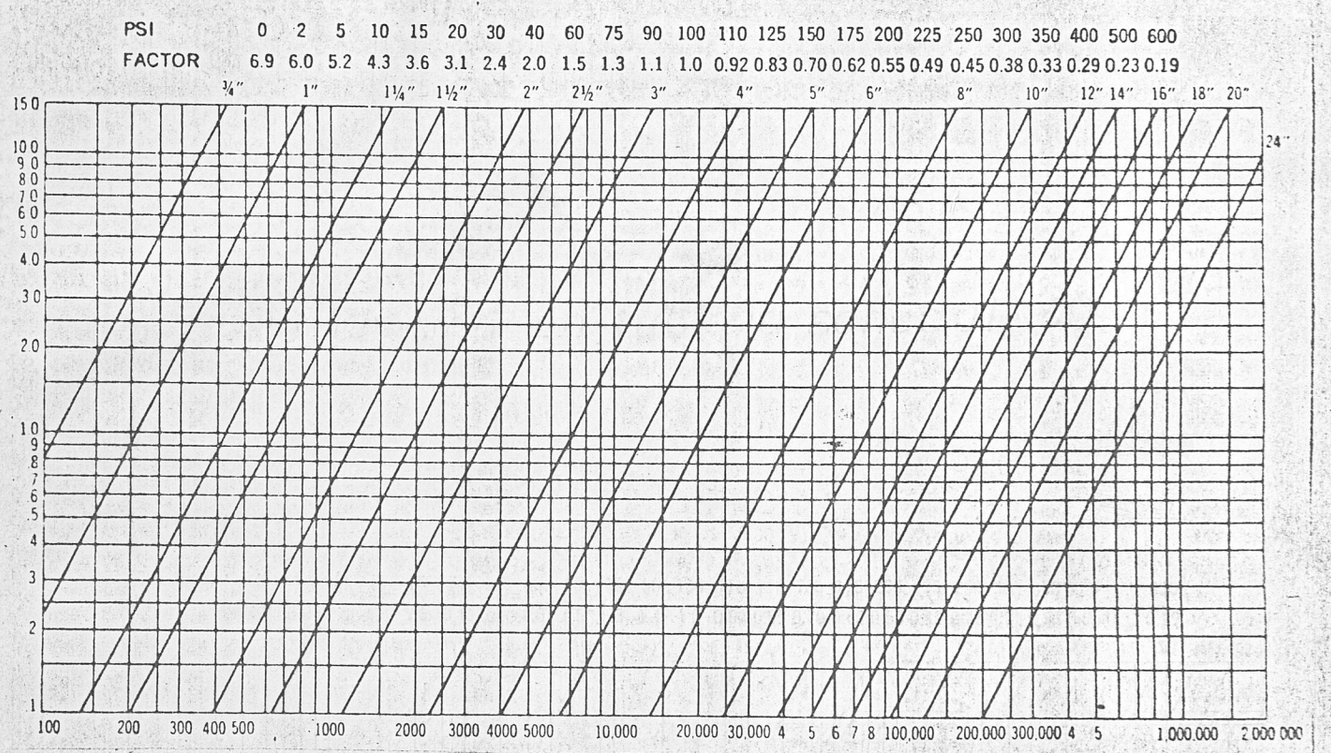
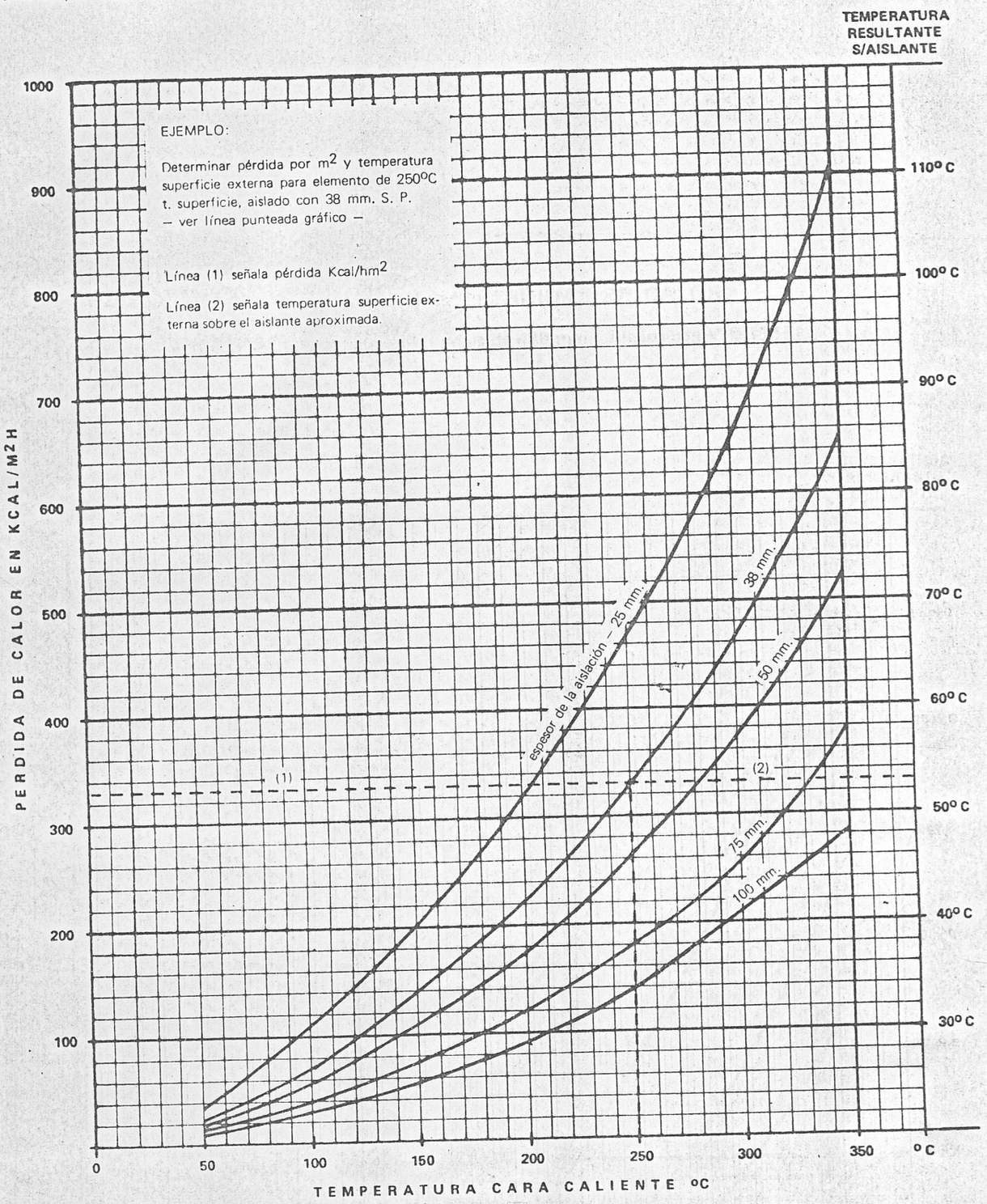


grafico 4

DETERMINACION DE PERDIDAS DE CALOR

Superficies planas y conductos mayores de 420 mm. aislados con VIDROTEL

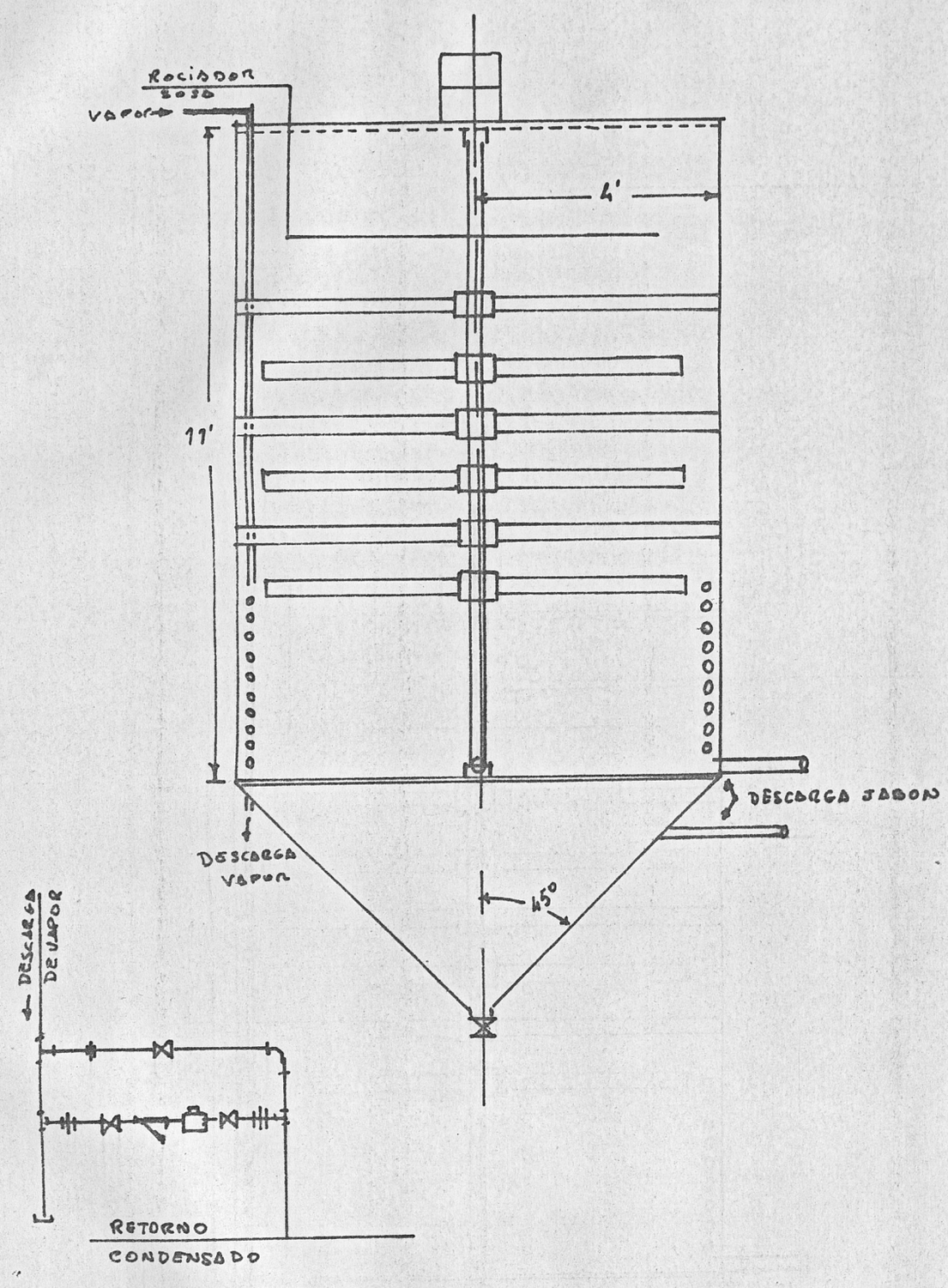
Panel tipo S.P.o F.P.
Temperatura ambiente externa 20°C
Coeficiente de película externa 10 KCal/m^2 h °C



A temperaturas superiores a 300° C se produce, al poner en funcionamiento por primera vez, una pequeña aparición de humo de la resina fenólica adyacente a la cara caliente durante los primeros minutos. Esto no afecta la capacidad aislante del material ni constituye peligro.

Cuando la temperatura ambiente difiere de 20°C se puede utilizar el gráfico modificando la temperatura de cara caliente con la misma diferencia, sin introducir error apreciable en el resultado.

gráfico 5



TESIS DE GRADO	
NEUTRALIZADOR	
escala 3/8-1	fecha IX-73
grafico 6	W Salazar

Caida de presion en tuberia schedule 80

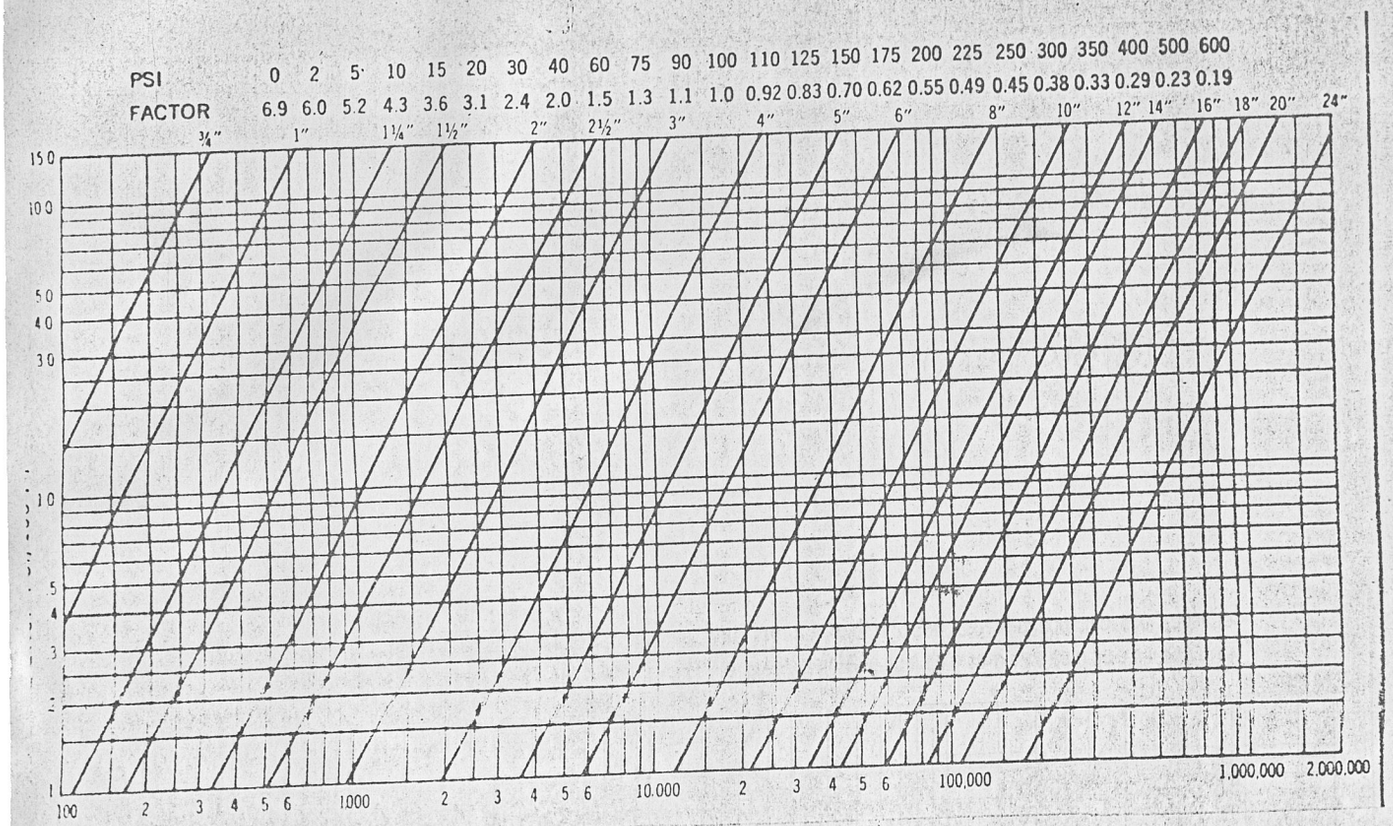
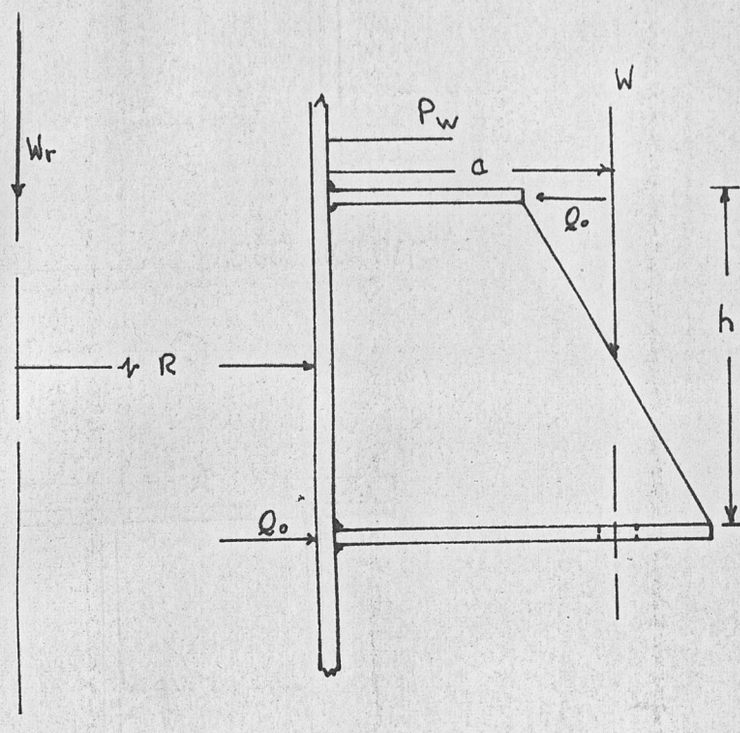
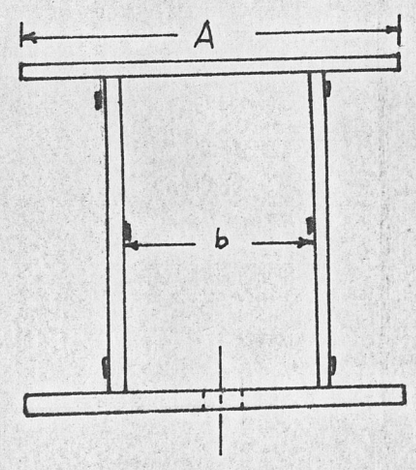


grafico 7

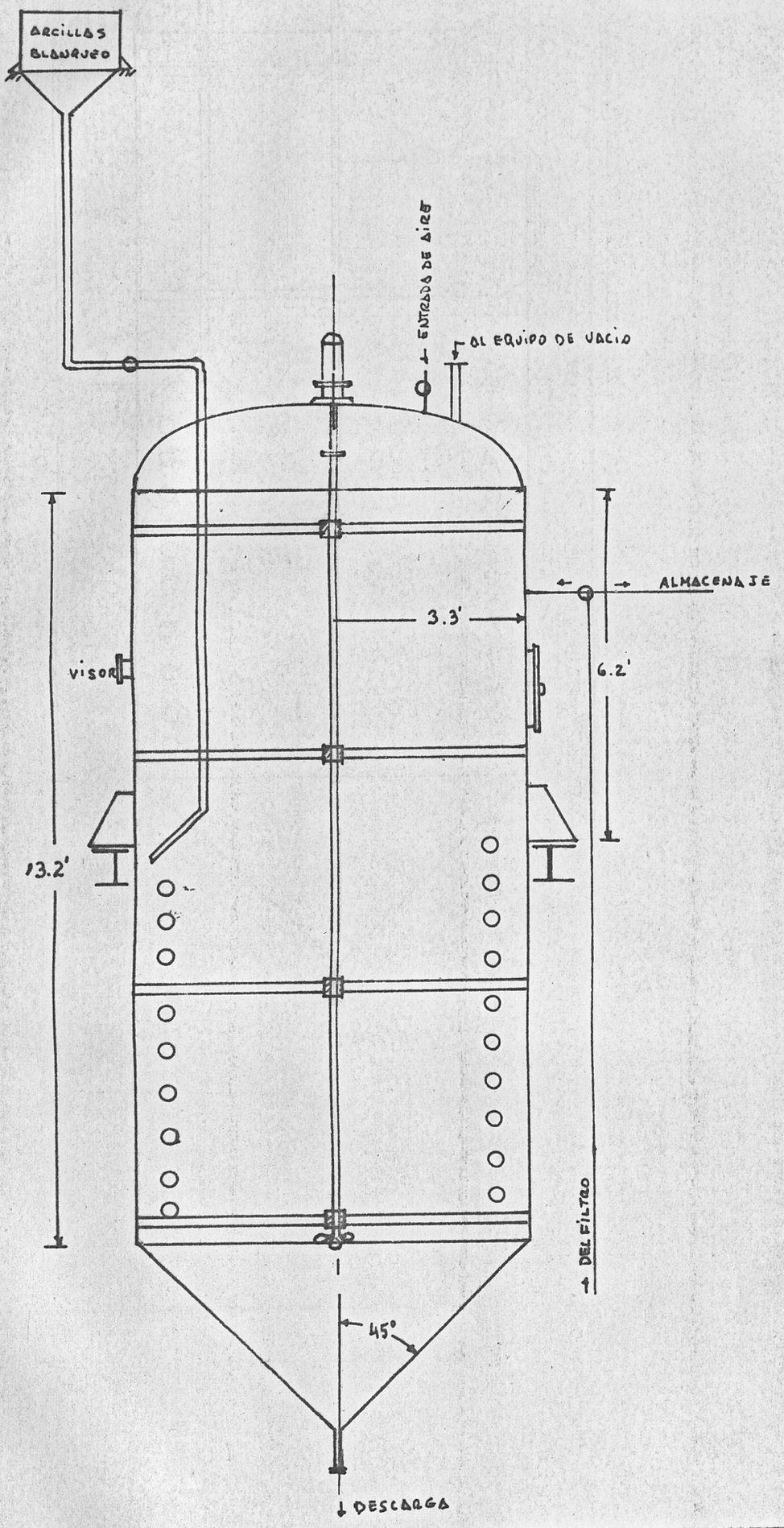


vista lateral



vista frontal

TESIS DE GRADO	
SOPORTES	
escala s/e	fecha IX-73
gráfico 8	W Salazar



TESIS DE GRADO	
DECOLORADOR	
escala 3/8-1	fecha IX-73

Determinación del espesor de recipientes

A. S. M. E.

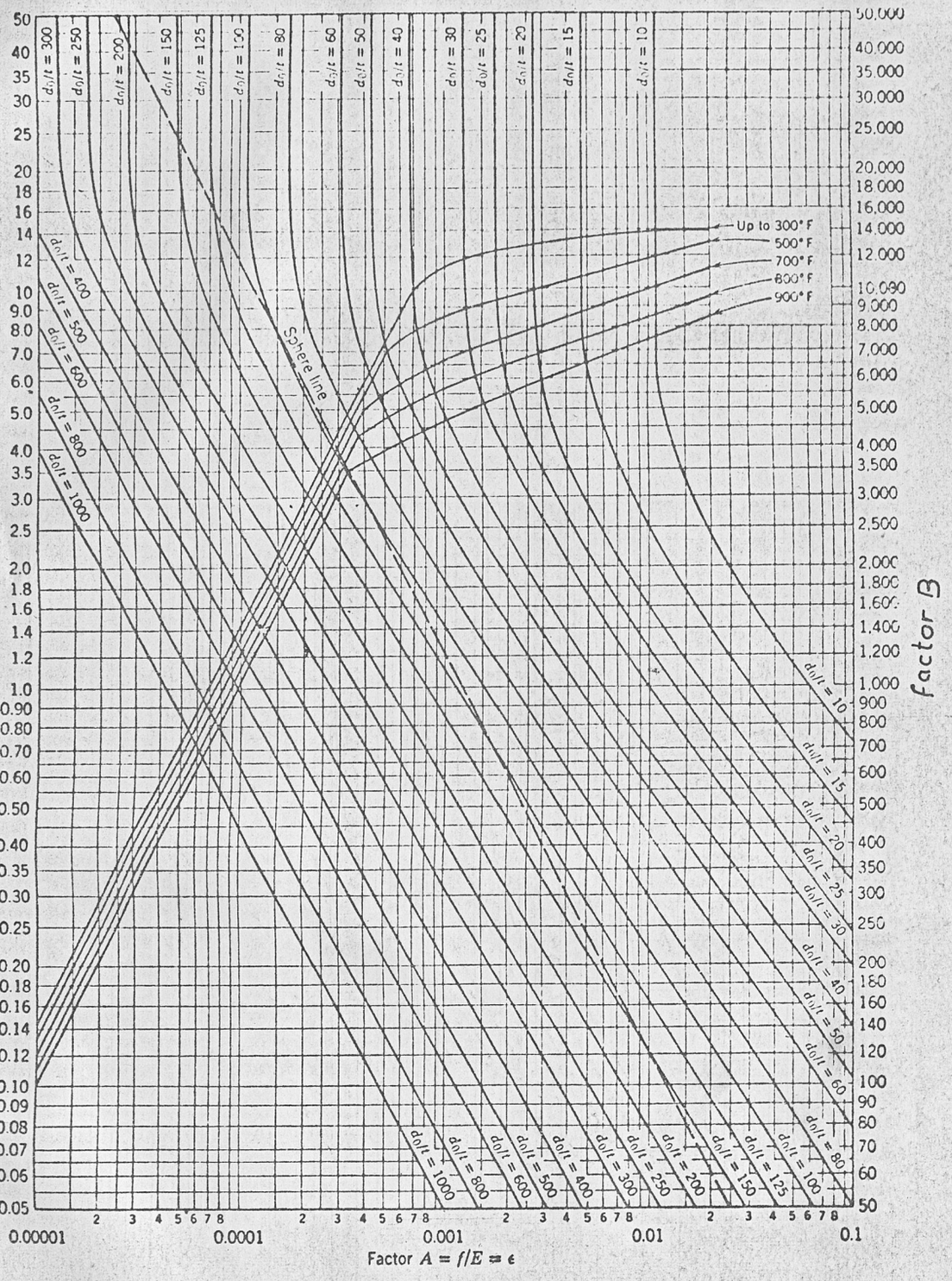
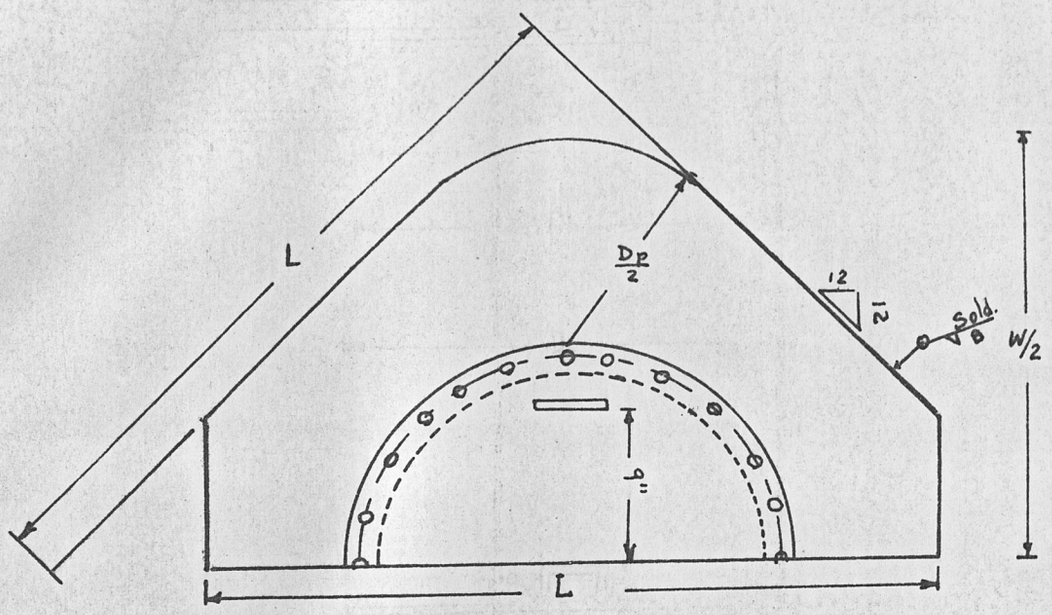
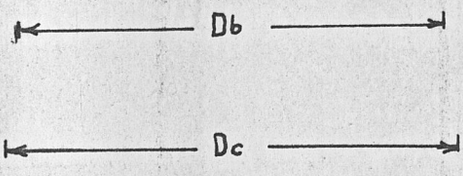
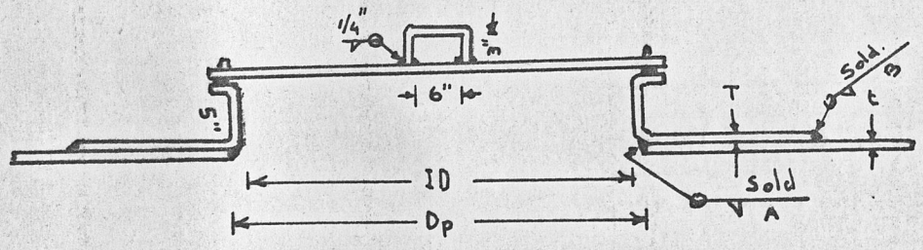


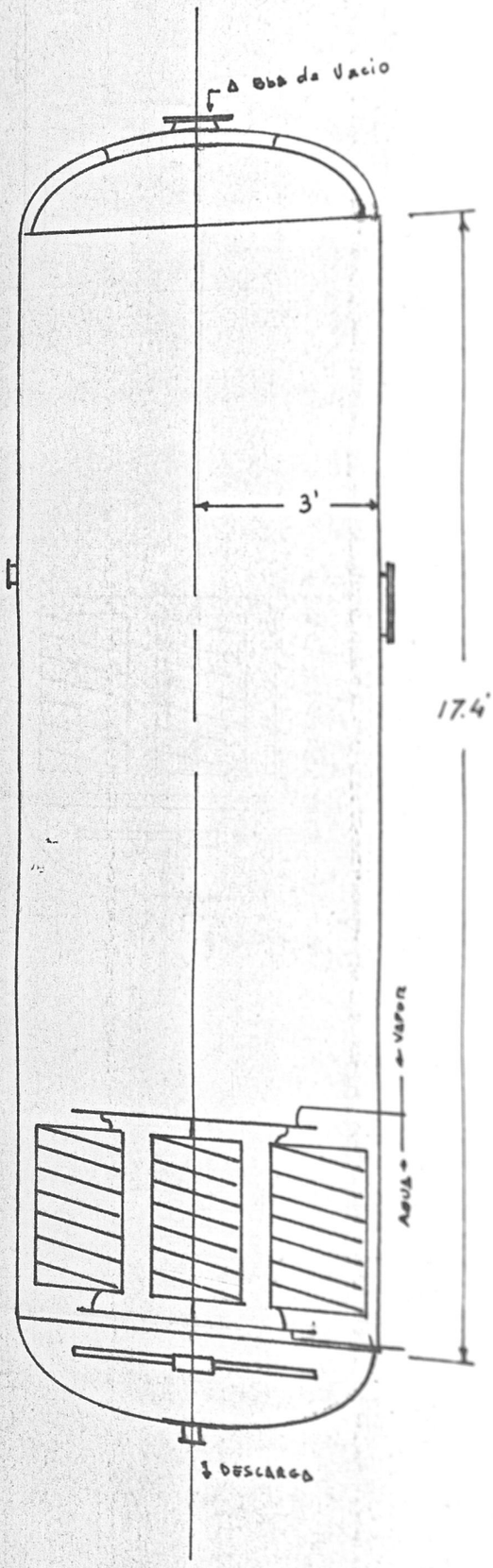
grafico #10



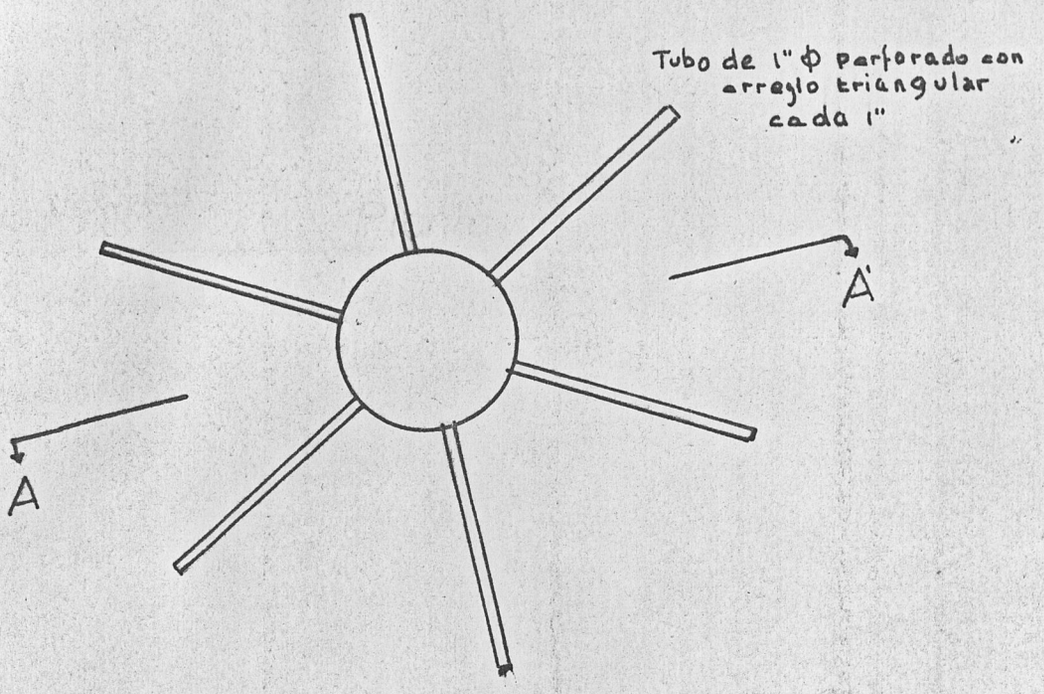




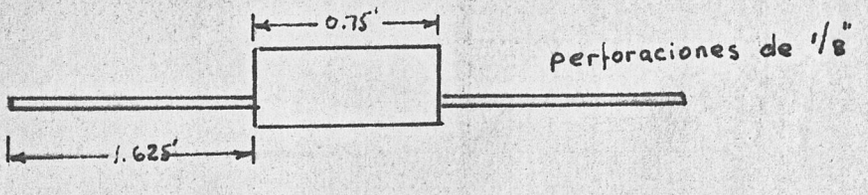
TESIS DE GRADO	
TAPA DE REGISTRO	
escala: 3/8-1	fecha: IX-73
gràfico 11	W. Salazar



TESIS DE GRADO	
DESODORIZADOR	
escala 3/8 - 1"	fecha 12-73
gráfico 12	W Salazar

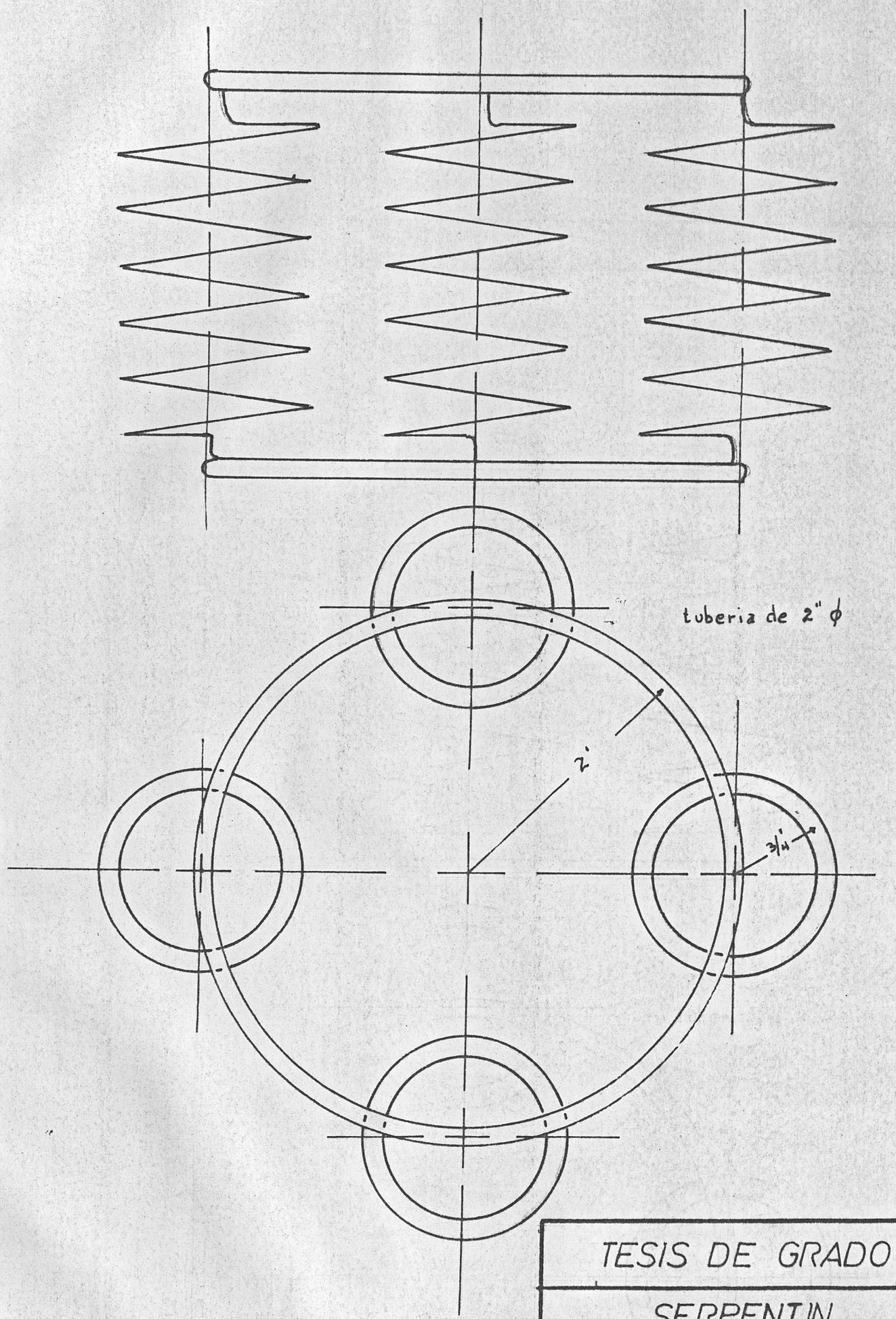


Planta

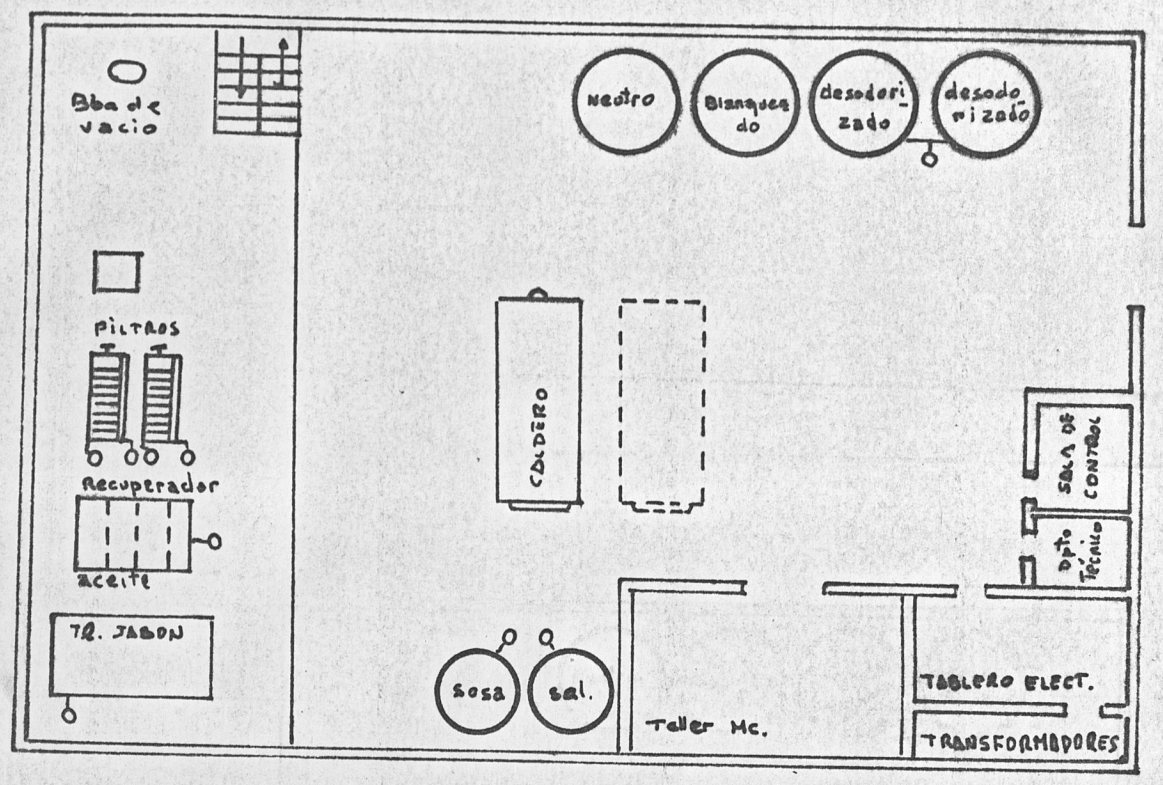


Corte A-A'

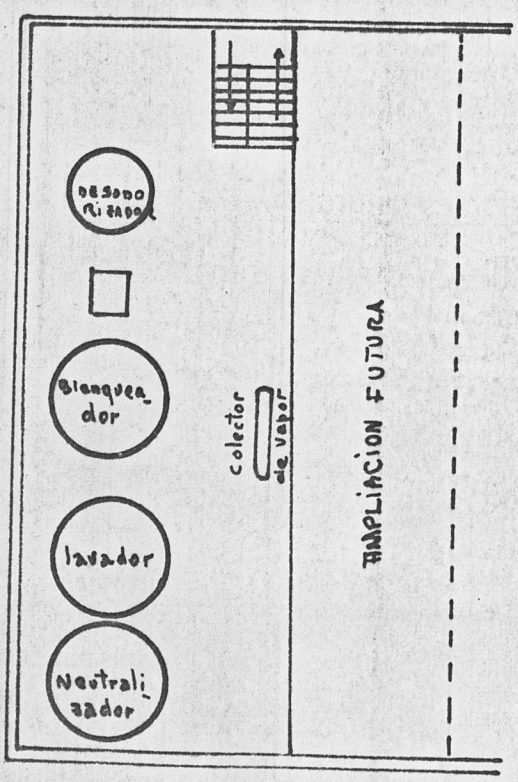
TESIS DE GRADO	
Distribuidor de vap. direc.	
escala s/e	fecha IX-73
grafico 13	W Salazar



TESIS DE GRADO	
SERPENTIN	
escala s/e	fecha IX-73
grafico 14	W. Salazar



planta baja



planta alta

TESIS DE GRADO	
Distribuáón de planta	
escala	fecha: IX-73
gráfico 15	W. Salazar

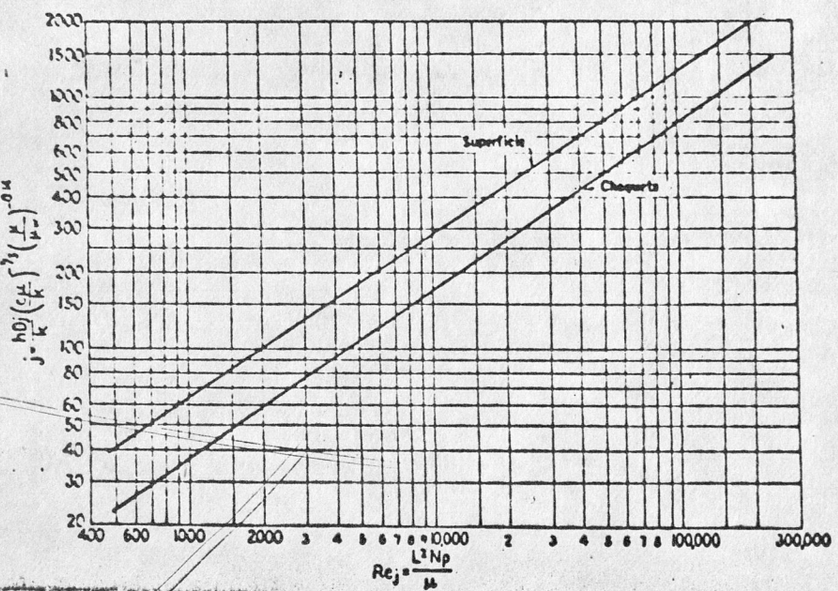

Superficie
Chaqueta
$j = \frac{hDj}{k}\left(\frac{c\mu}{k}\right)^{-1/3}\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0.14}$
$Re_j = \frac{L^2 N\rho}{\mu}$

grafico 17

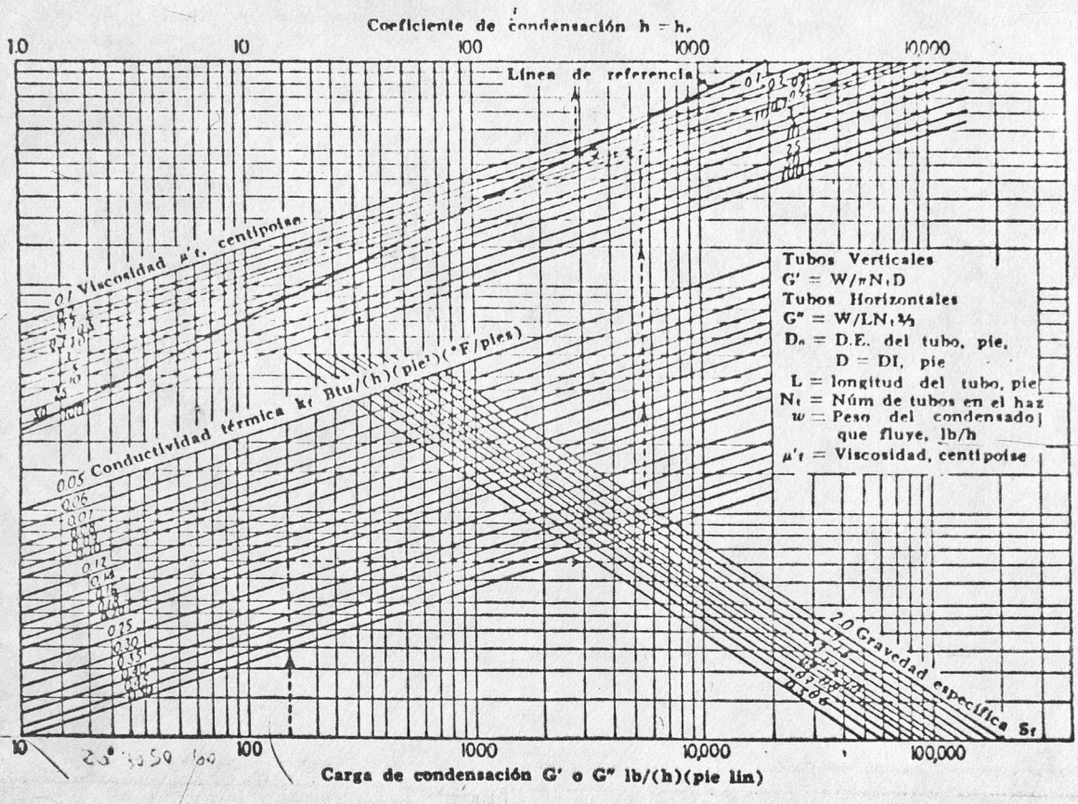

Coeficiente de condensación h = h_r
1.0
10
100
1000
10,000
Línea de referencia
Viscosidad μ'_f, centipoise
Conductividad térmica k_f Btu/(h)(pie²)(°F/pies)
Gravedad específica S_f
Tubos Verticales
G' = W/πN_tD
Tubos Horizontales
G" = W/LN_t^2/3
D_o = D.E. del tubo, pie,
D = DI, pie
L = longitud del tubo, pie
N_t = Núm de tubos en el haz
w = Peso del condensado que fluye, lb/h
μ'_f = Viscosidad, centipoise
10
100
1000
10,000
100,000
Carga de condensación G' o G" lb/(h)(pie lin)

gráfico 18