

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA



**Estudio Técnico - Experimental para la
Extracción de Aceite de Semillas de la
Papaya y Diseño de Planta Piloto**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

ING. QUIMICO

***TERESA DAMIAN ROJAS
MIRNA SALINAS POMACAJA***

ASESOR: ING. ADOLFO MARCELO ASTOCONDOR

**Lima-Perú
1996**

INDICE

Título: "ESTUDIO TECNICO - EXPERIMENTAL PARA LA EXTRACCION DE ACEITE DE SEMILLAS DE LA PAPAYA Y DISEÑO DE PLANTA PILOTO"

Pag.

Capítulo I.- INTRODUCCION

1.1	La Papaya y su clasificación	7
1.2	Composición del fruto	8
1.3	Aprovechamiento de la pulpa y semilla	12
1.4	El cultivo y sus requerimientos	12

Capítulo II.- ESTUDIO DE MERCADO

2.1.	Estudio de la Oferta	16
2.2.	Estudio de la Demanda	20

Capítulo III.- ESTUDIO EXPERIMENTAL

3.1	Métodos de extracción y selección	22
3.1.1	Prensado	22
3.1.2	Extracción por solventes	25
3.2	Resultados experimentales y optimización de las pruebas	28
3.2.1	Prensado	28
3.2.2	Extracción por Solvente	30
3.3	Análisis químico	32
3.3.1	Indice de saponificación	32
3.3.2	Indice de Iodo	33
3.3.3	Indice de Peróxido	34
3.4	Análisis Instrumental	35
3.4.1	Espectro Infrarrojo	35
3.4.2	Cromatografía de Gases	38
3.5	Propiedades físicas	38
3.5.1	Densidad ó Peso específico	38
3.5.2	Indice de refracción	39
3.5.3	Color	41

Capítulo IV.- ESTUDIO TECNICO (DISEÑO DE PLANTA PILOTO)

4.1	Localización y determinación del tamaño de Planta	44
4.2	Operaciones y procesos seleccionados	45
4.3	Diseño de equipos y servicios requeridos instrumentados	58
4.4	Descripción del proceso	90
4.5	Disposición de Planta	93

	<u>Pag.</u>
Capítulo V.- ESTUDIO ECONOMICO	
5.1 Inversión	95
5.2 Financiamiento	99
5.3 Presupuestos de ingresos y egresos	102
5.4 Rentabilidad	104
DISCUSION	108
CONCLUSIONES	109
RESUMEN	110
BIBLIOGRAFIA	111
APENDICE	112
A. Balance de Materia y Energía	113
B. Normas de Calidad	118
C. Otros	120

I. INTRODUCCION

Dado que la mayor fuente de obtención de aceite para consumo humano proviene de la semilla de algodón, y en vista que los niveles de importación son elevados, ya que la producción nacional no abastece el mercado; creemos importante la búsqueda de nuevas fuentes de obtención.

Según la investigación bibliográfica realizada encontramos que se han usado diferentes materias primas para la extracción y uso de aceite, tales como:

- Avellanas, melocotón, semilla de uva, café, arroz, maní, sandía, semilla de calabaza, ciruelas, maracuyá, etc.

Tratando de complementar la producción de aceites de semillas de algodón en el Perú, en ninguno de los casos se ha llegado a instalar una planta a nivel industrial, ya sea porque el rendimiento de aceite es bajo, porque el costo de materia prima es elevado, porque acondicionar la materia prima con fines de hacerla apta para el proceso requiere de operaciones que incrementan el costo de operación, o en otros casos no existe la materia prima seleccionada en cantidades explotables, lo que sería un obstáculo para el funcionamiento de una planta de producción continua.

Ante lo anteriormente expuesto, creemos conveniente utilizar como materia prima la semilla de papaya para la extracción de aceite, puesto que en el Perú no es aprovechada industrialmente y se desecha en volúmenes grandes. En vista de ello realizamos pruebas de extrac-

ción a nivel laboratorio mediante las cuales obtuvimos un rendimiento del 22,5% en peso (base : semilla húmeda al 12%), lo que nos indica un valor bastante aceptable como para empezar a realizar un estudio técnico.

El aceite extraído fué analizado en el Laboratorio de Control de Calidad de la empresa Perú Pacífico S.A. Los resultados obtenidos demuestran que el aceite es apto para consumo humano.

En este estudio se realizará un diseño a nivel piloto, la que estará ubicada en una zona industrial de Lima, por encontrarse mas cerca de las empresas que proporcionarían la materia prima en mayores volúmenes.

La Planta diseñada permitirá procesar 46,7 Tm. de semilla húmeda por día.

Su abastecimiento está garantizado por la existencia de empresas que procesan la fruta con la finalidad de aprovechar la pulpa, ya sea para la obtención de néctares, mermeladas, frutas confitadas, cocktails, dejando la semilla disponible a un costo muy bajo.

La producción diaria de aceite refinado será de 2,67TM/día, con un costo de producción de 0,90 \$/lt., por tener un costo de materia prima bastante bajo.

En cuanto a la pulpa de la papaya, la cual tiene interés comercial ya que puede consumirse como fruta fresca ó cocida, se aprovecha tal como lo indicamos en la industria alimentaria, ya sea para la producción de

harina, conservas, jarabes, néctar, puré. Siendo considerado en el proyecto como co-producto valioso del aceite obtenido de las semillas. Y que se procesará por las empresas mencionadas.

En este estudio se realizará un Diseño de Planta a nivel Piloto, que servirá como base para que en el futuro se haga posible un diseño de Planta a nivel industrial.

1.1. LA PAPAYA Y SU CLASIFICACION.

Este frutal pertenece a la pequeña familia de las Caricaceae y al género CARICA, que comprende unas 40 especies, de las cuales se consideran solo 3 de importancia económica.

1.1.1. CLASIFICACION DE ACUERDO A LA IMPORTANCIA ECONOMICA.

De estas 3 especies, la más importante es la CARICA PAPAYA L., o PAPAYO COMUN, caracterizado por su gran tamaño y fruto grande.

Le sigue en importancia la denominada papaya de altura o CARICA CANDAMARCENCIS, de tamaño más reducido y fruto pequeño, resistentes al frío y cuyo habitat se encuentra comprendido entre los 1500 a 2500 m.s.n.m.. Finalmente la CARICA MONOICA, propia de la Selva Amazónica.

La familia CARICACEAE tiene 4 géneros, de los cuales

el mas importante es el CARICA; este género tiene el subgénero PAPAYA.

Según la información (Programa de Frutales Nativos. Informativo N°16), el subgénero mencionado tiene 21 especies siendo la más importante la especie CARICA PAPAYA LINN.

1.1.2. CLASIFICACION BOTANICA.

El papayo pertenece a la familia de las Caricaceae, íntimamente relacionada a las Passifloraceae y a las Cucurbitaceae, y se le conoce como Carica Papaya L. o Papaya Vulgaris.

La flor determina la forma y el tamaño del fruto, el que puede ser casi esférico, con forma de pera o bien casi cilíndrico, su peso varia de 0.5 a 3Kg. y puede medir unos 50cm. de largo. En su centro, que es hueco, se asientan numerosas semillas negras, cardiformes, de unos 5mm. de diámetro, todas ellas con un arilo incoloro en forma de saco.

Un corte transversal del fruto permite apreciar una forma estrellada pentagonal del mismo, así como la disposición de las semillas.

1.2. COMPOSICION DEL FRUTO.

1.2.1. COMPOSICION DE LA PAPAYA

- CASCARA.

Presenta poca resistencia y consistencia, de superficie algo lisa de color amarillento cuando se encuentra en su etapa de madurez.

- **PULPA.**

El color de la pulpa varía desde amarillo hasta un rojo salmón, es jugosa, ligeramente aromática y de sabor agradable.

- **SEMILLA.**

El fruto tiene una cavidad en la que se encuentra la semilla, de color que varía desde un grisáceo a negro y se encuentra envuelta en una fina membrana brillante.

COMPOSICION DEL FRUTO.-

Pulpa + Cáscara.....90%
Semilla10%

RELACION EN PESO DE SEMILLAS SECAS

En papayas cuya longitud oscila entre 30 a 35 cm. y 11 a 13 cm. de diámetro, a las cuales les corresponde un peso promedio de 1kg. .

PAPAYA PESO(gr.)	SEMILLA HUMEDA(gr.)	SEMILLA SECA(gr.)	HUMEDAD PESO(gr.)
1. 861	84,20	15,16	69,04
2. 889	93,40	16,81	76,59
3. 1127	107,80	19,40	88,40
4. 833	91,60	16,49	75,11

PAPAYA PESO(gr.)	SEMILLA HUMEDA(gr.)	SEMILLA SECA(gr.)	HUMEDAD PESO(gr.)
5. 911	93.83	16.89	76.94
6. 816	88.90	16.00	72.90
7. 1038	99.40	17.89	81.51
8. 805	86.10	15.50	70.60
9. 1011	104.00	18.72	85.28
10. 822	89.70	16.15	73.55

1.2.2. MATERIA PRIMA.

La materia prima utilizada para la extracción de Aceite, son las semillas de Papaya, las cuales presentan las siguientes características :

- COMPOSICION DE LA SEMILLA EN BASE HUMEDA.

Humedad82.0%

Semilla seca18.0%

1.3. APROVECHAMIENTO DE PULPA.

El aprovechamiento industrial de la papaya comprende la elaboración de néctares y purés.

Elaboración de Néctares y Purés. La secuencia de operaciones necesarias se resume a continuación :

- **Lavado.**- El fruto se lava con agua clorinada, con 7 a 10 PPM. de cloro libre, para desinfectar su superficie y realizar el mondado bajo condiciones más higiénicas; esta operación se efectua en un lavador mecánico para frutas, que combina el lavado por inmersión y aspersion.

- **Mondado.**- Se efectua en forma manual, empleando

cuchillos de acero inoxidable. Cabe mencionar, sin embargo, que en la literatura científico-técnica se hace mención a procedimientos mecánicos para el mondado y eliminación de las semillas.

- **Trozado** .- Tiene como objetivo facilitar la operación de desintegración de la pulpa, se realiza manualmente.

- **Remoción de las semillas.**- Tiene como finalidad, evitar que se incorpore al producto sabores amargos de este componente del fruto , lo que sucedería si es que no se separase de la pulpa.

- **Limpieza de las secciones.**- Se eliminan las partes dañadas para obtener un mejor producto.

- **Desintegración de la pulpa.**- Se realiza en una pulpadora eliminando parte del material fibroso.

- **Acabado** .- Esta operación persigue como objetivo principal mejorar la consistencia y homogeneidad del producto y sólo en forma secundaria la eliminación de la porción fibrosa.

- **Formulación.**- La pulpa resultante del paso anterior se bombea a tanques de acero inoxidable dotados con sistema de agitación. A continuación, si el producto a obtener es un Néctar, se adiciona al recipiente un jarabe constituido por agua y azúcar, según condiciones establecidas con anterioridad, y después se agrega ácido cítrico en la cantidad necesaria para que el PH del producto quede en 3,7. La formulación utilizada es :

Pulpa = 36,7%

Azúcar = 10,5%

Agua = 52,1%

Acido cítrico = 0,7%

En el caso de la preparación del Puré de papaya únicamente se hace la corrección del PH a 3,7-3,8 con ácido cítrico.

APROVECHAMIENTO DE LA SEMILLA

La semilla será utilizada en la obtención de aceite de papaya, el cual es el tema de la presente tesis.

1.4. EL CULTIVO Y SUS REQUERIMIENTOS.

Una de las características más sobresalientes de éste cultivo es su extraordinaria precocidad para lograr cosecha, ésta comienza antes del año a partir de la siembra y en lugares muy calurosos a los 7 meses, y continúa produciendo hasta que la planta tiene de dos a tres años o más de edad .

CULTIVO

1.4.1. FISILOGIA.

1.4.1.1. Florecimiento.

Las etapas de desarrollo son : de la germinación a la floración, 6 meses y de la floración a la maduración del fruto otros 6 meses.

El papayo es sensible a las bajas de temperatura y a la falta de humedad en el suelo; el tiempo requerido para el desarrollo y maduración del fruto varía en función de

las condiciones climáticas prevalecientes. Si el florecimiento ocurre durante el otoño o invierno, la fruta alcanza su madurez en unos 7 a 9 meses; pero si la floración ocurre en la primavera la cosecha puede tener lugar entre los 5 a 6 meses.

1.4.1.2. Polinización.

La distribución de los sexos en los descendientes es función de los cruzamientos que ocurren. Así, por ejemplo, la semilla proveniente de una planta femenina, cuyas flores fueron polinizadas con polen de una planta masculina, darán origen a plantas masculinas y femeninas en la relación aproximada de 1:1. Plantas femeninas fecundadas con polen de plantas hermafroditas producirán plantas hermafroditas y femeninas, también en una proporción cercana a 1:1. A su vez cuando las flores de plantas hermafroditas son fecundadas con polen de plantas masculinas, las semillas del fruto darán lugar a 1/3 de plantas masculinas; 1/3 de hermafroditas y 1/3 de femeninas. Finalmente, de la autofecundación de flores de plantas hermafroditas resultarán plantas hermafroditas y femeninas en la proporción de 2:1.

1.4.2. COSECHA.

Para determinar el punto adecuado de corte se toma como guía el color de la cáscara; si el fruto se destina al mercado, la recolección tiene lugar cuando la

coloración pasa de un verde oscuro a un verde claro y ligeramente amarillento.

La operación de recolección se realiza preferentemente por la mañana y es conveniente dejar parte del pedúnculo para impedir la penetración de hongos por la cavidad de la base. Deben tomarse las medidas necesarias para proteger a los trabajadores de la acción del látex del fruto.

1.4.3. MANEJO POST COSECHA.

El transporte del fruto al lugar de selección, lavado y embarque se hace a granel, en camiones; es costumbre colocar una capa de paja u otro material para evitar el maltrato del fruto y su escoriación que favorece el deterioro microbiano.

Es práctica generalizada envolver individualmente los frutos en papel periódico, el que además de darles cierta protección, constituye un aislante térmico, que favorece su maduración. De acuerdo a la práctica en Brasil, la papaya destinada al consumo doméstico se embarca en cajas que miden externamente 50cm. de largo, por 50cm. de ancho y 36cm. de alto y pueden acomodar de 9 a 30 piezas, con un peso neto de 30 a 32Kg.; se acostumbra colocar paja en el piso de las cajas y taparlas con tiras de madera. Sin embargo, cuando el embarque se destina a fines industriales, la papaya, sin envolverla, se transporta en cajas abiertas, a fin de reducir costos de operación. Esta materia prima se procesa

generalmente de inmediato.

REQUERIMIENTOS

El Papayo es una planta muy exigente en diversos factores, en lo que se refiere al clima, prospera y produce mejor en lugares de clima tropical que poseen temperaturas medias elevadas.

En cuanto a su cultivo en el Perú, se considera los siguientes aspectos :

- 1.- Su cultivo se desarrolla en casi toda la región de la Costa, así como en la Selva.
- 2.- Las observaciones efectuadas permiten considerar como las zonas más apropiadas para su cultivo :
 - a) Las cabeceras de los Valles de Costa.
 - b) La Región de Selva, tanto la denominada Selva Alta como la Selva Baja.
- 3.- El departamento de Piura, es sin lugar a dudas la principal zona de cultivo de esta fruta, en estos últimos años.

Este frutal es bastante exigente en cuanto a calidad y permeabilidad del suelo. Por otra parte, no se puede repetir el cultivo en el mismo terreno debido a la permanencia de plagas y enfermedades por lo menos durante un período de 6 a 7 años.

II. ESTUDIO DE MERCADO

2.1. ESTUDIO DE LA OFERTA DEL ACEITE DE PAPAYA.

Referente al aceite de papaya, no existen Plantas en funcionamiento que produzcan y oferten esta variedad de aceite; por lo tanto no existen datos estadísticos de producción y consumo en el Perú.

En la actualidad, aproximadamente el 55% de los aceites vegetales elaborados en nuestro país provienen del aceite crudo de Soya que se importa de diferentes países, principalmente de E.E.U.U..

Aproximadamente el 70% del aceite crudo importado es utilizado en la fabricación de aceites y el resto en la fabricación de grasas sólidas.

Existe una gran cantidad de aceite importado que se debe tratar de sustituir con una mayor producción de aceite nacional, incrementando el uso de materias primas nacionales.

CUADRO N° 1

PRODUCCION ANUAL DE ACEITES COMESTIBLES (TM.) (1980-1994)

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
PRODUCTO	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
ACEITES	104157	123541	125766	112090	102915	97012	138189	154693
Vegetal	25095	29097	33233	38788	31664	27850	36770	54296
Compuesto	79062	94444	92533	73302	71251	69162	101419	100397
PRODUCTO	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	
ACEITES	145484	134215	142401	118725	118201	130914	91112	
Vegetal	76062	43399	56284	46294	50211	49135	35802	
Compuesto	69422	90816	86117	72431	67990	81779	55310	

Fuente : Oficina de Estadística del Ministerio de Agricultura.

2.1.1. ESTUDIO DE LA OFERTA DE PAPAYA EN EL PERU.

CUADRO N° 2

PRODUCCION DE PAPAYA EN EL PERU (TM)

AÑO	PRODUCCION (TM)	SEMILLA HUM. (10%, TM)
1983	200944	20094,4
1984	204236	20423,6
1985	214788	21478,8
1986	235831	23583,1
1987	248662	24866,2
1988	270285	27028,5
1989	255949	25594,9
1990	234335	23433,5
1991	245867	24586,7
1992	248350	24835,0
1993	281496	28149,6

Algunas de las empresas que proporcionarían la semilla son :

- Industrias Alimentarias S.R.L.

(zona PRO, dos Plantas) -----> 14 TM/día (semilla húm.)

- Fábrica de Conservas S.A.

(zona PRO) -----> 9 TM/día (semilla húm.)

- Tropic -----> 8 TM/día (semilla húm.)

- Delifrut

(Antonio de Elizalde 460)-----> 5 TM/día (semilla húm.)

Alt. cuadra 8 Av. Argentina

PROYECCION DE LA OFERTA DE PAPAYA

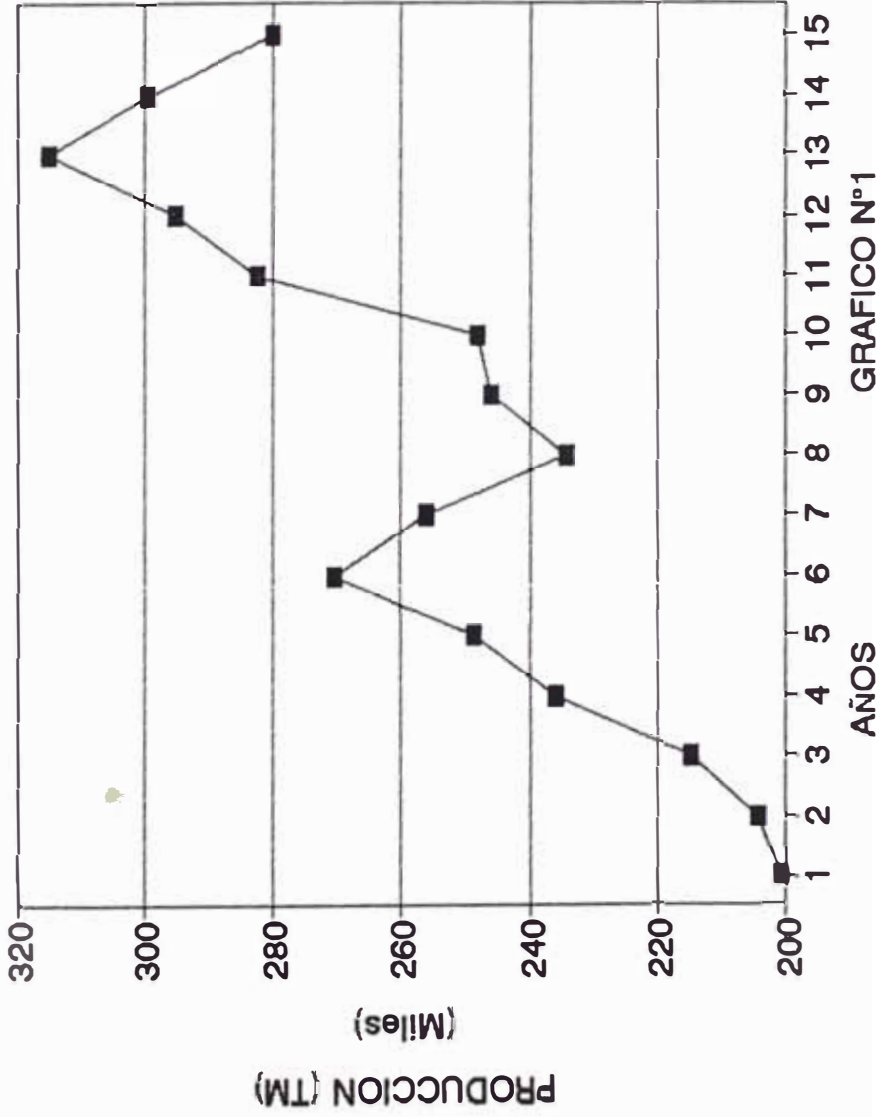


GRAFICO N°1

- Frutos del Pais

(Cajamarquilla 1265) -----> 7 TM/día (semilla húm.)

- Selva -----> 4 TM/día (semilla húm.)

Además eventualmente se puede aprovechar las semillas de las otras Plantas ubicadas en provincias.

- Siendo el costo promedio de la materia prima (semillas de papaya) : 0,070 soles/Kg. (7 centimos/Kg.)

2.2. ESTUDIO DE LA DEMANDA.

Siendo la demanda de aceite comestible en volúmenes altos, cubiertos por materia prima importada (ver cuadro 3), sería importante considerar la instalación de una planta de extracción de aceite a partir de la semilla de papaya, aprovechando la existencia de la materia prima de costo bajo; y así disminuir en la mayor cantidad posible los volúmenes de importación.

La información estadística de los aceites comestibles que se comercializa en el mercado se muestra a continuación :

CUADRO N° 3

CONSUMO ANUAL DE ACEITES COMESTIBLES (TM.) (1985-1993)

=====

PRODUCTO	1985	1986	1987	1988	1989
ACEITES	119388	174611	204162	202624	168099
PRODUCTO	1990	1991	1992	1993	
ACEITES	200301	179107	190580	211586	

Como se observa no existe una tendencia estrictamente ascendente, pero en forma general los valores de consumo van en aumento a medida que transcurre el tiempo; esto se explica fácilmente por el aumento de la población.

III. ESTUDIO EXPERIMENTAL.

3.1. METODOS DE EXTRACCION Y SELECCION.

3.1.1. Extracción Mecánica.

I.- Prensado discontinuo

Para el prensado por cargas (discontinuo) se emplean prensas hidráulicas. La presión se aplica a una serie completa de capas o "tortas" de la semilla, fluyendo el aceite continuamente a través de envolturas de tela o canales conectados a las partes metálicas.

El funcionamiento de la prensa hidráulica se basa en el principio de Pascal de la transmisión de la presión en todos los sentidos.

Para el prensado hidráulico se ha intentado establecer una relación entre el aceite obtenido, a partir de distintas semillas, y los factores de presión, tiempo de prensado, temperatura y viscosidad.

Finalmente según estudios realizados se determinó que el importante efecto que ejerce la temperatura es un factor que debe ser considerado, al determinar las temperaturas óptimas de cocción.

a). Prensas de tipo abierto, en las prensas de plato la presión máxima alcanzada con las prensas abiertas modernas, llamadas superprensas, en la extracción del

aceite de las semillas oleaginosas, no pasa prácticamente nunca las 350 atmósferas.

Por mas que en la Industria Aceitera esta presión se considera como excesiva; efectivamente más allá de una cierta presión de trabajo, son mas los daños a la maquinaria (deformación de los platos), a los accesorios (rotura de los tejidos envolventes de las semillas), a una racional utilización de la energía.

La cantidad de carga para cada plato varía según la potencia de la prensa, superficie del plato y naturaleza de la semilla.

b).- Prensa de tipo cerrado; su mejor representante es la prensa jaula.

Las prensas de jaula difieren esencialmente de las abiertas por tener, en lugar de platos abiertos, un único cilindro hueco, de acero resistente, sin soldaduras y agujereado.

Este tipo de prensas pueden trabajar a presiones inferiores a los de tipo abierto y son particularmente apropiados para el prensado de la copra, y otras semillas oleaginosas de alto contenido en aceite y poco material fibroso, que, si se prensan en prensas del tipo abierto tienden a romper las telas.

La carga de la jaula no se hace nunca en un sólo bloque de semillas sino por capas. Con este fin se suele interponer entre capa y capa dos tejidos permeables, entre los cuales se coloca una placa de acero.

Al referirse a los espesores de la torta señala que éstas varían con la naturaleza de la semilla y también con el número de capas. Además indica que, a los efectos de rendimiento más que la capacidad de la jaula tiene importancia la relación entre el diámetro y la altura. Parece que la proporción más favorable es: diámetro/altura = $1/3$.

Las jaulas están diseñadas, indica Bailey, para soportar presiones del orden de los 420 Kg/cm². Antes de alcanzar la máxima presión, Bailey, recomienda proceder gradualmente; de otro modo se perjudicaría toda la acción del prensado.

II.- Prensado Continuo.

En un prensado continuo, la presión se comunica mediante un tornillo o rosca giratoria, y el aceite mana a través de los canales del cilindro que encierra la rosca. El prensado con el tornillo sinfin se usa para la presión del aceite en una sólo operación o para el "Pre-prensado", es decir, la separación de la primera fracción de aceite a partir de un material destinado a un poste - rior prensado hidráulico o extracción con solventes. Condición esencial para obtener el máximo rendimiento en

aceite es la desecación al límite de las semillas, y esto por la razón de que aplicando las máximas presiones (1400 atm.) la presencia del agua dificulta un buen drenaje y favorece el escurrimiento de la pasta juntamente con el aceite. Tal desecación debe llevarse hasta 2-4% de humedad residual; con humedades superiores a 4% no es posible aplicar las presiones máximas.

El rendimiento en aceite es algo superior a las obtenidas por prensado hidráulico, aunque contiene siempre más cantidad de sólidos.

Su mayor inconveniente estriba en el gasto relativamente alto por consumo de energía, a la vez que requiere una buena práctica de operación y conservación y no se adaptan bien a procesos intermitentes.

Desarrollan presiones extremadamente altas, del orden de 1400 a 2800 Kg/cm².

3.1.2. EXTRACCION POR SOLVENTE.

Este método es el más eficaz en la obtención de aceite y de mayores ventajas en la manipulación de semillas con bajos contenidos de aceite. Aquí la extracción puede alcanzar un rendimiento de 99,9%, con lo que la torta quedaría con un aceite residual de 0,1 a 0,5%, no siendo significativa las pérdidas.

Además de mayor rendimiento en aceite, la extracción

con solvente tiene la ventaja, sobre la extracción mecánica de realizarse de modo casi totalmente automático, por lo cual los costos de mano de obra son muy bajos; como contrapartida presenta los inconvenientes de necesitar un equipo relativamente costoso, que hace económica la operación, tratándose de instalaciones comparativamente grandes.

En este proceso es necesario considerar el equilibrio que se tiende a alcanzar durante la operación, y la velocidad de la misma, en función de los diversos factores que pueden afectar a uno y a otro. Siendo los factores que influyen en el equilibrio: la naturaleza del soluto, y la del solvente, así como la temperatura de procesamiento.

Durante la extracción sólido-líquido, tienen lugar dos fenómenos, sucesivamente desde que se inicia el contacto con el solvente hasta que se alcanza el equilibrio:

- El cambio de fase del soluto en el disolvente contenido en los poros del sólido (semilla oleaginosa); y
- El paso del soluto desde la superficie de los sólidos a la masa de la disolución.

- TIPOS DE EXTRACCION POR SOLVENTE

A.- Por Inmersión. Se debe mantener la materia oleaginosa en maceración con el solvente y puede

efectuarse en frío o en caliente.

B.- Por Percolación. Consiste en verter el solvente sobre la materia oleaginosa y dejarlo percolar por gravedad hasta extraer todo el aceite.

C.- Por Gases Condensados. En este caso debe inyectarse el solvente en forma de vapor por la parte superior del extractor, el cual al ponerse en contacto con la materia oleaginosa se condensa. Es en este momento que ocurre el cambio de estado y cuando el solvente tiene su mayor capacidad para extraer el aceite; ya que el solvente quedará en solución saturada muy rica en aceite. Este método ha sido preconizado como el de máxima eficacia.

- SELECCION DEL SOLVENTE ADECUADO.

A. Características.- Las propiedades que debe reunir un buen solvente son:

- i. No inflamable, no explosivo y no tóxico.
- ii. No corrosivo.
- iii. Tener selectividad de modo que disuelva bien los glicéridos, separándolos de cualquier otro componente extraño en la materia prima.
- iv. Fácil de recuperar sin dejar malos olores residuales.
- v. De fácil adquisición en el mercado y de composición constante así como, precio conveniente.

3.2. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y OPTIMIZACION DE LAS PRUEBAS.

3.2 1. Prensado

Procedimiento.

Para obtener aceite a partir de la semilla de papaya, se usó una prensa hidráulica.

Se colocó la semilla acondicionada (12% de humedad y 100°C de temperatura) en el recipiente; que va ubicado sobre el plato móvil de la prensa, luego se procede a mover la palanca, que permite que el plato móvil se desplace verticalmente para presionar la semilla, produciéndose así la extracción de aceite de semilla de papaya.

Para determinar los parámetros óptimos de extracción se procedió como sigue :

- a. Determinación de la Humedad Optima de Extracción Por Prensado.

- Masa de Semilla seca : 200 gr.
- Presión de extracción : 7000 lb/pulg²
- Tiempo de extracción : 50 min.

HUMEDAD (%)	RENDIMIENTO
6,0	8,70
10,0	15,20
12,0	18,50
14,0	15,50
20,0	7,0

- Según los resultados obtenidos, se observa que la

humedad óptima de extracción es de 12%, puesto que con éste valor se alcanza un mayor rendimiento.

- b. Determinación del rendimiento de aceite.

- Masa de Semilla seca: 200 gr.

- Humedad óptima : 12%

PRESION (lb/Pulg ²)	TIEMPO (min.)	RENDIMIENTO
0,0	0,0	0,0
0,0	5,0	0,0
50,0	10,0	0,0
250,0	15,0	0,7
500,0	20,0	3,9
1250,0	25,0	7,8
2500,0	30,0	11,6
4000,0	35,0	15,1
5500,0	40,0	16,5
7000,0	45,0	17,6
7000,0	50,0	18,5
7500,0	55,0	20,5
7500,0	60,0	22,5
7500,0	65,0	22,5
8000,0	70,0	22,5
8000,0	75,0	22,5

- De acuerdo a los resultados experimentales de extracción mecánica, se observa que se obtienen diferentes rendimientos a diferentes presiones de trabajo, obteniéndose como rendimiento mayor 22,5% (base: semilla húmeda 12%).

- Influencia de la humedad en el rendimiento de extracción del aceite.

- El rendimiento es reducido a niveles de humedad pequeños; la explicación al respecto es que al no existir

la suficiente cantidad de humedad, la acción humectante del aceite para el resto de la semilla se ve limitada. Consecuentemente el aceite ve limitada sus posibilidades de separación y si es que se logra extraer se hace con mucha dificultad.

Se alcanza su punto óptimo de extracción al 12% de humedad. A humedades mayores se observa, que vuelve a disminuir el rendimiento. Se explica ésta caída del rendimiento por el aglomeramiento de la masa y como la humedad mayormente se encuentra superficialmente, sale tan rápidamente que no logra arrastrar consigo el aceite que se encuentra más íntimamente ligado al producto.

Según estudios realizados se menciona que a humedades superiores se produce el paso de grandes cantidades de sólidos a través de los elementos filtrantes, con el consiguiente enturbamiento del aceite filtrado.

3.2.2. Extracción por Solvente

Procedimiento.

Para obtener aceite a partir de la semilla de papaya mediante extracción por solvente, se utilizó un soxhlet a nivel banco.

Se utilizó como solvente el hexano, el cual se coloca en un balón de 500 ml., éste va unido a un percolador en cuyo interior se coloca la semilla triturada y

acondicionada dentro de un saquito de tela que impide que la semilla se junte con el aceite.

Sobre el percolador se coloca el condensador.

Todo el equipo montado se ubica dentro de una olla eléctrica que contiene agua como medio de calentamiento.

El hexano contenido en el balón se calienta a ebullición (60°C), sus vapores suben hasta el condensador, cayendo a su temperatura de saturación sobre el saquito que contiene la semilla, extrayéndose así el aceite. Esta mezcla (hexano- aceite) cae hacia el balón por medio de una conexión lateral existente entre esta y el percolador.

La mezcla contenida en el balón continúa su calentamiento hasta que el hexano nuevamente hierva, repitiéndose todo el proceso anterior y concentrándose cada vez más el contenido de aceite en el balón.

Este proceso se llevó a cabo durante 1 hora.

Luego para separar el aceite del hexano se realizó una destilación.

Para determinar los parámetros óptimos de extracción se procedió como sigue :

**- a. Determinación de la Humedad Optima de Extracción
Por Solvente.**

MASA (gr)	TIEMPO (hrs.)	%HUMEDAD	REND.ACEITE
20	1,0	10	28,0
20	2,0	10	28,1
20	2,5	10	28,1
20	3,0	10	28,1

MASA (gr)	TIEMPO (hrs.)	%HUMEDAD	REND.ACEITE
20	1,0	8,0	27,0
20	1,0	9,0	27,5
20	1,0	11,0	30,0
20	1,0	12,0	30,5
20	1,0	14,0	30,0
20	1,0	15,0	29,0

- Se tomó como base 20gr. de semilla seca.

Se realizó la extracción de aceite, a partir de semillas con 10% de humedad, en tiempos diferentes, se observó que el rendimiento de aceite no aumentaba significativamente para un tiempo mayor a una hora.

Por estas razones se optó por realizar la extracción durante 1 hr. Luego se hizo variar el porcentaje de humedad, trabajando con valores mayores y menores del 10%, para ver la influencia en el rendimiento de la extracción

Como se observa en el cuadro anterior, el mayor rendimiento de aceite fue de 30,5% el mismo que se obtiene al trabajar con 12% de humedad.

Por lo anterior se concluye que los parámetros óptimos de extracción son : tiempo = 1hr.; humedad = 12% (base : semilla seca + agua).

3.3. ANALISIS QUIMICO.

3.3.1. INDICE DE SAPONIFICACION. (METODO AOCS)

DEFINICION.- Es el número de miligramos de KOH,

necesarios para saponificar 1gr. de grasa.

PROCEDIMIENTO.- Se pesan 2gr. de muestra, en un matraz previamente tarado. Se añade 25ml. de KOH 0.5N en solución alcohólica y se calienta a ebullición en baño maría de 30 a 60min. con refrigerante de reflujo.

Se añade 1ml. de fenolftaleína y se valora en caliente con HCl 0,5N hasta la desaparición de la coloración rosada.

Se lleva a cabo un ensayo en blanco, empleando iguales cantidades de reactivos y operando de la misma forma que con la muestra.

CALCULO.-

$$I.S. = \frac{(V-V_1) \times 28,05}{P}$$

P

Donde : I.S.= Índice de saponificación.

V = Volumen gastado en la prueba en blanco (ml.)

V1 = Volumen gastado en la muestra (ml.)

P = Peso de la muestra (gr.)

28,05 = equivalente químico del KOH 0.5N

3.3.2. INDICE DE IODO. (METODO DE HANUS).

DEFINICION.- Es la cantidad de gramos de iodo, que fijan 100gr. de grasa.

Es el indicador por excelencia de un aceite, mediante éste podemos determinar con seguridad si un aceite está puro o adulterado.

PROCEDIMIENTO.- Pesar 0,2 a 0,3gr. de muestra en un

erlenmeyer agregando enseguida 10ml. de cloroformo y 25ml. del reactivo de Hanus. (ver Apéndice, parte C) en otro frasco se coloca la misma mezcla sin la grasa (muestra en blanco) y se lleva estos dos frascos a un lugar fresco y oscuro por 30min.,

agitando de tiempo en tiempo, al término de los 30 min. se agrega a cada frasco 30ml. de solución de IK al 15% y 100 ml. de agua destilada y se titula el iodo no combinado con la grasa, mediante el tiosulfato de sodio 0.1N, usando engrudo de almidón, como indicador.

CALCULO.-

$$I.I. = \frac{(N-N_1) \times 1.270}{P}$$

P

Donde N = Gasto en blanco (ml)

N1 = Gasto en muestra (ml)

P = Peso de muestra.

1,27 = Equivalente de Iodo.

3.3.3. INDICE DE PEROXIDO. (METODO AOCS)

DEFINICION.- Es una medida de su contenido de oxígeno activo, expresado en términos de miliequivalentes de peróxido, por kg. de aceite.

PROCEDIMIENTO.- Se pesó 5 gr. de muestra en un erlenmeyer; se adicionó 30 ml. de solución ácido acético-cloroformo, se disolvió la muestra en la solución. Se aumentó 0,5 ml. de solución saturada de IK y se agitó exactamente 1 min.

Se adicionó 30 ml. de agua destilada, luego gotas de

solución de almidón y se tituló con la solución de tiosulfato de sodio 0.01 N hasta que el color azul oscuro desaparezca.

CALCULO.- El Índice de Peróxido expresado en miliequivalente por Kilogramo de muestra es:

$$I.P. = \frac{S \times N \times 100}{P}$$

Donde :

S = Gasto en la titulación (ml.)

N = Normalidad del tiosulfato de sodio

P = Peso de la muestra.

3.4. ANALISIS INSTRUMENTAL.

3.4.1. ESPECTRO INFRARROJO.

Para la prueba se utilizó el equipo PERKIN ELMER 1600FTIR. que se encuentra en el laboratorio de la planta MOBIL.

PROCEDIMIENTO.- Se coloca la muestra de aceite en el centro de una celda que es una placa de metal, en cuyo centro contiene una luna transparente que sirve para colocar las muestras. Luego estas celdas se colocan en forma horizontal en el equipo infrarrojo, donde un haz de fotones intercepta a la muestra.

Parte de los fotones es absorbido por el aceite, mientras que otra parte es transmitido, lo cual depende

de los grupos funcionales presentes en el aceite y la concentración en que se encuentran.

Los resultados de la gráfica se leyeron de la siguiente manera :

Número de onda (cm^{-1})	Grupo funcional
1150	Grupo alcano, tipo isopropilo ó n-propilo
1395	Butilo terciario
1445	Alcanos $-\text{CH}_2-$ (de tijera)
1750	Estiramiento $\text{C}=\text{O}$ (carbonilo)
2853 - 2900	Alcanos $-\text{CH}_3$; $-\text{CH}_2-$
2900	Estiramiento OH

3.4.2. CROMATOGRAFIA DE GASES.

Se tomó como referencia, los resultados mostrados en la revista que aparece en la referencia bibliográfica N°10.

Acido	Porcentaje	Formula
Acido oleico	75.7%	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Acido palmítico	13.8%	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$
Acido esteárico	5.1%	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$
Acido linoléico	4.8%	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7$
Acido gadoléico	0.2%	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Acido palmitoléico	0.2%	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_2=\text{CH}_2(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
Acido aráquico	0.2%	$\text{C}_{19}\text{H}_{39}\text{COOH}$

3.5. PROPIEDADES FISICAS.

3.5.1. DENSIDAD O PESO ESPECIFICO.

DEFINICION .- Se entiende por densidad a la masa contenida por unidad de volumen.

La densidad es una propiedad física que depende del valor de la temperatura a la cual se determina.

PROCEDIMIENTO.- Para determinar la densidad de un aceite, se puede seguir el método del aerómetro, este es un pequeño aparato que se hunde hasta cierto límite en el aceite. En su parte superior es un cilindro que lleva una escala graduada. La línea de la escala que está en contacto con la línea de la superficie del aceite es la que expresa la densidad del mismo.

Cada aerómetro está especificado para determinar la

densidad a una temperatura standar, cuando se hace la lectura de la densidad a una temperatura diferente a la standar, ésta se corrige mediante tablas, obteniéndose el verdadero valor de la densidad a la temperatura leída.

3.5.2. INDICE DE REFRACCION.

DEFINICION.- Se define como la refracción que experimenta un rayo luminoso al pasar por una sustancia grasa y depende de la composición de la misma, se ha ideado aparatos, denominados refractómetros, para determinar de este modo las características especiales de cada una de ellas.

PROCEDIMIENTO.- Se filtra la muestra para remover cualquier impureza y las últimas trazas de humedad.

La temperatura del refractómetro se ajusta a 60°C para grasas y aceites ordinarios.

Se debe asegurar que los prismas estén limpios y completamente secos y luego colocar varias gotas de la muestra en el prisma inferior. Cerrar los prismas firmemente. Se deja la muestra por uno o dos minutos hasta que tenga la temperatura del instrumento.

Se ajusta el instrumento para obtener la más clara lectura posible y luego se determina el índice de refracción.

Instrumento Usado : Refractómetro de Pulfrich PR2.

Descripción :

El Refractómetro de Pulfrich PR2 está equipado para

mediciones del índice de refracción respectivo de la dispersión en el margen espectral visible. Sobre la placa de base se encuentra la caja de lámpara (1) con aparatos de alimentación eléctrica, el zócalo de prismas para la colocación de los prismas de medición (2) y los dispositivos anteponibles de prismas (9), así como el dispositivo de medición (4).

En la caja de lámparas están alojadas las tres lámparas espectrales para las rayas Hg, He y H₂ con los correspondientes aparatos de alimentación eléctrica. Las lámparas pueden intercarse alternativamente en la marcha de los rayos con la ayuda del motor conmutador (14). Con el botón giratorio (15), dispuesto sobre el mismo eje, se acciona un cambiafiltro. Este contiene filtros monocromáticos para las longitudes de onda 653,3; 587,6; 546,1; 435,8 y 404,7 μ . Además se ha fijado en el tubo de salida (11) de la caja de lámpara un filtro de color (cristal azul) que se intercala para la amortiguación de rayas límites demasiado claras respectivamente imágenes de rendija.

En la placa de bases se halla el interruptor principal (13) del aparato, el interruptor (12) para la lámpara Hg, así como el pulsador (10) para la sobre carga a corto tiempo de los tubos espectrales, con el fin de conseguir una intensidad de radiación más grande.

(ver apéndice fig. 1)

PARTES DEL REFRACTOMETRO

1. Caja de lámpara
2. Prisma de medición
3. Ocular
4. Dispositivo de medición
5. Botón para autocolimación
6. Botón para la escala de graduación fina
7. Palanca conmutadora para la lectura del anteojo del limbo graduado
8. Botón de medición para el accionamiento del anteojo
9. dispositivo anteponible de prismas (colimador)
10. Pulsador para la sobrecarga de los tubos espectrales
11. Tubo de salida con objetivo y filtro
12. Interruptor para la lámpara Hg
13. Interruptor principal
14. Botón conmutador para el cambio de lámpara
15. Botón giratorio para el cambio de filtro.

3.5.3. COLOR (METODO DE LOVIBOND).

DEFINICION.- El color de los aceites es uno de los factores admitidos para determinar su valor, puesto que los aceites oscuros necesitan costosos tratamientos, para transformarlos en productos de color claro aceptable.

PROCEDIMIENTO.- Las muestras crudas y refinadas deben ser

tratadas con 0,5 gr. de tierra diatomea por 300 gr. de aceite. Se agrega la tierra y agita por 2,5 min. a temperatura ambiente. Los aceites blanqueados son suficientemente claros para la determinación del color. Se ajusta la temperatura entre 25 y 35 °C y se llena el tubo a la marca deseada.

Se coloca el tubo que contiene la muestra en el colorímetro, y los vidrios amarillos y rojos como sea necesario para asemejar el color del aceite, observando la muestra y los vidrios a través del monocular.

Instrumento usado : Colorímetro

Cuadro de Resultados de Análisis Físico-Químico

Los resultados mostrados son valores promedio.

Acidez-%(Oleico) = 0,894

Indice de Peróxido-meq/k = 1,375

Indice de Refracción-60°C = 1,4522

Indice de Iodo-Wijs = 65,2

Insaponificables-% = 1,21

Viscosidad (25°C) = 40,0 Centistokes

Indice de saponificación = 171,2

Densidad (gr/ml.)(25 °C) = 0,918

Los procedimientos y métodos empleados se muestran en la sección 3.3.; 3.5.

IV. ESTUDIO TÉCNICO (DISEÑO DE PLANTA PILAJO)

4.1. LOCALIZACION Y DETERMINACION DEL TAMAÑO DE PLANTA

4.1.1. LOCALIZACION.

La Planta de extracción de aceite de papaya se ubicará en la zona Industrial, ubicada en la Panamericana Norte (Lima), ya que en esta zona funcionan las dos compañías principales que nos proporcionarían la materia prima.

En esta zona industrial existen áreas disponibles donde se podría ubicar la Planta con la ventaja de que se cuenta con la disponibilidad de energía eléctrica que se utilizará en gran medida para el funcionamiento de los molinos, los expeller, el agitador, las bombas y otros equipos, así como de agua para el tratamiento térmico de la semilla, los intercondensadores del sistema de vacío, el enfriamiento del aceite y para la caldera.

4.1.2. TAMAÑO.

Para determinar el tamaño de la Planta se debe considerar fundamentalmente la proyección de la producción de papaya, se tomaron datos estadísticos de producción ya existentes, se elaboró una gráfica y por cálculos de proyección se obtuvo un valor de 140 000 TM. de papaya disponible para el año 1997.

La Planta funcionará un sólo turno por día (8hrs.), 6 días por semana (300 días de operación), con lo cual se

procesará 46,7 TM/día.(semilla al 82%), y se refinará 2,72 TM/día. de aceite crudo.

La Planta consiste de dos secciones : una de extracción y otra de refinación.

- **CAPACIDAD DE PLANTA.** La sección de extracción tiene una capacidad de procesamiento de 16,06 TM/día.(semilla al 20%). La sección de refinación tiene una capacidad de 2,72 TM./día de aceite crudo, distribuido de la siguiente manera:

- Calentamiento del aceite ... 1/2 hr.
- Neutralización 1 hr.
- Lavado del aceite 1 hr.
- Secado1/2 hr.
- Decoloración1/2 hr.
- Filtración1 hr.
- Carga del Deodorizador 1/2 hr.
- Deodorización 2 hrs.
- Enfriamiento y almacenaje ... 1 hr.

4.2. OPERACIONES Y PROCESOS SELECCIONADOS

TRATAMIENTO PREVIO.

4.2.1. Limpieza de Semillas.

La primera operación que debe sufrir la semilla

oleaginosa en la elaboración de los aceites vegetales es su clasificación y limpieza, es decir, eliminar todo elemento extraño que no sea la propia semilla.

Se emplean lavadores a alta presión, permitiendo la separación de semillas de la pulpa y materiales ajenos, la cual es posible por diferencia de densidades.

Muchos defectos de olor y coloración deben su origen al empleo de semillas insuficientemente limpias y por consiguiente exigen una laboriosa refinación, que con frecuencia resulta mas cara que la limpieza de la semilla.

4.2.2. Secado.

El secado de las semillas tiene una gran importancia para la buena conservación de esta materia prima durante el almacenamiento y para la operación de extracción en la fase siguiente.

El secado previo de las semillas se realizará al medio ambiente (secado solar), hasta que la semilla alcance el 20% de humedad.

4.2.3. Depósito de semillas.

Es el lugar donde se debe almacenar la materia prima

oleaginosas en cantidad suficiente para trabajar normalmente durante un periodo de 15 días.

Es condición esencial e imprescindible que el lugar destinado a almacén tenga las condiciones indispensables para una buena conservación, las que son : buena y efectiva ventilación, de fácil descarga y almacenamiento, facilidad de acceso en caso de incendio. La primera condición es importante, pues todas las semillas oleaginosas contienen humedad propia, en menor o mayor proporción siendo esta humedad de la semilla que a falta de una buena ventilación tiende a aumentar gradualmente y debido a su actividad biológica las semillas pueden sufrir deterioros en su calidad y contenido de aceite, motivo por el cual esta sección es de las partes más importantes de una fábrica de aceites comestibles y no debe escatimarse esfuerzo alguno para lograr un buen y adecuado almacenaje.

Además es muy importante remover la semilla, evitándose todo recalentamiento local y facilitándose la evaporación de la humedad.

Para cantidades pequeñas de semillas puede servir para el almacenaje cualquier lugar protegido de la lluvia y de la humedad estando bien aireado.

Finalmente como una conclusión a todo lo visto, aun en las mejores condiciones de manejo y almacenaje, ocurre

con el tiempo cierto deterioro, por lo que es muy importante extraer el aceite tan pronto como sea posible. Particularmente importante son los efectos indeseables producidos por el envejecimiento, el aumento de los ácidos grasos y la degradación del color.

OBTENCION DE ACEITE CRUDO.

4.2.4. Laminado.

Los molinos de rodillos, consisten en una serie de cinco rodillos colocados verticalmente, uno encima de otro y la semilla se introduce entre los dos rodillos superiores, por medio de un mecanismo adecuado de alimentación pasando hacia adelante y atrás, entre los pares de rodillos contiguos, desde la parte superior del molino al fondo, "laminándose" la semilla cuatro veces. Se construye la máquina de modo que cada rodillo soporte los pesos de los colocados encima, por lo cual las partículas están sujetas a presiones progresivamente crecientes. Los rodillos inferiores tienen la superficie pulida, mientras que el superior se suele corrugar, para asegurar que las semillas sean "mordidas", tan pronto como caen.

4.2.5. Cocción

La cocción de las semillas destinadas a prensado se lleva a cabo, ordinariamente en hornos verticales. Estos hornos contienen una serie de tres a seis bandejas

cilíndricas, cerradas y superpuestas, cada una de las cuales está provista independientemente de camisas de calefacción con vapor, tanto en las paredes, como en el fondo, y agitadores barrientes montados cerca del fondo y accionados por un árbol común, extendido a través de toda la serie de bandejas. En el fondo de cada bandeja hay una compuerta de operación automática, salvo en la última, para descargar el contenido en un expeller. Encima de la bandeja superior hay pulverizadores, para incorporar a las semillas el grado de humedad deseado, y cada una de las bandejas inferiores está provista de un tubo, que comunica al exterior, con un ventilador para descargar el exceso de humedad; de este modo es posible su control en la cocción, no sólo con el contenido al final sino también en cada paso del proceso.

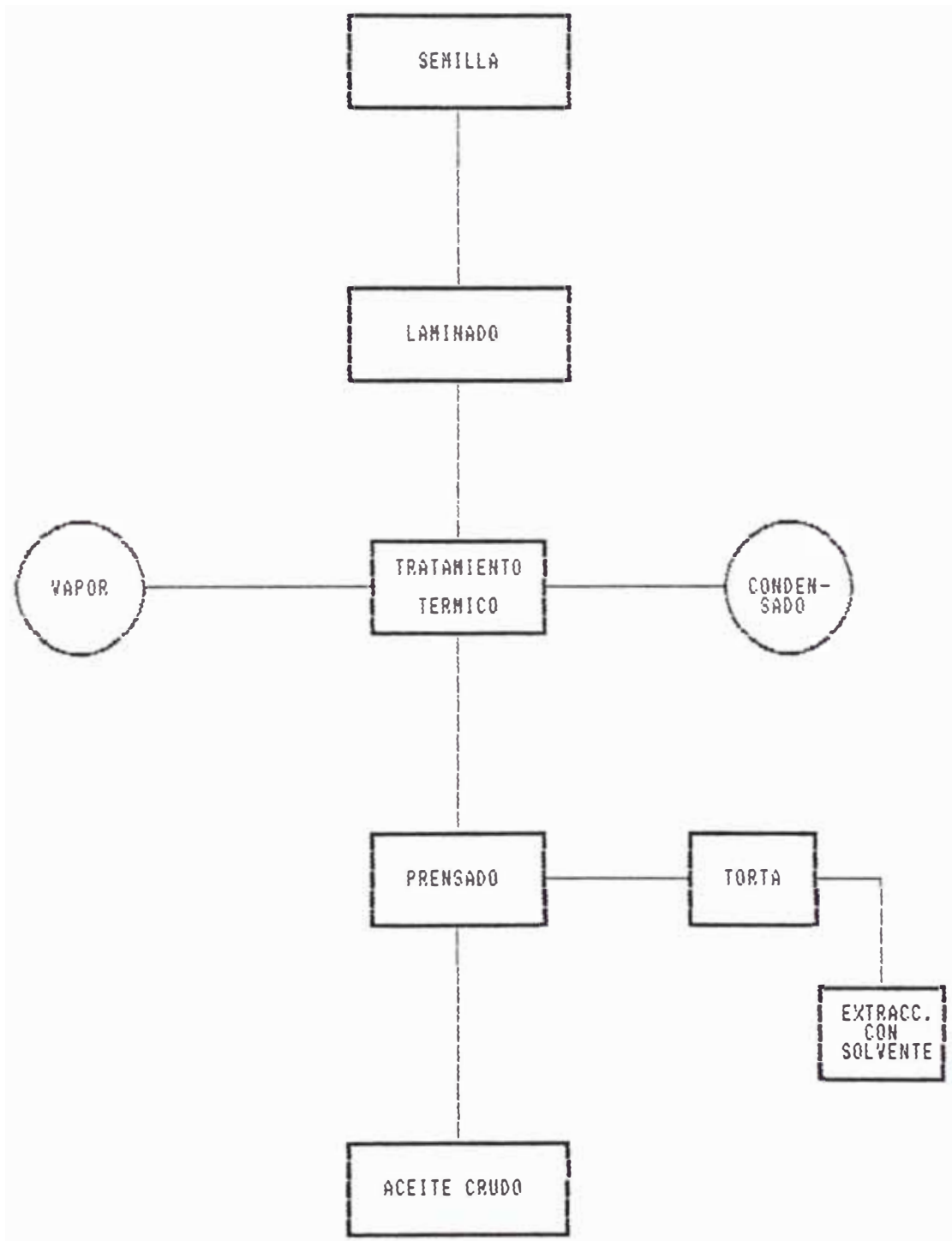
Las razones principales para la cocción son :

1. Romper o terminar de romper las células que contiene el aceite.
2. Reducir la viscosidad del aceite, con la alta temperatura, con lo cual se facilita la extracción.
3. Llevar el porcentaje de humedad de la almendra hasta el grado adecuado para el prensado.

4.2.6. PRENSADO.

El mejor método de extracción por expresión es actualmente el sistema de prensas continuas, comunmente llamadas Expellers, los cuales permiten alcanzar un buen

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCION
DEL ACEITE CRUDO
EXTRACCION MECANICA



rendimiento de extracción y buena economía de funcionamiento. Estas máquinas se pueden encontrar en dos variedades, las máquinas de alta presión, diseñadas para efectuar la obtención del aceite en un sólo paso y destinadas generalmente a una sólo clase de semilla, y las prensas de baja presión para el prensado previo de las semillas, antes de una extracción con solventes.

Las prensas continuas se adaptan a una amplia gama de materias y, en la mayor parte de los casos, dan un rendimiento en aceite, algo superior a las hidráulicas.

ACEITE REFINADO.

4.2.7. NEUTRALIZACION.

Es el proceso principal en la refinación de grasas o aceites crudos, tanto para alcanzar un producto final de óptima calidad, como también para alcanzar un rendimiento económico en la refinación industrial de la materia cruda, pues la mayor parte de las impurezas son precipitadas y separadas en esta operación.

El proceso es en sí una desacidificación de los ácidos grasos libres, extracción de la materia colorante, coagulación o destrucción de los lípidos y otros constituyentes menores, precipitando todas estas impurezas que son solubles en el aceite solamente en forma anhidra.

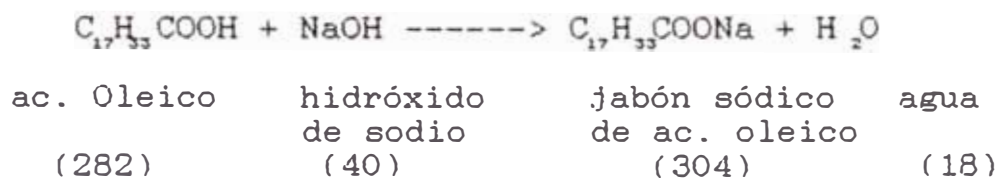
Se obtiene de este proceso un jabón que industrialmente se conoce con el nombre de "borra cruda". Generalmente se

trabaja de 60 a 70°C.

La cantidad necesaria de soda para neutralizar el aceite se determina en base al examen previo de la acidez del aceite a neutralizar, pero esta se agrega en general en cantidad ligeramente superior.

Ejemplo : en el caso de ácido oleico.

la reacción es la siguiente :



Son necesarios 40gr. de soda cáustica para neutralizar 282 gr. de ácido oleico. Se agrega sin embargo un leve exceso de solución alcalina a fin de hacer precipitar pequeñas cantidades de jabón que arrastran consigo las sustancias colorantes, mucilaginosas y las gomas.

El método de neutralización de mayor importancia es del tratamiento del aceite con un álcali. La neutralización alcalina realiza una completa eliminación de los ácidos grasos libres, que se transforman en jabones insolubles en el aceite. Del mismo modo se combinan con el álcali, otras sustancias ácidas y se eliminan algunas impurezas del aceite, por adsorción en el jabón formado en el proceso. Se eliminan también otras sustancias que se insolubilizan por hidratación.

Para un buen aceite obtenido por prensado, que contenga

de 0.5 al 1,0% de ácidos grasos libres, se prescribe un exceso de hidróxido sódico (en forma de lejía de 12°Bé o 14°Bé) de un 0,45%. Para aceites cuya acidez va aumentando, se especifican mayores excesos y lejías más concentradas, desde un exceso mínimo de 0,74% (14° y 18°Bé), para un 4,0% de ácidos grasos libres, hasta un 1,28% de exceso (20° y 26°Bé), para un 15,0% de ácidos grasos libres.

Para facilitar los cálculos de la cantidad de lejía a emplear se utilizaron los cuadros 5 y 6.

(Ver Apéndice, parte C).

Para nuestro caso se empleó

lejía de 12° (8% en NaOH), 1,60% de lejía.

Exceso de 0,45% , 5,63% de lejía.

Total de lejía : 7,23%.

4.2.8. DECOLORACION.

La decoloración del aceite se realiza por medio del agente blanqueador, que es un adsorbente. Existen varios tipos de blanqueadores de los cuales los más importantes son la tierra Fuller activada o natural, el carbón activado y las arcillas ácido activadas. En nuestro medio la sustancia adsorbente más utilizada es la arcilla activada. La activación es un tratamiento químico aplicado a la arcilla el cual se lleva a cabo mediante un

proceso termo-ácido, en el que se remueven los iones de calcio, intercambiándolos por los de hidrógeno, atacando en cierto grado la estructura reticular de sílice y alúmina, depositándose el hidrógeno directamente dentro de las láminas. La arcilla así obtenida, tiene un alto poder adsorbente y por lo tanto, un amplio campo de aplicación como decolorante, principalmente en la industria de aceites y grasas.

El proceso de blanqueo, mecánicamente es una operación simple : la arcilla es añadida al producto a decolorar, bajo agitación constante y en caliente. Cumplida su función, la arcilla es separada por filtración. Sin embargo, el mecanismo de blanqueo es complejo y puede definirse como un proceso de adsorción.

4.2.9. DEODORIZACION.

La Deodorización con vapor es factible, debido a las grandes diferencias que existen entre la volatilidad de los triglicéridos y las de las sustancias que dan el sabor y olor indeseables a los aceites y grasas esencialmente es un proceso de destilación, en corriente de vapor, en el cual, las sustancias odoríferas y de mal sabor, relativamente volátiles se separan del aceite no volátil. La operación se lleva a cabo a temperaturas elevadas para aumentar la volatilidad de los componentes odoríferos, aplicando una presión reducida, durante la operación se protege el aceite contra la oxidación, se

impide la hidrólisis indebida del aceite por acción del vapor de agua.

Debido a la inestabilidad que presentan los pigmentos carotenoides, la deodorización disminuye marcadamente el color de la mayoría de los aceites vegetales.

Las condiciones operacionales varían con el aceite que se está procesando, por lo general la deodorización se realiza a presiones absolutas de 5-6 mmHg. y temperaturas de 180-220°C .

EQUIPO DE VACIO. El vacío necesario para el proceso de deodorización es de 6 mmHg. Este vacío se consigue con un eyector de tres etapas, dicho equipo requiere una altura mínima de instalación de 34 pies.

INFLUENCIA DEL VACIO. La cantidad de vapor necesaria para la deodorización es directamente proporcional a la presión absoluta. Por lo tanto para que la operación resulte lo más económico posible el vacío debe ser tan alto como se pueda. Con los eyectores de vapor, de tres fases, se puede obtener fácilmente una presión de 6 mmHg. o menos.

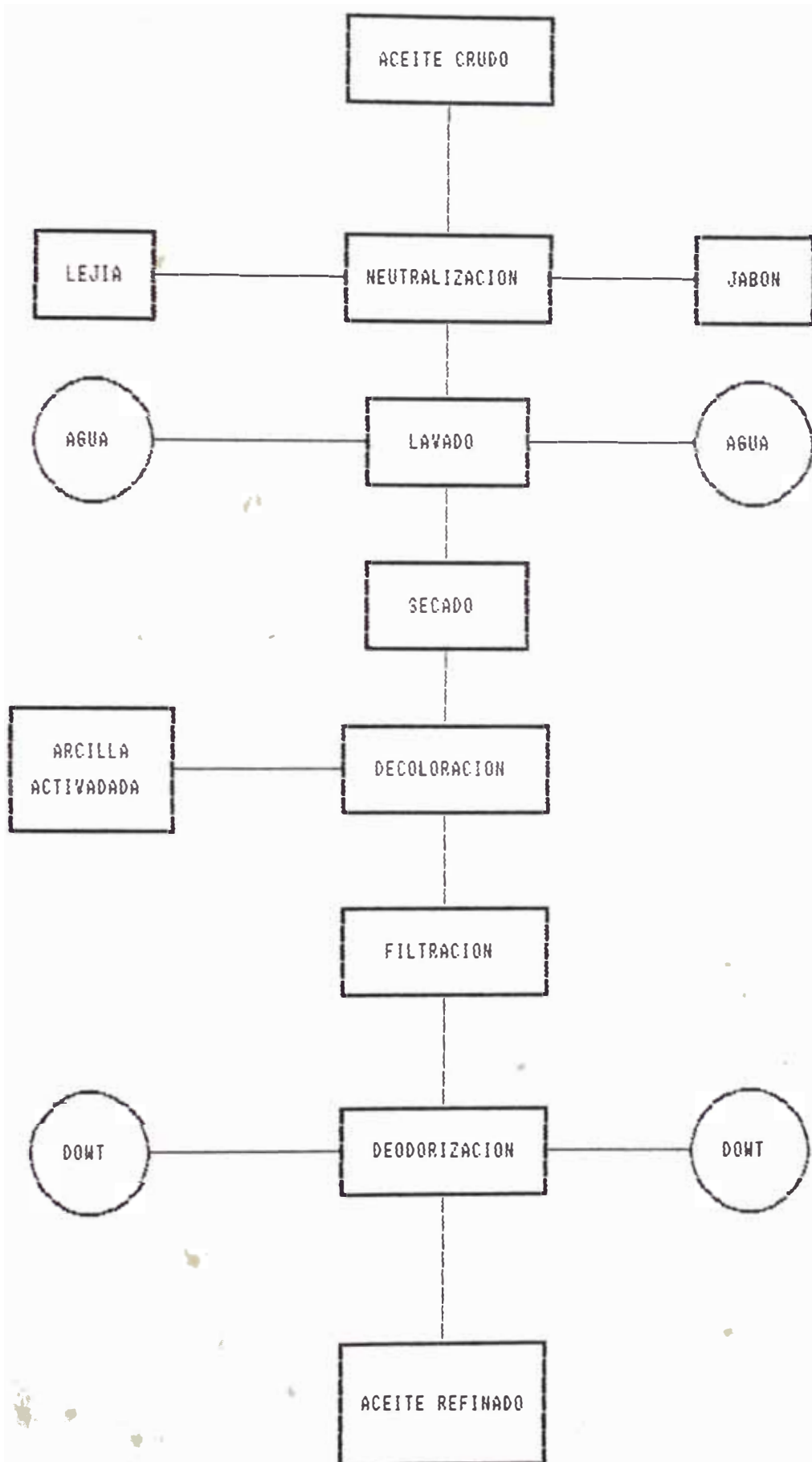
CALEFACCION DEL ACEITE. Puesto que para conseguir una deodorización rápida y eficaz, se requiere temperaturas de 200 °C, no se puede emplear las calderas ordinarias, de producción de vapor a 10 Kg. de presión

(185 °C). se han ideado otros métodos de calentamiento más eficiente.

Sistema Dowtherm.- Es una mezcla eutéctica de Difenilo y óxido de difenilo, que tiene un punto de ebullición de 257,7 °C a la presión atmosférica y 293 °C a sólo 1,06 Kg de presión manométrica, lo que permite conseguir temperaturas adecuadas a bajas presiones. Este sistema es sencillo, el vaporizador se conecta con el serpentín de calefacción o intercambiador de calor, hasta formar un sistema cerrado, retornando corrientemente el condensado al vaporizador por gravedad, ya que la necesidad de elevar los condensadores barométricos del eyector asegura casi siempre, suficiente altura de las superficies de calefacción, como para permitir el retorno.

ENFRIAMIENTO. El aceite debe enfriarse hasta 45°C antes de su almacenamiento, puesto que a mayores temperaturas el aceite es susceptible de sufrir degradación por oxidación.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCION
DEL ACEITE REFINADO



4.3. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS

1.- MOLINO DE RODILLOS.

Para seleccionar el molino de rodillos se tomó como referencia los catálogos ROSEDOWNNS. Las especificaciones del molino de rodillos se han tomado en base a la carga y al tipo de semilla:

Tipo de semilla : semilla blanda

Carga : 16,06 TM/8hrs.

Especificaciones :

Modelo : 5 RODILLOS VERTICALES " ROSEDOWNNS "

Capacidad : 10 TM./día

Altura : 1200 mm.

Propulsión : simple

Largo de rodillos : 800 mm.

Diámetro de rodillos superior, medio, inferior : 250 mm.

Diámetro de rodillos 2 y 4 : 200 mm.

Motor : 6 Kw.

Peso aproximado : 4 TM.

2.- COCINADOR-SECADOR.

Para seleccionar el cocinador-secador se tomó igualmente como referencia los catálogos ROSEDOWNNS. Esta firma provee Cocinadores del tipo bandeja cilíndrica que son los más eficientes por permitir una mayor transferencia de calor hacia la semilla y de bajo costo.

Para la selección de este equipo sólo es necesario conocer la carga de semilla.

Carga : 16,06 TM/8Hrs.

Especificaciones :

Número de etapas : 6

Diámetro : 5 pie 6 pulg. (1,68 mt.)

Altura : 18 pie 4 1/8 pulg. (5591 mm.)

Motor principal : 25 HP. (18,5 Kw.)

Motor de aspiración : 1 1/2 HP. (1 Kw.)

Peso aproximado : 7,2 TM.

3.- PRENSA EXPELLER.

El criterio tomado en cuenta para seleccionar la prensa expeller es el mismo que se tuvo en cuenta para el molino.

Tipo de semilla : semilla blanda

Carga : 14,01 TM/8Hrs.

Especificaciones :

Modelo : MARK 3A "ROSEDOWNNS"

Capacidad : 5 - 10 TM.

Largo : 7 pie (2134 mm.)

Ancho (base) : 1.6 pie (488 mm.)

Motor principal : 30 HP. (55Kw)

Peso aproximado : 3 TM.

4.- NEUTRALIZADOR.-

El neutralizador será un recipiente cilíndrico de base cónica, que de acuerdo a datos de los fabricantes, el volumen ocupado por el cono se considera como un 10% del volumen total del equipo.

La reacción de neutralización se llevará a cabo a 60°C, por lo cual se requiere de un medio de calentamiento (vapor de agua) que permite elevar la temperatura del aceite crudo desde 20 °C hasta 60 °C, utilizando para ello un serpentín.

La reacción de neutralización es una reacción exotérmica, para un eficiente neutralizado se debe agitar el aceite con la soda, dentro de esta etapa no hay remoción de calor, por que la temperatura varía sólo aproximadamente 5 °C y hay un aumento de volumen debido a la dilatación, lo que podría ocasionar un derrame; para evitar esto se considera un 30 % de factor de seguridad para la especificación del volumen del neutralizador.

De igual modo es recomendable contar con una relación H/D=2, que favorecería una amortiguación del aumento de nivel debido a la reacción.

Material : Acero inoxidable.

RECIPIENTE :

CAPACIDAD DE ACEITE	2.7200 TM.
LEJIA 12°Be	0.1966 TM
VOLUMEN ACEITE	2,96 m ³
VOLUMEN LEJIA	0,18 m ³
VOLUMEN MEZCLA	3,14 m ³
VOLUMEN DEL NEUTRALIZADOR	4,08m ³
(30% margen de seguridad)	
DIAMETRO	1,40 m.
RADIO	0,70 m.

ALTURA CILINDRO	2,40 m.
ALTURA CONO	0,80 m.
VOLUMEN CILINDRO	3,69 m ³
VOLUMEN CONO	0,41 m ³
VOLUMEN EQUIPO	4,10 m ³

AGITADOR:

Para elegir las características del agitador se tomó valores referenciales de una Industria aceitera, siendo estos valores de velocidad de giro en relación con el volumen de operación. En base a ello para el volumen que se va a agitar (3.14m³) le corresponde una velocidad de giro de 100 rpm.

Además esta velocidad de giro está comprendida dentro del rango de velocidades que se considera para agitadores industriales de paletas, que viene a ser: 20 a 150 rpm. La longitud de un agitador de paletas es del orden del 50 al 80% del diámetro del tanque; en este caso se ha tomado el 72% del diámetro del tanque (1.4mt.), dando como resultado una longitud de paleta de 1mt.

Se consideró el 72%, con la finalidad de poder obtenerlo en el mercado.

La anchura de la paleta es del orden de 1/6 a 1/10 de su longitud, para este caso se ha establecido un ancho de 20cm.

SERPENTIN :

Temperaturas del aceite : t_1 = 68°F
 t = 140°F

$$t_{\text{prom.}} = 104^{\circ}\text{F}$$

$$T_{\text{vapor}} = 365^{\circ}\text{F}$$

L = Longitud de la paleta del agitador = 1m. = 3,28 pie

D_j = Diámetro del recipiente = 1,40m. = 4,59 pie

N = Revoluciones/Hora = 6000

d = Densidad = 0,918 gr/cc. = 57,29 lb/pie³

u = Viscosidad = 34 cp. = 82,25 lb/pie hora

k = Conductividad = 0,09 BTU/hr pie²(°F/pie)

C = Capacidad calorífica = 0,487 BTU/lb°F

u = Viscosidad del agua

$$Re_j = L^2 \times N \times d / u$$

$$Re_j = \frac{3,28^2 \times 6000 \times 57,29}{82,25} = 44962$$

$$82,25$$

J = 750 (de la fig. 20.2, pag. 816 Kern)

$$h_j = J(k/D_j)(C_p \times u/k)^{1/4} \times (u/u_w)^{0,14}$$

$$h_j = 112,279 \text{ BTU/hr.pie}^2 \text{ } ^{\circ}\text{F}$$

Para vapor $h_{o_1} = 1500 \text{ BTU/hr.pie}^2 \text{ } ^{\circ}\text{F}$

$$T_w = t_w + \frac{h_{o_1} \times (T_p - t_w)}{h_{o_1} + h_j}$$

$$h_{o_1} + h_j$$

T = Temperatura de la pared.

T_p = Temperatura del vapor = 365°F

t_w = Temperatura promedio del aceite = 104°F

$$T = 347^{\circ}\text{F} = 175^{\circ}\text{C}$$

$$h_j = 112,279 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^{\circ}\text{F}$$

$$U_c = \frac{h_j \times h_{o_1}}{h_j + h_{o_1}}$$

$$U = 112,279 \times 1500 / (112,279 + 1500)$$

$$U_c = 104,46 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

- Como el fluido de calentamiento es vapor de agua y se encuentra a 365°F, le corresponde un valor de obstrucción

$$R_f = 0,003 \text{ hr.pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}/\text{BTU} \text{ (Ref. bibliográfica, N}^\circ\text{3)}$$

$$h_f = 1/0,003 = 333,33 \text{ BTU/hr.pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$U_d = \frac{U_c \times h_f}{U_c + h_f} = \frac{104,46 \times 333,33}{104,46 + 333,33} = 79,54 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$U_c + h_f = 104,46 + 333,33$$

D_t = Dif. mayor de temperatura

$$D_t = T(\text{vapor}) - t = 365 - 68 = 297^\circ\text{F}$$

d_t = Dif. menor de temperatura

$$d_t = T(\text{vapor}) - t_c = 365 - 140 = 225^\circ\text{F}$$

$$\text{LMTD} = \frac{D_t - d_t}{\ln(D_t/d_t)} = \frac{297 - 225}{\ln(297/225)} = 259,3 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\ln(D_t/d_t) = \ln(297/225)$$

Para que el calentamiento del aceite se realice en 1/2hr.

$$Q = 116568/0,5 \text{ BTU/hr} = 233136 \text{ BTU/hr}$$

$$A = Q/U_d \times \text{LMTD} = 233136/(79,54 \times 259,3) = 11,30 \text{ pie}^2$$

Tubería de 1plg. IPS, sup.ext/pielineal=0,344 pie²/pie

- El diámetro del serpentín se asumió considerando un efectivo calentamiento a través de la masa de aceite contenida en el tanque, y además teniendo en cuenta una distancia adecuada entre los extremos del serpentín y las paredes del equipo.

$$\text{Diámetro de serpentín} = 0,80 \text{ m.} = 2,62 \text{ pies}$$

$$\text{Area por vuelta} = d \times \pi \times (\text{sup.ext/pie lineal})$$

$$\text{Area por vuelta} = 2,62 \times \pi \times 0,344 = 2,84 \text{ pie}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ de veltas} = \text{área req.}/\text{área por vuelta} = 3,98 > 4 \text{ vueltas}$$

superior e inferior, debido a que se trabaja con altos valores de presión y temperatura.

Este equipo tendrá un serpentín de calentamiento y borboteador de vapor.

Por datos del fabricante el volumen de los dos casquetes se considera un 10% del volumen total.

Se tomó un diámetro aproximadamente la mitad de la longitud de la altura, para conseguir de esta manera una buena deodorización a lo largo del tanque.

Material : Acero inoxidable.

RECIPIENTE :

CAPACIDAD	2,6877 TM.
VOL. DE ACEITE	2,94 m ³
VOL. REQUERIDO	5,88 m ³
(100% más)	
DIAMETRO	1,50 m.
RADIO	0,75 m.
ALTURA	3 m.
VOL CILINDRO	5,30 m ³
VOL 2 SEMIESFERAS	0,58 m ³
VOL EQUIPO	5,88 m ³

SERPENTIN DE CALENTAMIENTO

Temperaturas del aceite : $t_1 = 194^{\circ}\text{F}$

$$t_2 = 392^{\circ}\text{F}$$

$$t(\text{prom}) = 293^{\circ}\text{F}$$

$$T(\text{vapor Dowtherm}) = 560^{\circ}\text{F}$$

$$P(\text{vapor Dowtherm}) = 1,13 \text{ Kg/cm}^2 \text{ man.}$$

$$D_r = 560 - 194 = 366$$

$$d_r = 560 - 392 = 168$$

$$\text{LMTD} = \frac{D_r - d_r}{\ln(D_r/d_r)} = \frac{366 - 168}{\ln(366/168)} = 254$$

$$\ln(D_r/d_r) \quad \ln(366/168)$$

$$\beta = (d_1^2 - d_2^2) / 2x(t_2 - t_1)xd_1xd_2$$

β = Coeficiente de expansión, $1/^{\circ}\text{F}$

d_1 = densidad del líquido a t_1 , 54.30 Lb/pie^3

d_2 = densidad del líquido a t_2 , 49.62 Lb/pie^3

$$\beta = (54.30^2 - 49.62^2) / 2(392 - 14)54.30 \times 49.62 = 4.558 \times 10^{-4}$$

$$h = 116 \left[\frac{u \cdot d^2 \cdot C_p \cdot \beta}{\text{do}} \right]^{0.25}$$

u do

Todas las propiedades son evaluadas a la temperatura t_f .

$$t_f = (t_w + t_l) / 2$$

t_f = temperatura ficticia de la película

t_w = temperatura de la pared = temperatura del vapor

t_l = temperatura promedio del líquido frío

$$t_f = (560 + 293) / 2 = 427^{\circ}\text{F}$$

u = viscosidad en C_p .

d = diámetro exterior en pulgadas

k = $0.09 \text{ BTU/hr.pie}^2 (^{\circ}\text{F/pie})$

d = 48.68 Lb/pie^3

C = $0.617 \text{ BTU/Lb}^{\circ}\text{F}$

FLUIDO DOWTHERM A

Características del fluido :

$$h_o = 74.5 \text{ BTU/hr.pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$h_{i_o} = 533.1 \text{ BTU/hr.pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$U_o = h_o \cdot h_{i_o} / (h_o + h_{i_o}) = 65.4 \text{ BTU/hr.pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

- Como el fluido de calentamiento es vapor DOWTHERM y su temperatura de saturación es de 560 °F, le corresponde un valor de coeficiente de obstrucción :

$$R_o = 0.004 \text{ (Hr.)}(\text{pie}^2)(^\circ\text{F})/\text{BTU (Ref. bibliográfica N}^\circ\text{3)}$$

$$h_a = 1/0,004 = 250 \text{ BTU/hr.pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$U_o = U_o \cdot h_a / (U_o + h_a) = 65,4 \times 250 / (65,4 + 250)$$

$$U_o = 51,8 \text{ BTU/hr.pie}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$Q = 656993 \text{ BTU}$$

$$\text{Area} = Q / U_o \cdot \text{LMTD} = 656993 / 51,8 \times 254 = 49,93 \text{ pie}^2$$

Tubería de 1plg IPS, sup.ext./pie lineal = 0,344 pie²/pie

Diámetro del serpentín = 0,9 m. = 2,95 pie

Area por vuelta = $d \times \pi \times \text{sup.ext./pie lineal}$

Area por vuelta = $2,95 \times \pi \times 0,344 = 3,19 \text{ pie}^2$

Nº de vueltas = área req./área por vuelta = 15,65 <> 16 vueltas

INYECCION DIRECTA DE VAPOR:

La inyección directa del vapor será de :

3 Kg de vapor

100Kg de aceite/hr

Este es un valor estándar que no depende del tipo de aceite a deodorizar, solamente de su flujo.

$$\text{vapor} = 3 \times 2687,7 / 100 = 80,63 \text{ Kg/hr} = 177,4 \text{ Lb/hr}$$

ESPECIFICACION DEL EYECTOR.

Capacidad de vacío : 6 mm.Hg.

Cálculo del consumo de vapor.

Aceite a deodorizar = 5913 Lb

Pérdida por arrastre de vapor (0.5%) = 14.8 Lb/Hr.

Vapor de inyección = 177.4 Lb/Hr.

Mezcla a extraer = 14.8 + 177.4 = 192.2 Lb/Hr.

Vapor de extracción.

Vapor = 6Lb de vapor a 100 psig. (Ref. bibliográ. N°6)

1 Lb. mezcla

- Corrección del flujo de vapor por presión de operación (150 psig.).

$f_c = 0.85$ ----> factor de corrección de presión a 150 psig. (Ref. bibliográfica N°6)

$f_i = 0.20$ ----> factor por incondensables (Ref. bibliográfica N°6)

====> Vapor = 6 Lb. x 0.85 x 0.20

1 Lb. mezcla

====> Vapor = 1.02 Lb. de vapor a 150 psig.

1 Lb. mezcla

Luego ; Vapor requerido = 196.04 Lbs./Hr.

7.- INTERCAMBIADOR PARA EL ENFRIAMIENTO DE ACEITE**MEDIANTE AGUA.**

En esta unidad el aceite refinado proveniente de la unidad de deodorizado a 200 °C y a razón de 5854 Lb/Hr., será llevado a una temperatura de almacenamiento adecuada (T= 45°C), utilizando agua de enfriamiento a 30°C (86°F).

Se recomienda que el agua de enfriamiento no tenga una temperatura de salida mayor a 49 °C (120 °F), porque ocasionaría una depositación de incrustaciones en los tubos.

Para las condiciones de temperatura promedio, las capacidades caloríficas son :

$$C_p \text{ aceite} = 0,54 \text{ BTU/Lb.}^\circ\text{F}$$

$$C_p \text{ agua} = 1,00 \text{ BTU/Lb.}^\circ\text{F}$$

El flujo de agua requerido es entonces 25940 Lb./Hr.

	dif. t		t(prom)	Cp
Aceite	279	$T_1 = 392^\circ\text{F} \text{ -----} \rightarrow T_2 = 113^\circ\text{F}$	252,5	0,54
Agua	34	$t_2 = 120^\circ\text{F} \text{ <-----} t_1 = 86^\circ\text{F}$	103,0	1,00

$$\text{LMTD} = (D_r - d_t) / \ln(D_r / d_t) = (272 - 27) / \ln(272 / 27)$$

$$\text{LMTD} = 106,6$$

$$R = (T_1 - T_2) / (t_2 - t_1) = (392 - 113) / (120 - 86)$$

$$R = 8,21$$

$$S = (t_2 - t_1) / (T_1 - t_1) = (120 - 86) / (392 - 86)$$

$$S = 0,11$$

Se seleccionó el intercambiador 2-4

$$F_t = 0,975 \text{ (Ref. bibliográfica N}^\circ\text{3)}$$

$$\text{delta}(T) = \text{LMTD} \times F_t = 106,6 \times 0,975 = 103,41 \text{ }^\circ\text{F}$$

Prueba 1

a). Suponiendo: $U_d = 70 \text{ BTU/pie}^2 \times \text{Hr}(\text{ }^\circ\text{F})$ (Ref. bibliog. N°3)

$$R_d = 0,003 \text{ (Ref. bibliográfica N}^\circ\text{3)}$$

$$Q = 881960 \text{ BTU/Lb.}$$

$$A = \frac{Q}{U_d \Delta(T)} = 121,84 \text{ pie}^2$$

De la tabla 10, (Ref. bibliográfica N°3).

$$\text{Tubería : } D_o = 3/4 \text{ pulg.}$$

$$D_i = 0,560 \text{ pulg.}$$

$$\text{BWG} = 13$$

$$\text{Area ext. (a'')} = 0,1963 \text{ pie}^2$$

$$\text{Longitud (L)} = 16 \text{ pie}$$

$$\text{Número de Tubos} = \frac{A}{L \times a''} = 39$$

$$L \times a''$$

b). De la Tabla 9, (Ref. bibliográfica N°3).

Con $D_e = 3/4 \text{ pulg.}$; $T = 1 \text{ pulg.}$; 4 pasos por el tubo y número de tubos = 29. se observa que la cantidad mas aproximada es : 20 tubos con una coraza de 8 pulg. D_i .

c). Coeficiente corregido U_d :

$$A = \text{Número de tubos} \times L \times a'' = 62,82 \text{ pie}^2$$

$$U_d = \frac{Q}{A \Delta(T)} = 135,77 \text{ BTU/pie}^2 \times \text{Hr.} (^\circ\text{F})$$

FLUIDO CALIENTE : CORAZA, ACEITE

Area de flujo a.:

$$B = \frac{D_i(\text{coraza})}{5} = 1,6 \text{ pulg.}$$

5

$$C' = P_t - D_e (\text{tubo}) = 0,25 \text{ pulg.}$$

$$a_s = D_i \times C' \times B = 0,022 \text{ pie}^2$$

144P.

Masa velocidad, G_s :

$$G = 5854/a_s = 266090,9 \text{ Lb/pie}^2 \times \text{Hr.}$$

Cálculo del Número de Reynolds.

$$\mu = 22,99 \text{ Lb/piexHr.}$$

$$D_e = \frac{P^2 - \pi D_e^2 / 4}{3\pi D_e}$$

$$D_e = 0,079 \text{ pie}$$

$$Re_e = D_e G_e / \mu = 914,36$$

$$J_w = 15,5$$

$$K = 0,09 \text{ BTU /Hr.pie}^2 (\text{°F/pie})$$

$$h_e = J_w x K / D_e (C_p \mu / K)^{1/3} \theta_e$$

$$\text{haciendo: } \theta_e = 1,0$$

$$h_e = 98,53 \text{ BTU/Hr.pie}^2 \text{°F}$$

Cálculo de la caída de Presión:

$$\text{Para } Re_e = 914,36 \text{ ---> } f = 0,0033 \text{ pie}^2/\text{pulg}^2$$

$$S = \Gamma(\text{Ac.})/\Gamma(\text{agua}) = 0,918$$

$$D_e = D_1/12 = 0,667 \text{ pie}$$

$$\text{Número de cruces : } N+1 = 12L/B = 120$$

$$\text{delta}(P) = f x G^2 D_e (N+1)$$

$$5,22 \times 10^0 D_e^5 x \theta_e$$

$$\text{delta}(P) = 4,94 \text{ Lb/pulg}^2$$

FLUIDO FRIO : TUBO. AGUA

De la tabla 10, (Ref. bibliográfica N°3):

$$a'_e = 0,247 \text{ pulg}^2$$

$$N_e = 20$$

$$n = 4$$

$$a_e = N_e x a'_e / 144 x n = 0,0086 \text{ pie}^2$$

Masa velocidad, G.:

$$G = \frac{25940}{a} = 3016279 \text{ Lb/pie}^2 \times \text{Hr.}$$

a

Cálculo del Número de Reynolds.

$$= 79,81 \text{ Lb/pie} \times \text{Hr.}$$

$$D_i = 0.56 \text{ pulg.} = 0,0467 \text{ pie}$$

$$Re_t = D_i G_t / \mu = 1764,94$$

$$J = 3.3$$

$$K = 0,364 \text{ BTU /Hr.pie}^2 (\text{°F/pie})$$

$$h_t = J \cdot K / D_i (C_p \mu / K)^{1/3} \theta_t$$

$$\text{haciendo: } \theta_t = 1.0$$

$$h_t = 155.101 \text{ BTU/Hr.pie}^2 \text{°F}$$

Cálculo de la caída de Presión:

$$\text{Para } Re_t = 914.36 \text{ ---> } f = 0.00044 \text{ pie}^2 / \text{pulg}^2$$

$$S = \Gamma(\text{agua}) / \Gamma(\text{agua}) = 1.0$$

$$L = 16 \text{ pie}$$

$$n = 4$$

$$D_i = 0,0467 \text{ pie}$$

$$\text{delta}(F_t) = \frac{f \times G_t^2 \times L \times n}{5.22 \times 10^6 \times D_i^5 \times S \times \theta_t}$$

$$5.22 \times 10^6 \times D_i^5 \times S \times \theta_t$$

$$\text{delta}(F_t) = 105.1 \text{ Lb/pulg}^2$$

Esta caída de presión sobrepasa la permitida, por lo tanto se hicieron otras pruebas mas, siendo la última prueba la siguiente :

$$\text{a). suponiendo, } U = 10 \text{ BTU/pie}^2 \times \text{Hr}(\text{°F})$$

$$A = 852,88 \text{ pie}^2$$

$$\text{Número de tubos} = 272$$

b). De la tabla 9, (Ref. bibliográfica, N°3): Número de tubos = 246, con una coraza de 21,25 pulg. D_1 .

c). Coeficiente corregido U_c :

$$A = \text{Número de tubos} \times L \times a'' = 272,64$$

$$U_c = 11,04 \text{ BTU/Hr. pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

FLUIDO CALIENTE : CORAZA, ACEITE

Area de flujo a_c :

$$B = \frac{D_1(\text{coraza})}{5} = 4,25 \text{ pulg.}$$

$$C' = P_t - D_e (\text{tubo}) = 0,25 \text{ pulg.}$$

$$a_c = \frac{D_1 \times C' \times B}{144 P_t} = 0,157 \text{ pie}^2$$

Masa velocidad, G_c :

$$G_c = \frac{5854}{a_c} = 37286,6 \text{ Lb/pie}^2 \text{ xHr.}$$

Cálculo del Número de Reynolds.

$$\mu = 22,99 \text{ Lb/pie xHr.}$$

$$D = 0,079 \text{ pie}$$

$$Re_c = \frac{D \cdot G_c}{\mu} = 128,13$$

$$J_w = 6,0$$

$$K = 0,09 \text{ BTU /Hr. pie}^2 \text{ (} ^\circ\text{F/pie)}$$

$$h = 38,14 \text{ BTU/Hr. pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Cálculo de la caída de Presión:

$$\text{Para } Re = 128,13 \text{ ---> } f = 0,0054 \text{ pie}^2 \text{/pulg}^2$$

$$S = \frac{\Gamma(\text{Ac.})}{\Gamma(\text{agua})} = 0,918$$

$$D_c = \frac{D_1}{12} = 1,771 \text{ pie}$$

Número de cruces : $N+1 = 12L/B = 45$

$$\Delta(P) = 0,16 \text{ Lb/pulg}^2$$

FLUIDO FRIO : TUBO, AGUA

De la tabla 10: $a't = 0,247 \text{ pulg}^2$

$$N_t = 246$$

$$n = 4$$

$$a_t = N_t a't / 144 n = 0,105 \text{ pie}^2$$

Masa velocidad, G_t :

$$G_t = \frac{25940}{a_t} = 245901,05 \text{ Lb/pie}^2 \text{ xHr.}$$

a_t

Cálculo del Número de Reynolds.

$$\mu = 79,81 \text{ Lb/pie xHr.}$$

$$D_t = 0,56 \text{ pulg.} = 0,0467 \text{ pie}$$

$$Re_t = D_t G_t / \mu = 143,9$$

De la figura 24 : $JH = 1,4$

$$K = 0,364 \text{ BTU /Hr.pie}^2 (\text{°F/pie})$$

$$h_t = 65,8 \text{ BTU/Hr.pie}^2 \text{°F}$$

$$h_{t_0} = 65,80 \times 0,747$$

$$h_{t_0} = 49,15$$

Cálculo de la caída de Presión:

$$\text{Para } Re_t = 143,9 \text{ ---> } f = 0,0035 \text{ pie}^2 / \text{pulg}^2$$

$$S = \Gamma(\text{agua}) / \Gamma(\text{agua}) = 1,0$$

$$L = 16 \text{ pie}$$

$$n = 4$$

$$D_t = 0,0467 \text{ pie}$$

$$\Delta(P_1) = 5,6 \text{ Lb/pulg}^2$$

$$\Delta(P_2) = \frac{4nV^2}{S2g}$$

$$n = 4, S = 1$$

del gráfico 27, (Ref. bibliog. N°3) : $V^2/2g = 0,009$

$$\Delta(P_2) = 0.144 \text{ Lb/pulg}^2$$

$$\Delta P_1 = \Delta(P_1) + \Delta(P_2) = 5,744 \text{ Lb/pulg}^2$$

Coefficiente total limpio : U_c

$$U = \frac{h_{i,c} \times h_{o,c}}{h_{i,c} + h_{o,c}} = 21,48 \text{ BTU/Hr. pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Factor de obstrucción: R_d

$$R_d = \frac{U_c - U_d}{U_c \times U_d} = 0,044 \text{ (Hr.) (pie}^2 \text{) (} ^\circ\text{F) / BTU}$$

Las especificaciones del intercambiador son :

Coraza : D_1 = 21 1/4 pulg.

pasos = 2

Número de deflectores = 44

espacio de deflectores = 4,25 pulg.

Tubos : D_2 BWG; pasos = 3/4 pulg.; 13; 1 pulg. en cuadrado

Número de tubos = 246

Longitud = 16 pie

Pasos = 4

8.- TANQUE DE ACEITE CRUDO.

- Para el diseño de los tanques se tomó un diámetro

aproximadamente igual a la altura, no existiendo restricción alguna para esta consideración.

Material : Acero inoxidable

Capacidad para 2 semanas

Volumen del tanque (+30%)

$$M = 32640 \text{ Kg.} \quad d = 918 \text{ Kg/m}^3$$

$$V(\text{oper.}) = 46,2 \text{ m}^3$$

Recipiente cilíndrico : diámetro = 3,9 m. = 12,8 pie

altura = 3,9 m. = 12,8 pie

Volumen equipo = 46,6 m³

9.- TANQUE DE SODA CAUSTICA (50%)

Material : Inconel

Capacidad para 2 semanas de operación

Volumen del tanque (+30%)

$$M = 377,5 \text{ Kg.} \quad d = 1525 \text{ Kg/m}^3$$

$$V(\text{oper.}) = 0,32 \text{ m}^3$$

Recipiente cilíndrico : diámetro = 0,5 m. = 1,64 pie

Altura = 1,6 m. = 5,25 pie

Volumen equipo = 0,31 m³

10.- TANQUE DE CALENTAMIENTO Y DILUCION DE LEJIA

Recipiente cilíndrico con serpentín de calentamiento

Material : Acero inoxidable

Volumen del tanque (+30%) :

$$M = 196,6 \text{ Kg.} \quad d = 1090,2 \text{ Kg/m}^3$$

$$V(\text{oper.}) = 0,23 \text{ m}^3$$

Tanque cilíndrico : diámetro = 0,6 m. = 197 pie
 altura = 0,8 m. = 262 pie
 volumen equipo = 0,23 m³

Para que el calentamiento de la lejía se realice en 1/2 hora :

$$Q = 28456 \text{ BTU}/0,5\text{hr} = 56912 \text{ BTU/hr.}$$

$$U_d = 175 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F (Ref. bibliogr. N}^\circ\text{3)}$$

$$\text{Area} = Q/U_d \times \text{LMTD} = 56912/175 \times 259,3 = 1,25 \text{ pie}^2$$

Tubería de 1 plg. IPS, sup. ext./pie lineal = 0,344 pie²/pie

Diámetro del serpentín = 0,22 m. = 0,72 pie

Area por vuelta = $d \times \pi \times \text{sup. ext.}/\text{pie lineal}$

Area por vuelta = $0,72 \times \pi \times 0,344 = 0,78 \text{ pie}^2$

Nº de vueltas = $\text{area req.}/\text{área por vuelta} = 1,61 <> 2$
 vueltas

11.- TANQUE DE AGUA DE LAVADO .

Recipiente cilíndrico con serpentín de calentamiento

Material : Acero inoxidable

Volumen del tanque (+30%)

$$M = 808,8 \text{ Kg.} \quad d = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$V(\text{oper.}) = 1,05 \text{ m}^3$$

Tanque cilíndrico : diámetro = 1,0 m. = 3,28 pie

altura = 1,4 m. = 4,59 pie

volumen equipo = 1,1 m³

$$Q = 127097 \text{ BTU}$$

$$U = 175 \text{ BTU/hr pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Area} = Q/U_d \times \text{LMTD} = 127097/175 \times 259,3 = 2,80 \text{ pie}^2$$

Tubería de 1 pulg. IPS, sup.ext./pie lineal = 0,344
pie²/pie

Diámetro del serpentín = 0,5 m. = 1,64 pie

Área por vuelta = $d \times \pi \times \text{sup.ext./pie lineal}$

Área por vuelta = $1,64 \times \pi \times 0,344 = 1,77 \text{ pie}^2$

Nº de vueltas = $\frac{\text{área req.}}{\text{área por vuelta}} = 1,6 \text{ } \langle \rangle \text{ } 2$
vueltas

12.- TANQUE DE ACEITE BLANQUEADO

Material : Acero inoxidable

Volumen del tanque (+30%)

$M = 2687,7 \text{ Kg.}$ $d = 918 \text{ Kg/m}^3$

$V(\text{oper.}) = 3,8 \text{ m}^3$

Recipiente cilíndrico : diámetro = 1,7 m. = 5,6 pie

altura = 1,7 m. = 5,6 pie

Volumen equipo = 3,85 m³

13.- TANQUE DE ACEITE REFINADO.

Material : Acero inoxidable

Capacidad para 2 semanas de operación.

Volumen del tanque (+30%)

$M = 32092 \text{ Kg.}$ $d = 918 \text{ Kg/m}^3$

$V(\text{oper}) = 35 \text{ m}^3$

Recipiente cilíndrico : diámetro = 3,7 m. = 12,13 pie

altura = 3,2 m. = 10,49 pie

Volumen equipo = 34,4 m³

14.- FAJAS TRANSPORTADORAS PARA EL MOLINO Y EL

ACONDICIONADOR.

Para diseñar la faja transportadora se calcula la potencia del motor :

$$\text{Potencia (HP)} = \text{TM/hr} \times \text{L} \times 0,0073 + \text{A} \times 0,0037 \times \text{C}$$

Material : semilla de papaya

$$\text{Capacidad} = 16,0648 \text{ TM/8hr} = 2 \text{ TM./hr}$$

Angulo de elevación 25° (Ref. bibliográfica N°8)

$$\text{L} = \text{Longitud} = \text{A} / \text{sen}(25^\circ)$$

A = Altura

$$\text{A} = 3,5 \text{ mt. (molino)}$$

$$\text{A} = 5,0 \text{ mt. (acondicionador)}$$

C = factor del material que se va a transportar.

Para semillas oleaginosas este valor es 1,0

(Ref. bibliográfica. N°8)

Potencia del motor = 0,14 HP (molino)

Potencia del motor = 0.19 HP (acondicionador)

**15.- BOMBA DE ACEITE CRUDO HACIA EL TANQUE DE
NEUTRALIZADO**

La bomba transportará un flujo de 11968 Lb./Hr. de aceite crudo. Este flujo será bombeado desde el tanque de almacenamiento, el cual se encuentra sobre el piso; hasta el tanque de neutralizado. La diferencia de nivel entre estos tanques es de 16 pie.

El tiempo empleado será de 30 min.

$$\text{Densidad } (\Gamma) = 7,65 \text{ Lb/gal}$$

$$\text{g.e.} = 0,92$$

$$\text{Q} = 26,1 \text{ gal/min}$$

$$d = 2,5 \text{ pulg (} d_i = 2,469 \text{ pulg)}$$

$$u (68^\circ\text{F}) = 60 \text{ C}$$

$$E (\text{eficiencia de la bomba}) = 0,44$$

- De acuerdo a los datos que se tienen para el fluido le corresponde un valor de $Re = 512$ (régimen laminar)

El factor de fricción correspondiente es $f = 0.13$

Se calculará la caída de presión porcentual a través de la tubería y accesorios :

$$\Delta P/100 \text{ pie} = 0,0216 \times f \times L \times Q^2 / d^5$$

$$\Delta P/100 \text{ pie} = 1,2 \text{ Psi}/100 \text{ pie}$$

DESCARGA.

De acuerdo a la disposición de Planta se tiene:

Longitud de tubería = 100 pie

N° de accesorios	Tipo	Longitud equivalente (pies)
2	codos largos	10
1	válvula de globo	<u>80</u>
		90

$$\Delta P_{a.} = (100 + 90)(1,2/100) = 2,3 \text{ Psi}$$

$$\Delta P_{a.} = 5,78 \text{ pie de fluido}$$

$$P_d = H_d + \Delta P_{a.} + P_f$$

$$P_d = 16 + 5,78 + 0$$

$$P_d = 21,78 \text{ pie}$$

P_d = presión de descarga, pie de fluido

H_d = Carga hidrostática en la descarga, pie de fluido

$\hat{P}_{d.}$ = pérdida de presión en la descarga, pie de fluido

P_d = presión manométrica en la descarga, pie de fluido

SUCCION.

Longitud de tubería = 20 pie

N° de accesorios	tipo	Longitud equivalente (pies)
1	válvula de globo	<u>80</u>
		80

$$\hat{P}_{d.} = (20 + 80)(1,2/100) = 1,2 \text{ Psi}$$

$$\hat{P}_{d.} = 3,0 \text{ pie de fluido}$$

$$P_s = H_s - \hat{P}_{d.} + P_d$$

$$P_s = 0 - 3,0 + 0$$

$$P_s = -3 \text{ pie}$$

P_s = presión de succión, pie de fluido

H_s = Carga hidrostática en la succión, pie de fluido

$\hat{P}_{s.}$ = pérdida de presión en la succión, pie de fluido

P_s = presión manométrica en la succión, pie de fluido

POTENCIA DE LA BOMBA

$$\hat{P} = P_d - P_s = 21,78 - (-3) = 24,78 \text{ pie de fluido}$$

Cálculo de la potencia de la bomba en HP.:

$$\text{BHP} = Q \times \hat{P} \times g.e. / 3960 \times E = 26,1 \times 24,78 \times 0,92 / 3960 \times 0,44$$

La bomba tiene las siguientes especificaciones :

$$\text{BHP} = 0,34 \text{ HP}$$

$$\text{Flujo} = 11968 \text{ Lb./Hr.}$$

16.- BOMBA DE SODA (50%). HACIA EL TANQUE DE DILUCION(8%)

Para el diseño de las siguientes bombas se siguió la

misma secuencia que para el diseño de la bomba de aceite crudo.

Esta bomba transportará un flujo de 830,4 Lb/Hr. de soda al 50% la cual se encuentra sobre la base del piso. La diferencia de nivel entre el tanque de soda al 50% y el tanque de dilución es de 31 pie.

El tiempo de alimentación hacia el tanque de dilución se considera 5 min.

Densidad = 12,70 Lb/gal

g.e. = 1,52

Q = 1,1 gal/min

d = 2 pulg (di = 2,067 pulg.)

u(68°F) = 110 C_p

Re = 23,2

f = 2,8

delta(P)/100 pie = 0,18 psi/100 pie

DESCARGA

Longitud de tubería = 35 pie

N°de accesorios	tipo	long. equivalente(pie)
3	codos largos	12
1	válvula globo	<u>70</u>
		82 pie

deltaP_{fr} = 0,21 psi

deltaP_{fr} = 0,32 pie de fluido

P_d = 31,32 pie

SUCCION

Longitud de tubería = 5 pie

N° de accesorios	tipo	long. equivalente(pie)
1	válvula globo	<u>70</u>
		70 pie

$$\Delta P_{f_1} = 0,14 \text{ psi}$$

$$\Delta P_{f_2} = 0,21 \text{ pie de fluido}$$

$$P_s = -0,21 \text{ pie}$$

POTENCIA DE LA BOMBA.

$$\hat{\Delta}P = P_d - P_s = 31,53 \text{ pie de fluido}$$

Cálculo de la potencia de la bomba en HP.:

$$\text{BHP} = 1,1 \times 31,53 \times 1,52 / 3960 \times 0,16 = 0,1 \text{ HP}$$

La bomba tiene las siguientes especificaciones :

$$\text{BHP} = 0,1 \text{ HP}$$

$$\text{Flujo} = 830,4 \text{ Lb./Hr.}$$

17.- BOMBA DE ACEITE HACIA EL FILTRO PRENSA.

Esta bomba transportará 5990 Lb./Hr. de aceite mas arcilla, hacia el filtro prensa. El aceite se bombeará desde el tanque de decoloración hasta una altura de 20 pies, donde se encuentra el filtro prensa.

El tiempo empleado será de 1Hr.

$$\text{Densidad} = 7,65 \text{ Lb/gal}$$

$$g.e. = 0,87$$

$$Q = 13,04 \text{ gal/min}$$

$$d = 2 \text{ pulg (di} = 2,067 \text{ pulg.)}$$

$$u(194^\circ\text{F}) = 9 \text{ C}_p$$

$$Re = 1926 \quad f = 0,033$$

$$\hat{\Delta}P/100 \text{ pie} = 0,17 \text{ psi}/100 \text{ pie}$$

DESCARGA

Longitud de tubería = 50 pie

N° de accesorios	tipo	long. equivalente(pie)
2	codos largos	6
1	válvula globo	<u>70</u>
		76 pie

$$\hat{\Delta}P \text{ filtro prensa} = 30 \text{ Psi}$$

$$\hat{\Delta}P_s = 30,21 \text{ psi}$$

$$\hat{\Delta}P_s = 76 \text{ pie de fluido}$$

$$P_s = 96 \text{ pie}$$

SUCCION

La altura desde el tanque de decoloración hasta la entrada de alimentación de la bomba es de 6,5 pie.

Longitud de tubería = 15 pie

N° de accesorios	tipo	long. equivalente(pie)
1	codo largo	6
1	válvula globo	70
1	T	<u>14</u>
		90

$$\hat{\Delta}P_s = 0,18 \text{ psi}$$

$$\hat{\Delta}P_s = 0,45 \text{ pie de fluido}$$

$$P = -22,78 \text{ pie}$$

POTENCIA DE LA BOMBA.

$$\Delta P = P_0 - P_1 = 118,78 \text{ pie de fluido}$$

Cálculo de la potencia de la bomba en HP.:

$$\text{BHP} = Q \times \Delta P \times g.e. / 3960 \times E$$

La bomba tiene las siguientes especificaciones :

$$\text{BHP} = 0,5 \text{ HP}$$

$$\text{Flujo} = 5990 \text{ Lb./Hr.}$$

18.- BOMBA DE ACEITE REFINADO PARA SU ENFRIAMIENTO (INTERCAMBIADOR)

Esta bomba transportará un flujo de aceite de 5913 Lb./Hr., desde el deodorizador hasta el intercambiador.

La altura desde la salida del deodorizador hacia la bomba es de 14,8 pie, mientras que la altura de la descarga de la bomba hacia el intercambiador es de 13 pie.

El tiempo de alimentación de aceite será de 1Hr.

$$\text{Densidad} = 6,66 \text{ Lb/gal}$$

$$g.e. = 0,80$$

$$Q = 14,8 \text{ gal/min}$$

$$d = 1,5 \text{ pulg (di} = 1,61 \text{ pulg.)}$$

$$u(392^\circ\text{F}) = 0,85 \text{ C}_p$$

$$\text{Re} = 27317 \text{ (régimen turbulento)}$$

$$e/d = 0,001 \text{ (Ref. bibliográfica N}^\circ 6)$$

$$f = 0,033 \text{ (Ref. bibliográfica N}^\circ 6)$$

$$\Delta P/100 \text{ pie} = 0,65 \text{ psi/100 pie}$$

DESCARGA

$$\text{Longitud de tubería} = 100 \text{ pie}$$

N° de accesorios	tipo	long. equivalente(pie)
3	codos largos	9
1	válvula globo	<u>50</u>
		59 pie

\hat{P} Intercambiador = 9 Psi

$\hat{P}_{s,}$ = 10 psi

\hat{P}_{f} = 29 pie de fluido

P_s = 42

SUCCION

Longitud de tubería = 20 pie

N° de accesorios	tipo	long. equivalente(pie)
1	codo largo	3
1	válvula globo	<u>50</u>
		53

$\hat{P}_{s,}$ = 0,47 psi

$\hat{P}_{s,}$ = 1,35 pie de fluido

P = -18,7 pie

POTENCIA DE LA BOMBA.

\hat{P} = 60,7 pie de fluido

Cálculo de la potencia de la bomba en HP.:

$$\text{BHP} = Q \times \hat{P}_{xg.e.} / 3960 \times E$$

La bomba tiene las siguientes especificaciones :

BHP = 0,30 HP

Flujo = 5913 Lb./Hr.

**19.- BOMBA PARA EL AGUA DE ENFRIAMIENTO DEL ACEBITE
REFINADO.(INTERCAMBIADOR).**

Esta bomba manejará un flujo de 25940 Lb./Hr. de agua para enfriamiento hacia el intercambiador. La altura desde el tanque de alimentación del agua hacia la bomba es de 10 pie, mientras que la altura desde la bomba hacia el intercambiador es de 41 pie.

Densidad = 8,33 Lb/gal

g.e. = 1

Q = 51,9 gal/min

d = 2,5 pulg (di = 2,469 pulg.)

u(86°F) = 1 C

Re = 66371 (régimen turbulento)

$\epsilon/d = 0,0007$ (Ref. bibliográfica N°6)

f = 0,022 (Ref. bibliográfica N°6)

$\hat{\Delta}P/100 \text{ pie} = 0,87 \text{ psi}/100 \text{ pie}$

DESCARGA

Longitud de tubería = 100 pie

N°de accesorios	tipo	long. equivalente(pie)
3	codos largos	15
1	T	15
1	válvula globo	<u>90</u>
		120

$\hat{\Delta}P$ Intercambiador = 6,8 Psi

$\hat{\Delta}P_s = 8,7 \text{ psi}$

$\hat{\Delta}P_s = 20,1 \text{ pie de fluido}$

$P_s = 61,1 \text{ pie}$

SUCCION

Longitud de tubería = 20 pie

N° de accesorios tipo long. equivalente(pie)

1	codo largo	5
		5

$$\hat{\Delta}P_{..} = 0,22 \text{ psi}$$

$$\hat{\Delta}P_{..} = 0,51 \text{ pie de fluido}$$

$$P_s = -10,51 \text{ pie}$$

POTENCIA DE LA BOMBA.

$$\hat{\Delta}P = 71,61 \text{ pie de fluido}$$

Cálculo de la potencia de la bomba en HP.:

$$\text{BHP} = Q \times \hat{\Delta}P \times g.e. / 3960 \times E$$

La bomba tiene las siguientes especificaciones

$$\text{BHP} = 1,17 \text{ HP}$$

$$\text{Flujo} = 25940 \text{ Lb./Hr.}$$

20.- CALDERA.

VAPOR A 150 psig, TEMP. DE SATURACION = 365 °F

$$H_{\text{vap}} = 859 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_{\text{total}} = 1195 \text{ BTU/Lb}$$

CONSUMO DE VAPOR.

- **COCINADOR-SECADOR :**

$$Q = 981100 \text{ BTU/Hr} \quad \text{----> } 1142,1 \text{ Lb/Hr}$$

- **NEUTRALIZADOR**

$$Q = 116658 \text{ BTU}/0,5 = 233316 \text{ BTU/Hr} \quad \text{-----> } 271,4 \text{ Lb/Hr}$$

- **CALENTAMIENTO DE LEJIA**

$$Q = 28456 \text{ BTU}/0,5 = 56912 \text{ BTU/Hr} \quad \text{-----> } 66,3 \text{ Lb/Hr}$$

- **CALENTAMIENTO DE AGUA DE LAVADO**

$$Q = 127097 \text{ BTU/Hr} \quad \text{-----} \rightarrow 148 \text{ Lb/Hr}$$

- **DECOLORACION :**

$$Q = 163668 \text{ BTU/Hr} \quad \text{-----} \rightarrow 190,5 \text{ Lb/Hr}$$

- **DEODORIZACION (VAPOR DE INYECCION DIRECTO)**

$$\text{Vapor} \quad \text{-----} \rightarrow 177,4 \text{ Lb/Hr}$$

$$\text{Eyector de tres etapas} \quad \text{-----} \rightarrow 196,04 \text{ Lb/Hr.}$$

CONSUMO DE VAPOR TOTAL EN EL PROCESO :

$$\text{Vapor total} = 2191,7 \text{ Lb/Hr}$$

Potencia de caldera = consumo de vapor + (20%) de
seguridad.

$$\text{Caldera} = 1995,7 \text{ Lb/Hrx}1,2 = 2630,1 \text{ Lb/Hr}$$

$$\text{Caldera} = 3142970 \text{ BTU/Hr}$$

$$1 \text{ HP de caldera} = 33475 \text{ BTU/Hr}$$

$$\text{HP(caldera)} = 3142970/33475 \text{ ---} \rightarrow \text{HP(caldera)} = 93,9 \text{ HP}$$

21 VAPORIZADOR DOWTHERM

Vapor a 16 psig, Temp. de saturación = 560 °F

$$H_{\text{vap.}} = 118 \text{ BTU/Lb}$$

$$H_{\text{total}} = 378 \text{ BTU/Lb}$$

CONSUMO DE DOWTHERM :

$$\text{Deodorización :} Q = 656993 \text{ BTU/hr} \text{ ----} \rightarrow 5567,7 \text{ Lb/hr}$$

Potencia del vaporizador = consumo-vapor+(20%) de
seguridad

$$\text{Caldera} = 5567,7 \times 1,2 = 6681,2 \text{ Lb/hr} \text{ ----} \rightarrow 2'525509 \text{ BTU/hr}$$

* El significado de la nomenclatura usada en este
Capítulo, se encuentra en el Apéndice, parte C.

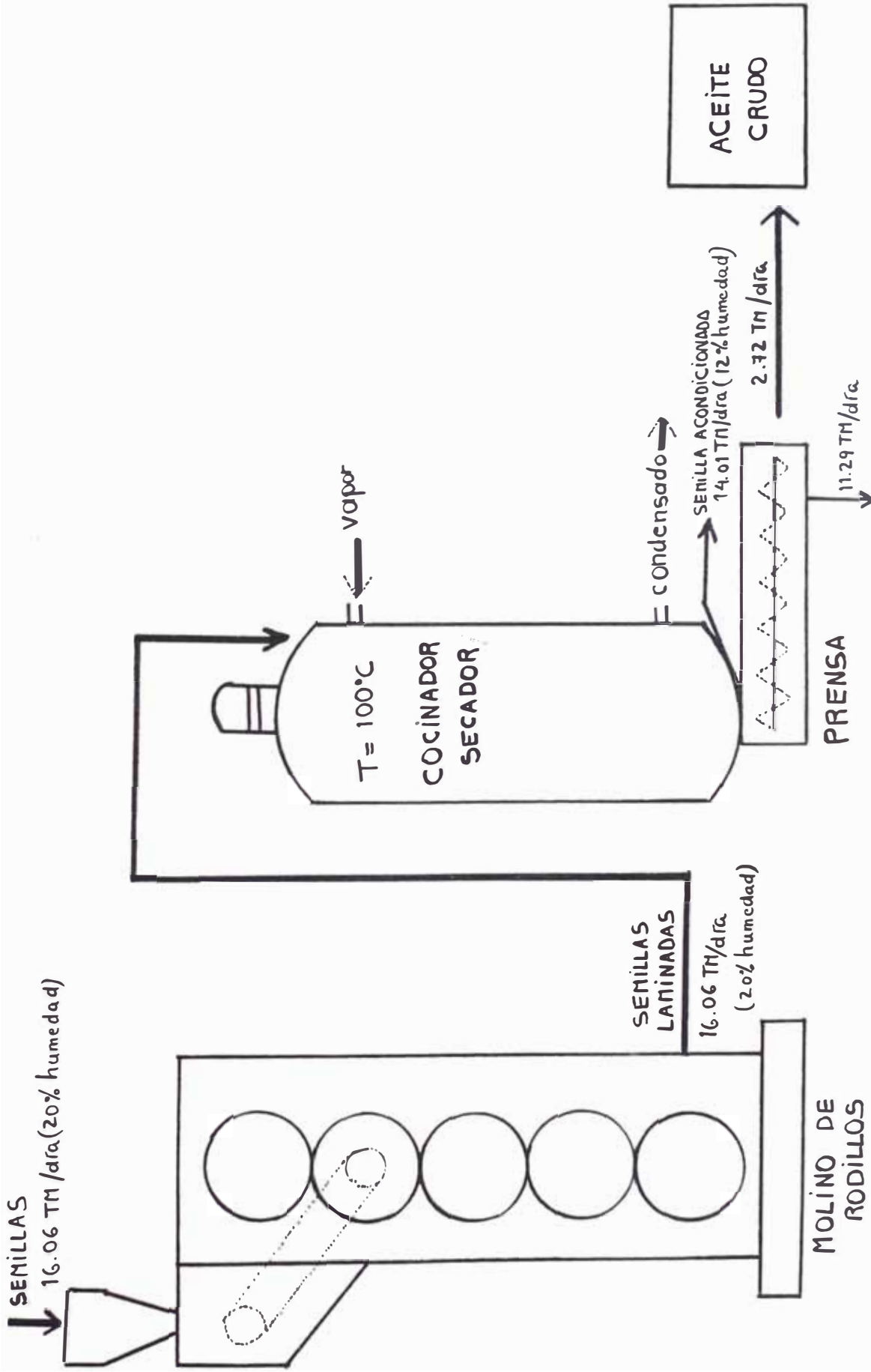
4.4. DESCRIPCION DEL PROCESO.

- El aceite crudo es bombeado al neutralizador-secador-blanqueador y es calentado a 60 °C.
- La soda al 50% se bombea al tanque de dilución y calentamiento, donde se diluye hasta 12 °Bé. obteniéndose una lejía al 8% en hidróxido de sodio.
- El aceite crudo se mezcla con la lejía por espacio de media hora, y se deja reposar por espacio de otra media hora, para obtener una buena separación entre el aceite y jabón formado.
- Luego de drenar el jabón formado, se agrega el agua de lavado (10% por cada lavado) y se agita por espacio de 10 min., dejándolo reposar otros 10; este procedimiento se realiza por dos veces más.
- El agua necesaria para los tres lavados sucesivos del aceite neutro se bombea al recipiente de calentamiento.
- El aceite lavado se somete a secado para lo cual se baja la presión del sistema a 200 mmHg, y se eleva la temperatura a 90 °C.
- Al aceite secado se le agrega el agente decolorante en relación del 1% en peso de la carga, esto se realiza colocando la arcilla en la tolva del neutralizador-secador-blanqueador. La arcilla cae por gravedad dentro del recipiente, donde se realiza la mezcla, por espacio de media hora, luego del cual es bombeado hacia el filtro prensa para realizar la separación y obtener un aceite blanqueado.

El aceite blanqueado pasa al tanque de deodorización en el cual será sometido a una destilación por arrastre de vapor. La destilación se realiza con vapor a 200 °C (392 °F) y a una presión de 6 mmHg., el vapor es dosificado a través de un eyector de 3 etapas. El proceso de destilación se lleva a cabo por 2 hrs. a 200 °C.

El aceite deodorizado y caliente es bombeado hacia el intercambiador para enfriarlo hasta 45°C, que es una temperatura apropiada para su almacenamiento.

DIAGRAMA DE OBTENCION DE ACEITE CRUDO

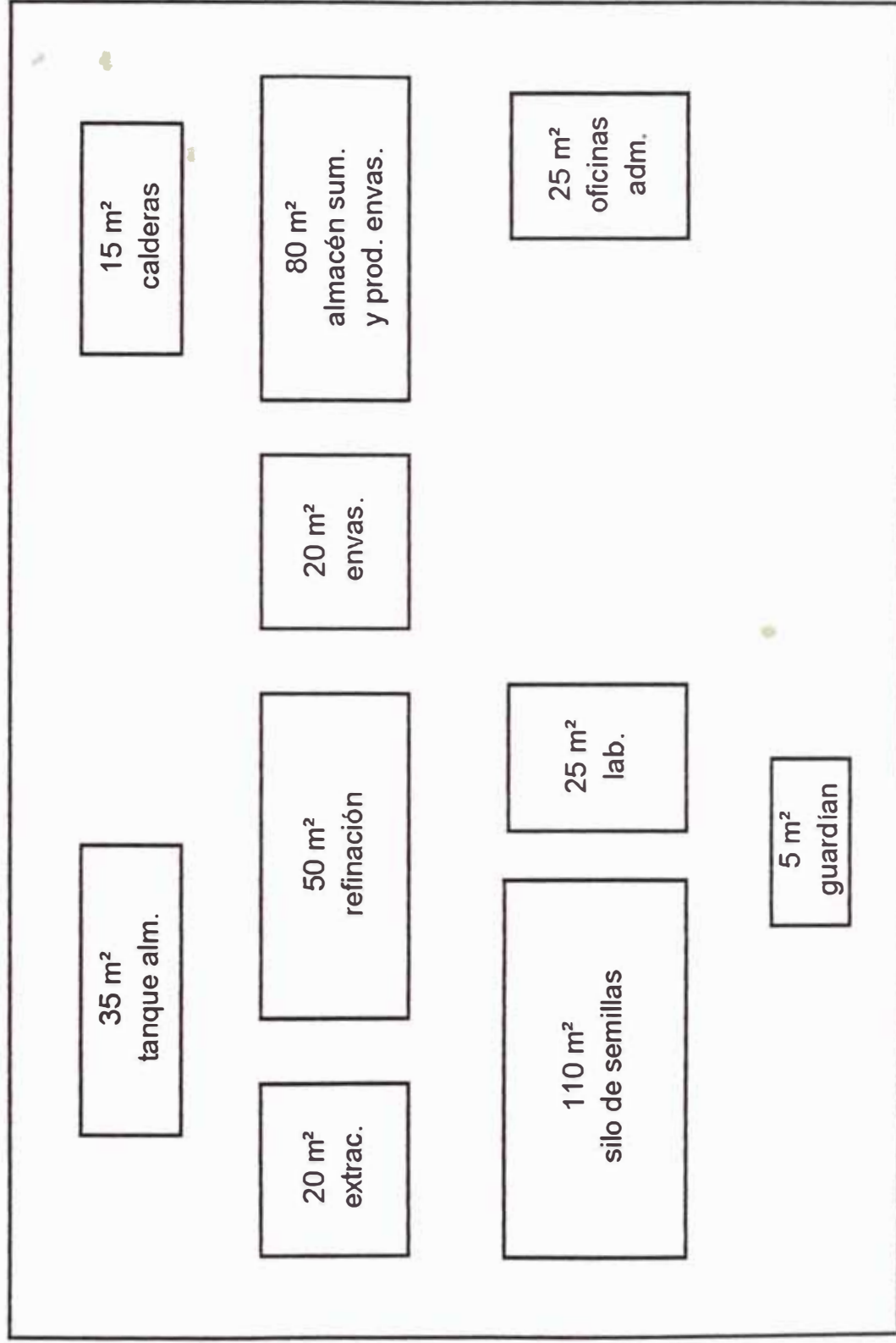


4.5. DISPOSICION DE PLANTA.

Para determinar los requerimientos de las obras civiles de la dimensión del terreno, realizamos la distribución de las principales secciones propuestas para la Planta :

SECCION	MTS ²
Guardianía	5
Silo de semillas	110
Almacen de suministros y producto envasado	80
Extracción	20
Refinación	50
Envasado	20
Laboratorio	25
Oficinas de administración ...	25
Calderas	15
Tanques de almacenamiento ...	35
Espacios libres	115

El terreno necesario sera de 500 mt². y las obras civiles abarcarán 265 mt².



DISPOSICION DE PLANTA

V. ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO

5.1. COSTOS DE INVERSION

5.1.1.- INVERSION DE CAPITAL FIJO.

INVERSION DE CAPITAL FIJO = COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS

- **COSTOS DIRECTOS.**

- COSTOS DE EQUIPOS

Los costos en dólares que a continuación se presentan son costos FOB. Las actualizaciones de los precios de los equipos, se realizan relacionando los índices de costo de Planta, que aparecen en la referencia bibliográfica N° 3, teniendo en cuenta la siguiente formula :

$$\text{COSTO ACTUAL} = \frac{\text{COSTO BASE}(\text{INDICE ACTUAL})}{\text{INDICE BASE}}$$

Se tomará como base los costos del año 1992.

Indice base = 358,2

Indice actual = 380,0

QUIPO	COSTOS (\$)
- Molino de rodillos	4845
- Cocinador secador	12120
- Prensa Expeller	28490
- Neutralizador	9210
- Eyector de 1 etapa	1510

- Tanque de lejía	1390	
- Tanque de agua de lavado	1755	
- Desodorizador	17456	
- Eyector de 3 etapas c/2 intercondensad.		15390
- Intercambiador 2-4 (aceite-agua)	3935	
- Tanque de aceite blanqueado	2120	
- Tanque de soda cáustica	2780	
- Tanque de aceite crudo	11515	
- Tanque de aceite refinado	11025	
- Tanque de diesel 2	3150	
- Bomba de soda al 50%	1150	
- Bomba de aceite crudo	424	
- Bomba para el filtro prensa	514	
- Bomba de aceite para intercambiador	435	
- Bomba de agua para intercambiador	570	
- Bandas transportadoras (2)	3030	
- Filtro prensa	13575	
- Caldero	11090	
- Vaporizador Dowtherm	15150	
- Sistema de envasado	<u>9090</u>	
TOTAL		181719

Actualmente, segun un estudio realizado sobre importación, el costo CIF es aproximadamente 1,52 veces el costo FOB, esto incluye flete, impuestos y seguros.

COSTOS CIF DE EQUIPOS 276212

- COSTOS DE MATERIALES AUXILIARES DE INSTALACION.

Los materiales auxiliares son : cimientos, tuberías,

soportes de acero, instrumentación, aislamiento, conexiones eléctricas y pintura. Para cada equipo y material de fabricación existe un factor que multiplicado por el costo del equipo nos da el costo de los materiales auxiliares. Por ejemplo :

Para el Neutralizador :

Cimientos	6%
Tuberías	41%
Soportes de acero	7%
Instrumentación	13%
Aislamiento	5%
Electricidad	5%
Pintura	1%
TOTAL	78%

El costo de los materiales para la instalación de neutralizadores es : $9210 \times 0,78 = \$7183$

De igual modo con los factores propios de cada equipo, se calculó el costo de los materiales auxiliares necesarios para la instalación.

-	COSTO DE MATERIALES AUXILIARES	\$204486
-	TERRENO	\$11048
-	INSTALACIONES DE SERVICIOS Y MEJORA DEL TERRENO ADQUIRIDO	\$110484
-	OBRAS CIVILES (edificios), PARA EL PROCESO Y AUXILIARES	\$27621
	TOTAL	\$629851

- COSTOS INDIRECTOS.

-	INGENIERIA Y SUPERVISION	\$50388
-	GASTOS DE CONSTRUCCION Y HONORARIOS DEL CONTRATISTA	\$62985
-	EVENTUALES	<u>\$40058</u>
	TOTAL	\$153431

INVERSION DE CAPITAL FIJO = \$783282

5.1.2.- CAPITAL DE TRABAJO.

El capital de trabajo se calculó para un mes de operación:

5.1.2.1. MATERIA PRIMA Y AUXILIARES.

-	SEMILLAS	\$37324
-	SODA (50%)	\$302
-	NATRIL	\$129
-	ENVASES Y CAJAS	<u>\$2470</u>
	TOTAL	\$40225

5.1.2.2. SALARIOS.

-	PERSONAL OBRERO(3)	\$480
-	PERSONAL TECNICO(2)	<u>\$520</u>
	TOTAL	\$1000

CAPITAL DE TRABAJO = \$41225

INV.TOTAL DE CAPITAL = INV.CAPITAL FIJO + CAPITAL DE TRABAJO

INVERSION TOTAL DE CAPITAL = \$824507

5.2. FINANCIAMIENTO

FUENTE DE FINANCIAMIENTO.

Como se ha visto la inversión para la implementación del proyecto es de \$824507. Para el financiamiento del proyecto se conseguirá un crédito concedido por COFIDE.

CREDITO DE COFIDE. Actualmente la Corporación Financiera de Desarrollo S.A. COFIDE posee una línea de créditos los cuales son otorgados a través de instituciones intermedias. COFIDE financia el 60% de la Inversión total de capital.

Para la dimensión del Proyecto las condiciones son :

- Monto = \$494704
- Interés anual = 15,1% (en dólares)
- Pagaderos en 4 años con 1 año de gracia (5 años en total)
- Amortizaciones trimestrales

SERVICIO DE LA DEUDA.

CALCULO DEL INTERES TRIMESTRAL.

$$I_t = (I_a + 1)^{1/4} - 1$$

Donde : I_t = interés trimestral

I_a = interés anual

CUOTA TRIMESTRAL.

$$C_t = \frac{I \times [I \times (1 + I_t)^N]}{[(1 + I_t)^N - 1]}$$

Donde : C_t = cuota trimestral

I = inversión

I_t = interés trimestral

N = N° de trimestres

En el cuadro que se presenta a continuación se muestran los servicios de la cancelación de la deuda, con sus respectivos intereses y condiciones de pago.

En el período pre-operativo la cancelación de los

intereses del capital será como sigue

1° TRIMESTRE : \$4428

2° TRIMESTRE : \$8855

3° TRIMESTRE : \$13283

4° TRIMESTRE : \$17710

La cuota trimestral en el periodo de operación será:

\$41151

SERVICIO DE LA DEUDA DE COFIDE

I = \$494704

Interés anual = 15,10%

Interés trimestral = 3,58%

N° de trimestres = 16

Cuota trimestral = \$41151

ANO	TRIMESTRE	CUOTA TRIMESTRAL	INTERES	AMORTIZACION DE CAPITAL	CAPITAL O BALDO
0	1	4428	4428		123676
0	2	8855	8855		247352
0	3	13283	13283		371028
0	4	17710	17710		494704
TOTAL		44276	44276	0	494704
1	1	41151	17710	23441	471263
1	2	41151	16871	24280	446983
1	3	41151	16002	25149	421834
1	4	41151	15102	26049	395785
TOTAL		164604	65685	98919	
	1	41151	14169	26982	368803
2		41151	13203	27948	340855
2	3	41151	12203	28948	311907
2	4	41151	11166	29985	281922
TOTAL		164604	50741	113863	
3	1	41151	10093	31058	260864
3	2	41151	8981	32170	218694
3	3	41151	7829	33322	185372
3	4	41151	6636	34515	150857
TOTAL		164604	33539	131065	
4	1	41151	5400	35751	115106
4	2	41151	4121	37030	78076
4	3	41151	2795	38356	39720
4	4	41151	1422	39720	0
TOTAL		164604	13738	150857	
TOTAL		702692	207979	494704	

5.3. PRESUPUESTO DE INGRESOS Y EGRESOS

5.3.1.- INGRESOS POR VENTAS.

Ingresos por mes de operación.

- VENTA DE ACEITE

72830 Lt/mesx1\$/Lt = 72830 \$/mes

- VENTA DE TORTA.

282,25 TM/mesx181\$/TM = 51087 \$/mes

| TOTAL = \$ 123917 |

5.3.2.- COSTO TOTAL DE PRODUCCION.

5.3.2.1. COSTO DE FABRICACION.

Costos por mes de fabricación.

- MATERIA PRIMA Y AUXILIAR

- SEMILLAS	\$37324
- SODA (50%)	\$302
- NATRIL	\$129
- ENVASES Y CAJAS	<u>\$2470</u>
TOTAL	\$40225

- MANO DE OBRA Y SUPERVISION

- PERSONAL OBRERO (3)	\$480
- PERSONAL TECNICO(2)	<u>\$520</u>
TOTAL	\$1000

- SERVICIOS AUXILIARES

- ELECTRICIDAD	\$3000
- AGUA	\$2700
- DIESEL 2 (incluido transporte)	<u>\$18000</u>
TOTAL	\$23700

- GASTOS FIJOS ANUALES

- MANTENIMIENTO Y REPARACIONES(3%ICF)	\$23498
- DEPRECIACION DE MAQUI.Y EQUIPO(7%ICF)	\$54830
- DEPRECIACION DE OBRAS CIVILES(2%o.civ)	\$552

- SEGUROS(1%ICF) \$7833

TOTAL\$86713

COSTO ANUAL DE FABRICACION = \$605113

5.3.2.2. GASTOS GENERALES.

- GASTOS DE ADMINISTRACION.

Gastos administrativos por mes.

- GERENTE	\$1500
- JEFE DE PLANTA	\$1200
- JEFE DE LABORATORIO	\$900
- 1 VIGILANTE	\$200
- 1 SECRETARIA	<u>\$250</u>
TOTAL	\$4050

- BENEFICIOS SOCIALES.

Como beneficios sociales se considerará el 50% del sueldo para todo el personal.

BENEFICIO SOCIAL = \$2525

- GASTOS FINANCIEROS.

Gasto financiero anual.
Capital + interés

SERVICIO DE LA DEUDA = \$164604

GASTOS GENERALES = \$215729

COSTO TOTAL DEL PROD. = COSTOS DE FAB. + GASTOS GENERALES

COSTO TOTAL DEL PRODUCTO = \$820842

5.4. RENTABILIDAD

5.4.1. FLUJO DE CAJA.

La evaluación económica se realiza a partir del flujo de fondo que se muestra en el cuadro siguiente, el cual se evaluó teniendo en cuenta las siguientes formulas genéricas :

Año 0 : Inversión de capital fijo + capital de trabajo

Año sucesivos : [(Ingresos - gastos - depreciación) - impuestos] + depreciación - inversión

Ultimo año : [(Ingresos - gastos - depreciación) - impuestos] + depreciación + capital de trabajo

a.- FLUJO NETO ECONOMICO.

Indica los montos anuales de egresos o ingresos netos ligados a la ejecución de inversiones y operación del proyecto, desde el punto de vista de la empresa, asumiendo que las inversiones serán financiadas en su totalidad con aportes de capital.

b.- FLUJO NETO FINANCIERO.

Indica también los flujos anuales netos, pero tomando en consideración los préstamos recibidos y servicio a la deuda, pagado realmente, para financiar, sea total o parcialmente, la inversión.

5.4.2.- TASA INTERNA DE RETORNO.

Para determinar la tasa de retorno de un Proyecto, el valor presente de las inversiones, se iguala al valor presente de los ingresos.

Es decir :
$$I = \frac{En}{(1 + i)^n}$$

FLUJO NETO ECONOMICO

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. INU.DE CAP. FIJO	783282									
2. CAP.DE TRABAJO	41225									
3. INGRESOS TOTALES		1' 487004	1' 487004	1' 487004	1' 487004	1' 487004	1' 487004	1' 487004	1' 487004	1' 487004
4. GASTOS ADMINISTRATIVOS	48600	48600	48600	48600	48600	48600	48600	48600	48600	48600
5. BENEFICIOS SOCIALES	30300	30300	30300	30300	30300	30300	30300	30300	30300	30300
6. COSTOS DE PRODUCCION	820842	820842	820842	820842	820842	820842	820842	820842	820842	820842
7. DEPRECIACION	55382	55382	55382	55382	55382	55382	55382	55382	55382	55382
8. UTILIDAD BRUTA	531880	531880	531880	531880	531880	531880	531880	531880	531880	531880
10. IMP. A LA RENTA (30%)	159564	159564	159564	159564	159564	159564	159564	159564	159564	159564
11. UTILIDAD NETA	372316	372316	372316	372316	372316	372316	372316	372316	372316	372316
12. FLUJO NETO ECONOMICO	824507	427698	427698	427698	427698	427698	427698	427698	427698	427698

FACTOR DE DESCUENTO 17%
TASA INTERNA DE RETORNO 35,5%
UAN = 1' 078991

Donde

I = Inversión
 Fn = Flujo económico en el año n
 i = Tasa interna de retorno

Por cálculos sucesivos se determinó el valor de la tasa :

$$\text{TIR} = 35,5\%$$

Esta tasa nos indica el interés que recibiríamos al invertir en el Proyecto, el cual nos muestra que es rentable.

5.4.3.- RELACION BENEFICIO COSTO.

Esta relación nos indica cuanto genera el proyecto por cada unidad monetaria invertida. Para su cálculo se necesita los beneficios y los costos (inversión) actualizado. La fórmula a emplear es la siguiente :

$$\text{B/C} = \frac{\sum_{n=1}^{n=9} \text{Fn}/(1+i)^n}{I}$$

Donde :

I = Costo de inversión
 Fn = Beneficio económico
 i = tasa de descuento

Como tasa de descuento se utilizará el Interés Bancario anual que es el 17%.

$$\text{B/C} = 1'903498/824507$$

$$\text{B/C} = 2,3086$$

5.4.4. PERIODO DE RECUPERACION DEL CAPITAL.

Es el tiempo necesario para recuperar la inversión, a partir de los ingresos afectados por la tasa de descuento pertinente.

$$I = \frac{F_n}{(1 + i)^n}$$

Donde

I = Inversión
 F_n = Flujo económico
 i = Tasa de descuento

$$824507 = (427698/1,17) + (427698/1,17^2) + (F/1,17^n)$$

Como el flujo económico del tercer año es \$427698, la fracción del año será :

$$234659/427698 = 0,55$$

Luego: el período de recuperación del Capital es de 2,55 años.

5.4.5. PUNTO DE EQUILIBRIO.

El Punto de equilibrio es aquel en el cual los ingresos por venta de toda la producción son iguales a los costos de producción, esto significa que no existen pérdidas ni ganancias. El cálculo del Punto de equilibrio se realizó mediante las siguientes ecuaciones :

ECUACION DEL COSTO TOTAL (C)

$$\text{COSTO TOTAL} = \text{COSTOS FIJOS} + \frac{\text{COSTOS VARIABLES} \times \text{UNIDADES PRODUCIDAS}}{\text{UNIDADES VENDIDAS}}$$

COSTOS FIJOS :

	MES	AÑO
Mano de obra y supervisión	\$1000	
Gastos de administración	\$4050	
Beneficios sociales	<u>\$2525</u>	
	\$7575	\$90900
	Mes	Año
Gastos fijos anuales		\$86713
Gastos financieros		<u>\$164604</u>
		\$342217

COSTOS VARIABLES :

Materia prima y auxiliar	\$40225
Servicios auxiliares	<u>\$23700</u>
	\$63925

UNIDADES VENDIDAS \$72830 Lt.

UNIDADES PRODUCIDAS (ANUAL) : P

$$C = 342217 + 0,877729xP \dots\dots\dots(1)$$

ECUACION DEL VOLUMEN DE VENTAS (V) :

VOL.DE VENTAS= PRECIO DE VENTA UNITARIO POR UNIDADES PRODUCIDAS

$$\text{PRECIO DE VENTA} = \$1/\text{Lt} + \frac{282,25 \text{ TM} \times 181\$/\text{TM}}{72830\text{Lt}}$$

PRECIO DE VENTA POR LITRO (+ TORTA) = 1,701459xP

UNIDADES PRODUCIDAS (ANUAL) : P

$$V = 1,701459xP \dots\dots\dots(2)$$

DETERMINACION DEL PUNTO DE EQUILIBRIO.

Para determinar el Punto de equilibrio interceptamos las ecuaciones (1)y (2), para lo cual se determinó que equivale a: 415448 Lt anuales, es decir 1385 Lt. diarios. La producción anual de aceite será 873960 Lt. El Punto de quilibrio se encuentra a 47,5% de la capacidad.

DISCUSION

- Una de las ventajas del uso de la semilla de la papaya es que está garantizado el abastecimiento de ésta materia prima, debido a que las condiciones climáticas que tenemos en el país son adecuadas para el cultivo de la papaya, ésta se puede cosechar durante todo el año lo que hace que el costo de la materia prima no sea elevado.
- Según pruebas de extracción realizadas en el laboratorio 23, se llegó a obtener los parámetros óptimos: tiempo = 1 hr., porcentaje de humedad = 12%.
- Para el diseño del Neutralizador-secador-blanqueador, prensa y molino se consideró los equipos ROSEDOWS, debido a su eficiencia y bajo costo de mantenimiento.
- La utilización de fluidos de transferencia de calor más eficientes que el vapor de agua como es el caso de los fluidos Dowtherm, debe incrementarse en nuestro medio, ya que además de ser menos corrosivo que el agua, los sistemas de calentamiento son más económicos para alcanzar altas temperaturas.

CONCLUSIONES

- Debido a que el costo de la materia prima no es elevado, se reducen los costos de inversión lo cual influye en que la instalación de una planta de aceite de papaya sea rentable.
 - La producción de papaya es continua durante todo el año, esto hace posible que no sea necesario tener grandes almacenes para stock de la materia prima. Para nuestro caso se recomienda localizar la planta en la zona Industrial de la Urb. Pro, ubicado en Lima.
 - El aceite de pepita de papaya es una gran fuente nutritiva y posee características agradables de olor y sabor, las cuales facilitan su comercialización.
 - Debido a que el crudo de papaya presenta un color bastante claro y no presenta turbidez, esto hace reducir su costo en el proceso de refinación.
 - Según el porcentaje de humedad óptimo hallado experimentalmente (12%), permite alcanzar un mayor rendimiento de aceite que para nuestro caso es de 22,5%.
 - En el diseño de equipos hemos seleccionado los equipos ROSEDOWS, lo cual influyó grandemente en que el costo resulte muy inferior si es que se hubiese considerado equipos de otra marca.
- Otro de los factores que influye en la disminución de costos es el uso de fluidos DOWTHERM.
- Con los valores de VAN y TIR obtenidos para nuestro proyecto, se concluye que la instalación de una Planta de aceite de pepita de papaya es rentable.

RESUMEN

- Para observar si el rendimiento de aceite era considerable, realizamos pruebas de laboratorio; obteniéndose un valor que se encuentra en el rango de 22% a 24% de aceite, el cual es apreciable de acuerdo a los datos que nos proporciona la bibliografía, en la cual se establece que una semilla con un contenido mayor o igual al 10% de aceite es aprovechable.

- Para comprobar si el aceite obtenido era comestible se llevaron a cabo las pruebas más exigentes que dan por demostrado que un aceite sea comestible; como resultado de ello obtuvimos valores aceptables que nos confirman que tal aceite es apto para consumo humano.

- El Cake por su contenido en proteínas puede ser empleado como alimento de ganado

En el proceso de extracción y refinación se diseñaron los siguientes equipos :

Extracción: Molino de rodillo, Prensa expeller.

Refinación: Neutralizador-lavador-secador-blanqueador, Filtro prensa, Deodorizador, Intercambiador.

- El proyecto requiere una inversión de \$824507 (1996).

La tasa interna de retorno es de 35,5 % en dólares.

El VAN resulta \$1'078991 .

El período de recuperación de la inversión resulta aproximadamente 3 años.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Bailey, Alton E.
Aceites y grasas industriales
Reverté S.A., Barcelona-España 1971
- 2.- INDECOPI
Normas de control de calidad para grasas y aceites
comestibles.
- 3.- Kern, Donald
Procesos de transferencia de calor
Mc. Graw Hill, agosto 1986
- 4.- Kirk, Raymond E.-Othemer, Donald F.
Enciclopedia de Tecnología Química.
Vol. I- VIII.
- 5.- Klumpar, Iván
Update Cost factors : Process equipment
"Chemical Engineering"
Mc Graw Hill, July 1992
- 6.- Ludwing, Ernest E.
Applied Process design for Chemical and
Petrochemical Plants
Vol. I.
Gulf Publishing Company, Houston-Texas 1964
- 7.- Ministerio de Agricultura
Boletín estadístico del Sector Agrario 1993
- 8.- Perry-R.-Chilton C.
Biblioteca del Ingeniero Químico
Mc Graw Hill, México 1986
- 9.- Peters, Max S.-Timmerhaus, Klaus D.
Diseño de Plantas y su evaluación económica para
Ingenieros Químicos.
Géminis, 2da. edición, Buenos Aires 1978
- 10.- Rosedowns, publicaciones.
Fábrica de procesar aceites
- 11.- Seeas, Miralles
Fatty acid. composition of some oils from senegalese
Francaise, Paris (1980)
Fuente de información : INDECOPI