

70-BIS

665.3(24)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**Escuela Nacional de Ciencias Químicas**

**ESTUDIO SOBRE LA REFINACION Y  
BLANQUEO DE ACEITE DE COCO**

**TESIS**

**Que para su examen profesional de  
INGENIERO QUIMICO**

**Presenta**

**JORGE KOUNTZ ASTIAZARAN**



MIC 8

México, D. F.

1951



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

665.3(04)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**Escuela Nacional de Ciencias Químicas**

# **ESTUDIO SOBRE LA REFINACION Y BLANQUEO DE ACEITE DE COCO**

•  
**TESIS**

**Que para su examen profesional de  
INGENIERO QUIMICO**

**Presenta**

**JORGE KOUNTZ ASTIAZARAN**



**QUIMICA**

•  
México, D. F.

1951

**Con todo cariño a mis padres**

**A mis maestros**

**A mis compañeros**

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco al Sr. Ing. Don Alberto Urbina la dirección de la presente tesis.*

**SUMARIO**

1111

	Pág.
PROLOGO .....	11
CAPITULO I.—GENERALIDADES.—Extracción del aceite de coco. Características de los aceites de coco extraídos en México. Generalidades sobre refinación. Usos del aceite refinado y blanqueado de coco. Métodos de blanqueo. ....	13
CAPITULO II.—DETERMINACIONES EXPERIMENTALES. — Refinación del aceite de coco en el laboratorio. Ensayos de refinación. Análisis de soap stock. Refinación de un aceite extraído por solventes. Blanqueo del aceite de coco en el laboratorio. Análisis de tierra de blanqueo. ....	16
CAPITULO III.—REFINACION DEL ACEITE DE COCO EN LA PAILA.—Ensayo de refinación en la paila. Cálculo de la paila de refinación. Cálculo del agitador. Cálculo del serpentín de calentamiento .....	23
CAPITULO IV.—BLANQUEO DEL ACEITE DE COCO EN LA PAILA.—Ensayo de blanqueo en la paila. Cálculo de la paila de blanqueo. Cálculo del agitador y cálculo del serpentín de calentamiento .....	31
CAPITULO V.—ALGUNAS CONSIDERACIONES ECONOMICAS Y CONCLUSIONES.—Cálculo del costo de la operación de refinación. Cálculo del costo de la operación de blanqueo. Conclusiones. ....	37
BIBLIOGRAFIA .....	47



## PROLOGO

*La presente, tal vez no sea sobre un tema completamente nuevo, ni aporte algo a la extensa bibliografía Mexicana sobre los aceites y grasas comestibles. Sin embargo, esta tesis me ayuda a realizar un ideal, un ideal esperado durante muchos años de lucha. Esta tesis representa la culminación de un anhelo de fe en una profesión que algún día será la base de la economía nacional, aunque en el presente no tiene perspectivas halagadoras.*

México, D. F., Enero de 1951

Jorge Kountz Astiazarán

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### a).—Extracción del aceite de coco.

El aceite de coco se extrae de la pulpa seca del fruto del cocos nucifera-copra —por medio de expresión mecánica. En México se extraen por expresión mecánica los aceites de copra, coquito y coyol. Y por extracción por solventes el aceite de la cáscara del coyol.

Para extraer un aceite por medio de expresión mecánica se pueden seguir dos procesos: primero el proceso intermitente usando prensa hidráulica y segundo el proceso continuo usando la máquina tipo de la V. D. Anderson, llamada Expeller. Para extraer el aceite por ambos procesos la materia prima se prepara para la expresión, molindola y cocinándola.

Para extraer el aceite de coco se prefiere el proceso continuo usando el Expeller. El Expeller consiste de un cocedor y el cuerpo de la máquina que consiste en un gusano que exprime la masa contra unos barriles de acero que envuelven el gusano. El cocedor consiste en un cilindro con chaqueta de vapor y un gusano interior que mueve la masa. En el cocedor se rompen las celdillas del material y suda aceite, lo que facilita la expresión. El aceite que sale de la máquina contiene pasta pulverizada la que se separa por decantación y filtración.

El método de extracción por solventes no se sigue para extraer el aceite de coco de la materia prima. Se usa para extraer el aceite de la cáscara de coyol y se puede usar para extraer el aceite de la pasta de coco ya que ésta contiene de 6 a 10% de aceite.

Para la extracción por solventes el material se pulveriza y se extrae con gasolina, éter de petróleo, tetra cloruro de carbono, sulfuro de carbono, etc. En (5) describe un gran número de extractores. Los que consisten fundamentalmente en un sistema de mezcla de solvente con la masa por ser extraída.

#### b).—Características de los aceites de coco que se extraen en México.

Los aceites extraídos por Expeller tienen los datos siguientes:



Acete de:	% Acido graso libre	Color rojo Lovibond
Copra	0.6— 4.8	4.0—16
Coquito	2.0— 6.5	4.0— 8.0
Coyol	9.5—14.0	4.0— 8.0

El acete extraido de la cascara de coyol tiene las siguientes caracteristicas:

%Acido graso libre 14.2  
 Color rojo Lovibond (1") mayor de 50

Los resultados de la tabla anterior son los limites entre los cuales he observado que varian el acido graso y el color de los aceites producidos en México.

El color y el acido graso libre del acete de copra varian de acuerdo con el estado de la copra, si la copra es seca y vieja el color del acete es elevado, por otra parte, si la copra está tierna y húmeda, el acete sale de color claro. El acido graso depende si la copra tiene hongos, el acido graso libre sale alto.

#### c).—Generalidades sobre refinación.

Aunque en la presente tesis trato solamente la refinación de acete por medio de sosa, cabe mencionar los métodos de refinación que pueden tener aplicación en el acete de coco.

Se llama refinación (1), (2), (3) a la operación que tiende a separar las impurezas del acete. El acete de coco comparado con otros aceites vegetales es uno de los que tienen menos sustancias extrañas que lo impurifican.

Las impurezas que hay que separar en el acete de coco son: ácidos grasos libres y colorantes. En el concepto general de refinación está incluido el proceso de blanqueo.

Los métodos de refinación de acete son los siguientes:

1) Refinación con hidróxidos alcalinos, en el que el proceso puede ser continuo e intermitente y se puede refinar por el proceso húmedo y por el proceso seco. Siguiendo estos mismos procesos también se puede refinar por medio de carbonatos y bicarbonatos alcalinos.

2) Refinación por medio de bases orgánicas tal como la monoetanolamina.

3) Refinación por medio de la volatilización de los ácidos grasos por el arrastre con vapor y calentamiento a temperatura elevada en el vacío.

4) Refinación por medio de extracción de los ácidos grasos por solventes. El método de refinación que voy a tratar en la presente tesis es el de refinación con sosa, método seco e intermitente. El método seco de refinación consiste en refinar con una lejía muy concentrada, dejar asentar el jabón-soap stock y decantar el aceite, el aceite decantado se filtra a la temperatura más baja posible —unos 30°C— y se filtra a través de tierra de blanqueo saturada de aceite. El método húmedo consiste en refinar con una lejía diluida, en este caso el soap stock se separa en solución, además es necesario lavar el aceite con agua porque contiene algo de soap stock en solución.

#### USOS DEL ACEITE REFINADO Y DEL ACEITE BLANQUEADO DE COCO:

Hay que advertir que el aceite refinado de coco tiene un uso muy limitado comparado con el uso del aceite crudo blanqueado. El uso del aceite refinado de coco está intimamente ligado a su precio que es elevado. Para la fabricación de mantecas generalmente no se refina aceite de coco puro, se acostumbra a refinar una mezcla de aceites ajonjolí o algodón con aceite de coco.

El aceite refinado de coco se usa en la fabricación de productos alimenticios, así se usa en la fabricación de chocolates, en la fabricación de margarinas vegetales y en la fabricación de mayonesas, etc.

El uso del aceite crudo blanqueado está destinado a la fabricación de jabones y cosméticos.

#### *Métodos de Blanqueo.*

Los métodos de separar los colorantes del aceite consisten fundamentalmente en la adsorción de los mismos por medio de tierra Fuller, carbón activado, etc. Además se puede blanquear el aceite por medio oxidante, tal como agua oxigenada, cloro, etc. Pero tienen la desventaja de activar la descomposición del aceite.

## CAPITULO II

### DETERMINACIONES EXPERIMENTALES

#### a 1.—*Refinación del Aceite de Coco en el Laboratorio*

El método segundo para refinar el aceite de coco en el laboratorio es una modificación del método oficial de la Asociación Americana de Químicos Aceiteros (2).

En el aceite a refinar se determina ácido graso libre y color rojo en el comparador Lovibond. El siguiente método se propone generalmente para hacer estas determinaciones: 1) Determinación de ácido graso libre.—En un matraz Erlenmeyer de 500ml de boca ancha se pesan 7.05 gramos de aceite, en otro matraz se neutralizan 100 ml de alcohol usando fenolftaleína como indicador y se calienta a 50-60°C. El alcohol se agrega al aceite y se neutraliza con solución N 4 de NaOH hasta que permanezca un color rosa débil durante 30 segundos. El número de ml de solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación es el % de ácido graso libre expresado como ácido oleico. 2) Determinación de color en el aceite de coco.—El aceite crudo de coco generalmente contiene impurezas que hacen casi imposible hacer la comparación del color; por lo que se filtra usando filtro-ayuda, tal como Kieselguhr, Filter Cel, etc. El aceite filtrado se compara en el Lovibond en un espesor de 5<sup>1</sup>/<sub>4</sub>" y usando una relación de 10:1 de amarillo a rojo.

Para refinar el aceite de coco se usa una lejía de 20° Baumé y 0.1% de cloruro de sodio o también se usa una lejía de 20°Bé y 0.5% de silicato de sodio de 40Bé.

Para calcular la cantidad de lejía usada se multiplica el % de ácido graso libre expresado como oleico por 1.1 y la cantidad de lejía está expresada como %, del peso de aceite a refinar.

#### *Método de Refinación en el Laboratorio*

En un vaso de refinación se pesan 500 gramos del aceite. Habiendo ta-

rado el vaso. En un vaso de precipitados se pesa la lejía, solo en el caso de refinación con sal y en el caso de refinación con silicato éste se pesa junto con la lejía. En otro vaso se pesa la sal de mesa. En el baño de refinación se coloca el vaso con el aceite y se agita a 250 R.P.M. y se calienta hasta tener una temperatura de 30-35°C. Se añade la sal y la lejía y se agita manteniendo esa temperatura durante 15 minutos. Las condiciones mecánicas de la agitación en el laboratorio las describo al calcular la paila de refinación. Se cambia la velocidad de agitación a 70 R.P.M. y se eleva la temperatura a 50-53°C. La rapidez de elevación de temperatura fué de 5º por minuto. Manteniendo esa temperatura se agita durante 12 minutos. Se suspende la agitación y se deja reposar una hora en el baño a 30-35°C. Se deja reposar una noche a 27°C en la estufa de temperatura constante.

Se pesa el vaso para determinar la pérdida por evaporación. El aceite se cuela a través de malla de acero inoxidable, recoge el aceite colado en un vaso tarado.

El jabon —soap stock— se regresa al vaso de refinación y se funde al baño a 70°C, se deja enfriar hasta 30°C, se vuelve a colar y el aceite se recoge en otro vasito tarado. El soap stock se regresa al vaso de refinación y se pesa. Además se pesa el aceite refinado.

La pérdida por refinación se calcula por dos métodos y se reporta el promedio de los dos cálculos, a saber, pérdida es igual a peso del aceite crudo menos el peso del aceite refinado entre el peso del aceite crudo y se multiplica por 100.

Y por otro lado la pérdida es igual a:

$0.2 \text{ (peso soap stock —pérdida por evaporación— peso lejía, peso sal)}$ . Y en el caso de refinación con silicato, la fórmula es igual pero se sustituye el peso de sal por el del silicato.

En el aceite refinado se determina ácido graso libre y color, los métodos seguidos en estas determinaciones son semejantes a los descritos anteriormente, pero con las siguientes variantes: en la determinación de ácido graso libre se pesan 25.2 gramos y se titula con solución décimonormal de NaOH y el número de ml empleados entre 10 es el % de ácido graso libre expresado como ácido oleico. Y en la comparación del color se usa una relación 6:1 de amarillo a rojo.

En la tabla que presento a continuación resumo los resultados de 26 ensayos de refinación de aceite de coco. Haciendo una comparación entre la refinación del aceite con sal y con silicato de sodio, puedo concluir los siguientes puntos:

1) La pérdida por refinación usando silicato de sodio generalmente es menor que la pérdida por refinación usando sal. Haciendo un promedio

de las diferencias entre las pérdidas con silicato y con sal, la refinación con silicato da 0.86% menor que con sal.

2) El ácido graso libre del aceite refinado con silicato generalmente es menor que el ácido graso libre del aceite refinado con sal. Haciendo un promedio de las diferencias del ácido graso libre en los aceites refinados, el ácido graso libre del aceite refinado con silicato sale 0.012% menor.

3) El color del aceite refinado con silicato generalmente es menor.

Haciendo un promedio de las diferencias de color de los aceites refinados el color del aceite refinado con silicato es 0.2 unidades Lovibond Rojo menor.

Refinación	ACEITE CRUDO			Pérdida por Refinación %		ACEITE REFINADO	
	Acido Graso libre % oleico	Color Rojo Lovibond 10:1 amarillo a rojo	Peso de leja 20°Be	NaCl	silicato	Acido Graso libre % oleico	Color Rojo Lovibond 6:1 amarillo a rojo
1	0.8	9	0.88	6.7	---	0.06	1.4
2	0.8	9	0.88	---	6.4	0.04	1.4
3	1.2	11	1.31	5.1	---	0.09	2.1
4	1.2	11	1.31	---	7.9	0.05	1.8
5	2.3	10.5	2.52	9.3	---	0.05	2.3
6	2.3	10.5	2.52	---	10.7	0.03	1.6
7	3.2	11	3.51	11.5	---	0.06	2.7
8	3.2	11	3.51	---	10.8	0.07	2.5
9	4.1	10	4.50	13.2	---	0.02	2.0
10	4.1	10	4.50	---	13.0	0.05	1.9
11	5.5	11	6.05	16.6	---	0.04	2.8
12	5.5	11	6.05	---	15.8	0.03	2.1
13	6.2	10	6.8	19.3	---	0.07	2.8
14	6.2	10	6.8	---	18.1	0.06	3.0
15	7.4	11	8.13	22.4	---	0.09	2.5
16	7.4	11	8.13	---	21.0	0.06	2.3
17	8.1	9	8.9	26.7	---	0.08	1.7
18	8.1	9	8.9	---	24.3	0.05	1.4
19	9.3	10	10.5	32.9	---	0.07	2.9
20	9.3	10	10.5	---	30.1	0.04	2.6

4) La diferencia en la pérdida por refinación que hay al refinar con silicato de sodio puede justificar el gasto adicional del silicato.

### Analisis de soap stock

En el jabón —soap stock— se determina el contenido total de grasa, ya que el precio de este subproducto de la refinación está directamente relacionado con el contenido total de grasa. El muestreo de soap stock es muy difícil ya que este producto tiene una consistencia gelatinosa especial por lo que es muy difícil de mezclar. Por estas razones, para poder hacer un balance de materia en una refinación, procedí a analizar el soap stock de una refinación en el laboratorio.

El método que generalmente se propone para analizar el soap stock, es el siguiente: en un vaso de precipitados de 250 ml se pesan 5 gramos de soap stock en balanza analítica, se disuelve en 50 ml de alcohol caliente, se añaden 5 ml de solución de KOH de 50% y se calienta a baño de vapor, a fin de evaporar la solución hasta reducir el volumen a un cuarto del volumen original. La solución evaporada se diluye con alcohol 1:1 y se añaden 25 ml de HCl 1:1 y se deja enfriar. Se extrae con éter de petróleo 3 ó 4 veces y la solución éterea se vapora y se pesa. El peso por 0.2 es el % de grasa total.

A fin de demostrar que es muy difícil el muestreo de soap stock, tomé 3 muestras de soap stock envasado en unos tambores, procedentes de la misma refinación. Dando los siguientes resultados:

Muestra	% total de grasa en el soap stock
1	54.35
2	61.48
3	57.42

### Refinación de un aceite extraído por solventes:

En México el único aceite de la familia del *coco* que se acostumbra a extraer por solventes es el aceite extraído de la cáscara de *coyol*.

Este aceite tiene el análisis siguiente:

Acido graso libre	14.2%
Impurezas	3.64%
Humedad	1.17%
Color con Lovibond	11
	mayor de 50

Para refinar el aceite filtra y calienta a 110°C, y después de refinar obtiene los siguientes resultados:



Perdida por refinacion (refinando con 0.1% de NaCl)	53.8%
Perdida por refinacion (refinando con 0.5% de silicato de sodio)	51.6%

El aceite refinado con sal tiene los siguientes resultados:

Color rojo Lovibond	13.5
Acido graso libre	0.12%

El aceite refinado con silicato de sodio tiene las siguientes características:

Color rojo Lovibond	12.1
Acido graso libre	0.09%

#### *Blanqueo del aceite de coco en el laboratorio:*

El blanqueo del aceite de coco en el laboratorio se realiza mediante carbón activado o tierra Fuller, calentando a una temperatura superior a 100°C: a fin de asegurarse que el aceite no esté húmedo, ya que la tierra de blanqueo adsorbe con mayor facilidad el agua que la materia colorante del aceite. Para la experiencia de blanqueo se pesan 300 g. de aceite y se calienta agitando a 105°C, y se agrega la tierra de blanqueo; se mantiene dicha temperatura durante 5 minutos. Se filtra y se determina el color del aceite blanqueado.

#### *Experiencias de blanqueo:*

Las experiencias de blanqueo las hice usando dos tipos de tierra y uno de carbón activado y variando el porcentaje de tierra ó carbón usado en el blanqueo.

% de tierra blanqueante No. 1	Color rojo Lovibond del aceite blanqueado
0	11
0.5	5.5
1	3.5
2	2.0
3	1.0
4	0.9
5	0.9
% de tierra blanqueante No. 2	Color rojo Lovibond del aceite blanqueado
0	11
0.5	5.0

1	3.0
2	1.7
3	0.9
4	0.8
5	0.8
<b>% de carbón activado D</b>	<b>Color rojo Lovibond del aceite blanqueado</b>
0	11
0.5	4.5
1	2.5
2	1.3
3	0.8
4	0.8

#### *Determinación de aceite en la tierra de blanqueo:*

En un vaso de 250 ml se pesan 5 gramos de tierra de blanqueo usada, y se agitan con una mezcla de solventes, alcohol-benzol-acetona 1:1:1, con un agitador mecánico durante 15 minutos. La suspensión de tierra en el solvente se filtra, y el filtrado se recibe en un matraz de extracción tarado y el papel filtro se coloca en un cartucho de extracción. En el extractor de Butt se deja extraer durante 12 horas. El solvente se evapora y el matraz se pesa y se calcula el % de aceite en la tierra de blanqueo.

En algunas experiencias de blanqueo en la paila, obtuve los siguientes resultados, de la tierra filtrada y soplada con aire caliente.

Tierra	% de aceite en la tierra
Tierra No. 1	56.78%
Tierra No. 2	53.45%
Carbon D	62.31%

#### *Aumento del ácido graso libre en el blanqueo de aceite de coco:*

Para comparar los tipos de tierra blanqueante mencionados, determiné en el ensayo de blanqueo con 1% de tierra el ácido graso libre antes y después del blanqueo, obteniendo los siguientes resultados:

1% de tierra de Blanqueo	Acido graso libre (oleico)% en el aceite sin blanquear	Acido graso libre (oleico)% en el aceite blanqueado
Tierra No. 1	1.5	1.5
Tierra No. 2	1.5	1.5
Carbón D	1.5	1.7

## CAPITULO III

### REFINACION DEL ACEITE DE COCO EN LA PAILA

La refinación del aceite en la paila es semejante a la del laboratorio, pero tiene algunas variantes tales como el tiempo, la agitación, etc. El método que voy a seguir es aplicable a la refinación con silicato y con sal, pero la cantidad de sal se calcula como sigue: % en peso de sal = % de ácido graso libre x 0.1.

En la experiencia de refinación en escala industrial refine con silicato de sodio, en virtud de que en el laboratorio se demostró que es más conveniente seguir este método.

El método para refinar consiste en:

1) Bombear el aceite a la paila de refinación y dejar reposar el aceite hasta que ha expulsado las burbujas de aire, a fin de que el soap stock no se forme en una burbuja de aire y flote.

2) El aceite se agita a alta velocidad y se ajusta la temperatura del aceite a 40°C mediante el calentamiento.

3) Se añade la leja mezclada con el silicato de sodio, la rapidez de adición de la leja debe de ser de 140 Kg./min.

4) Se agita durante media hora a 40°C y alta velocidad.

5) Se cambia la velocidad de agitación a baja velocidad y se eleva la temperatura.

6) Cuando la temperatura ha llegado 55°C se suspende el calentamiento y se continúa la agitación hasta que la emulsión se rompe al grado deseado según el criterio del refinador. Según el aceite que se está refinando la temperatura de la refinación se puede elevar un poco más, y ninguna refinación se debe llevar a más de 57°C.

El criterio que se sigue en la refinación para saber el punto final de la operación es el siguiente: se observa la rapidez de asentamiento de los copos de soap stock y su forma. La rapidez de asentamiento se observa tomando una muestra y observando la rapidez de asentamiento en el frasco, por otra parte también se observa la rapidez de asentamiento en la paila

suspendiendo la agitación y observando lo oscuro que se ve el aceite, es decir el refinador controla empíricamente la operación teniendo una idea de la rapidez de asentamiento que ha adquirido mediante la experiencia. La forma de los copos de soap stock dan una idea más exacta del punto final de la operación; primero los copos son pequeños y a medida que se continúa la refinación van creciendo y se van haciendo cada vez más pesados, hasta que comienzan a tomar una forma de cono con la punta curvada, esto indica que se ha logrado el equilibrio en la absorción en el soap stock y el soap stock comienza a disolverse en el aceite.

7) El aceite se deja reposar una noche a una temperatura de 27°C; en el invierno es necesario suministrar calor durante toda la noche a fin de mantener el aceite líquido.

8) El aceite se decanta y se filtra a través de tierra blanqueante usada, a una temperatura baja de 30-35°C. La tierra blanqueante usada tiene un poder de adsorción del soap stock que tiene disuelto el aceite. El aceite refinado se pesa y se calcula pérdida por refinación en la paila.

El aceite que se refinó tenía las siguientes características:

Acido graso libre 0,8%  
Color rojo Lovibond 9,0

En el laboratorio se obtuvo la siguiente pérdida refinando con lejía de 20°Bé y 0,5% de silicato de sodio:

Pérdida por refinación 6,2%  
Y el aceite refinado en el laboratorio tenía las siguientes características:  
Acido graso libre 0,06%  
Color rojo Lovibond 1,7

Datos sobre la refinación en la paila:

Peso de aceite crudo 10,000 Kg.  
Peso de lejía de 20°Bé por 100 Kg de aceite 0,88 Kg.  
Peso de lejía de 20°Bé usado en la refinación 88 Kg.  
Peso de silicato de sodio de 40°Bé 50 Kg.  
Peso de aceite refinado 9,410 Kg.  
Pérdida por refinación en la paila 5,9%

Tiempo empleado en el ensayo de refinación.

- 1) Tiempo de bombeos, pesado y reposo 110 min.
- 2) Tiempo de ajuste de la temperatura a 40°C 15 min.
- 3) Tiempo de adición de la lejía 0,56 min.
- 4) Tiempo de agitación a 40°C y alta velocidad 30 min.
- 5) Tiempo de cambio de velocidad en la agitación y calentamiento a 53°C 28 min.

b) Tiempo que se necesite en este ensayo para romper la emulsión de atarri en el aceite: 95 min

7) Tiempo de asentamiento: 720 min

8) Tiempo de decantación, filtración, bombeo, pesado y almacenamiento: 205 min

Tiempo total empleado para refinar: 10,000 Kg. = 1105,6 min = 18,5 Hr.

Es decir, esta es el tiempo que dura el ciclo de refinación y que nos da una idea aproximada de la capacidad de la paila

Características del aceite refinado en la paila:

Acido graso libre: 0,05%

Cólor: raa Lewibond 2,0

### *Cálculo de la paila de refinación:*

#### *a) Cálculo del agitador:*

Para calcular el agitador de paletas, seguimos el método que describe Perry (5a. Ed.) pag. 1225. El que se puede resumir en los siguientes pasos:

1) Tomar las condiciones de agitación en el laboratorio, y calcular el número de Reynolds; 2) Considerar que el número de Reynolds es igual en el laboratorio y en la paila; 3) Suponer unas dimensiones de la paila que puedan contener la cantidad de aceite que deseamos; 4) Calcular la longitud de la paleta, teniendo en cuenta la relación de diámetro de la paila a longitud de la paleta seguida en el laboratorio; 5) Calcular las velocidades de agitación en la paila considerando el factor  $(\frac{L}{L_p})^{1.75}$ , en donde

$L_p$  es la longitud de la paleta en el laboratorio y  $L$  es la longitud de la

paleta en la paila; 6) Calcular el ancho de la paleta tomando en cuenta la relación de ancho a longitud de la paleta seguida en el laboratorio; 7) Calcular la potencia absorbida en el motor de la paila a la velocidad alta y a la temperatura más baja; 8) Calcular la potencia del agitador en el laboratorio y computar la discrepancia entre la potencia calculada para la paila por el método seguido y el calculado por medio de la potencia absorbida en el laboratorio.

#### *1) Condiciones de agitación en el laboratorio:*

En el laboratorio se agitan 500 gramos de aceite a 30°C y a 250 R. P. M. Sea

D diámetro de la copa de refinación: 11,5 cm = 0,376 ft

H altura del líquido en la copa  $\rightarrow 6.5 \text{ cm.} = 0.213 \text{ ft.}$   
 N velocidad de agitación  $= 250 \text{ R. P. M.} \rightarrow 4.17 \text{ R. P. S.}$   
 W ancho de la paleta  $\rightarrow 1.5 \text{ cm.} = 0.0492 \text{ ft.}$   
 S densidad del aceite  $= 56.6 \text{ lb/Cuft}$   
 Z viscosidad del aceite  $\rightarrow 0.0232 \text{ lb/ftseg}$   
 L longitud de la paleta  $\rightarrow 9 \text{ cm.} = 0.295 \text{ ft}$   
 $D/L = 0.376/0.295 = 1.27$   
 $WI = 0.0492/0.295 = 0.166$

2) *Calculamos el número de Reynolds modificado:*

$$L \cdot NS_f Z = (0.295)^2 \cdot 4.17 \cdot (56.6) \cdot 0.0232 = 890$$

3) *Suponemos unas dimensiones de la paila que puedan contener 10,000 Kg. de aceite, suponiendo que el diámetro de la paila es igual a la altura del líquido en la paila.*

$$10,000 / 0.9(28.3) = 394 \text{ cuft de aceite.}$$

$$0.785 D^2 = 394$$

$$D = (394 / 0.785)^{0.5} = (500)^{0.5} = 22.36 \text{ ft}$$

De aquí, las dimensiones de la paila son:

diámetro 8 ft

altura del líquido 8 ft

altura de la paila 12 ft

4) *Calculamos la longitud de la paleta en la paila, considerando la relación  $D_f L = 1.27$  seguida en el laboratorio.*

$$L = D / 1.27 = 8 / 1.27 = 6.3 \text{ ft}$$

5) *Calculamos las velocidades de agitación en la paila:*

Para calcular las velocidades de agitación en la paila consideramos la siguiente relación:

$$N_p = (L_f / L_p)^{0.166} N$$

En donde:

$N_p$  es la velocidad de agitación en la paila R. P. M.

H altura del liquido en la copa  $\rightarrow 6.5 \text{ cm.} = 0.213 \text{ ft.}$   
 N velocidad de agitaci3n  $\rightarrow 250 \text{ R. P. M.} \rightarrow 4.17 \text{ R. P. S.}$   
 W ancho de la paleta  $\rightarrow 1.5 \text{ cm.} = 0.0492 \text{ ft.}$   
 S densidad del aceite  $\rightarrow 56.6 \text{ lb/Cuft}$   
 Z viscosidad del aceite  $\rightarrow 0.0232 \text{ lb/ftseg}$   
 L longitud de la paleta  $\rightarrow 9 \text{ cm.} = 0.295 \text{ ft}$   
 $D/L \rightarrow 0.376/0.295 = 1.27$   
 $WL = 0.0492/0.295 = 0.166$

2) Calculamos el numero de Reynolds modificado:

$$L^3 NS/Z \rightarrow (0.295)^3 \cdot 4.17 (56.6) / 0.0232 = 890$$

3) Suponemos unas dimensiones de la paila que puedan contener 10,000 Kg. de aceite, suponiendo que el diámetro de la paila es igual a la altura del liquido en la paila.

$$10,000 / 0.9 (28.3) = 394 \text{ cuft de aceite.}$$

$$0.785 D^2 = 394$$

$$D = (394 / 0.785)^{0.5} = (500)^{0.5} = 22.4 \text{ ft}$$

De aquí, las dimensiones de la paila son:

diámetro 8 ft

altura del liquido 8 ft

altura de la paila 12 ft

4) Calculamos la longitud de la paleta en la paila, considerando la relación  $D/L = 1.27$  seguida en el laboratorio.

$$L = D / 1.27 = 8 / 1.27 = 6.3 \text{ ft}$$

5) Calculamos las velocidades de agitaci3n en la paila:

Para calcular las velocidades de agitaci3n en la paila consideramos la siguiente relaci3n:

$$N_p = (L_p / L)^{1.5} N$$

En donde:

$N_p$  es la velocidad de agitaci3n en la paila R. P. M.



L es la longitud de la paleta en el laboratorio ft.

L

L es la longitud de la paleta en la paila ft.

P

N es la velocidad de agitacion en el laboratorio R. P. M.

L

Sustituyendo tenemos:

Para alta Velocidad

$$N = (0.295 \cdot 6.5)^{0.5} \cdot 250 = (0.0468)^{0.5} \cdot 250$$

P

$$N = 0.177 \cdot (250) = 44.5 \text{ R. P. M.} = 0.74 \text{ R. P. S.}$$

P

Para baja velocidad:

$$N = 0.177 \cdot (70) = 12.5 \text{ R. P. M.} = 0.21 \text{ R. P. S.}$$

P

6) *Cálculo del ancho de la paleta considerando la relación de ancho a longitud seguida en el laboratorio,  $W/L=0.166$*

$$W = 0.166(6.5) = 1.05 \text{ ft}$$

7) *Calculamos la potencia absorbida en la paila:*

$$P = c L \cdot S \cdot N^3 \cdot D^{5.5} \cdot W^{0.5} \cdot H^{0.5}$$

En donde P es la potencia absorbida H. P.

c es el factor de potencia.

En la gráfica P del Perry leemos el factor de potencia para el número de Reynolds calculado:

$$c = 0.00005$$

Sustituyendo en la formula tenemos:

$$P = (0.00005) (6.3)^3 (56.6) (0.74)^3 (8)^{5.5} (1.05)^{0.5} (8)^{0.5}$$

$$P = (0.00005) (250) (56.6) (0.41) (9.8) (1.0) (3.47)$$

$$P = 10.0 \text{ H. P.}$$

$P = 10.0 \text{ H. P.}; P = 10(1.5) = 15 \text{ h. p.}$  al considerar un factor de seguridad de 50%.

8) *Ahora para tratar de comprobar el valor de la potencia, considera-*

mos que la potencia absorbida por unidad de volumen permanece constante y calculamos la potencia en el agitador de laboratorio.

$$P = (0.00005) (0.295)^2 (56.6) (4.17)^2 (0.376)^{1.1} (0.0492)^{0.4} (0.213)^{0.4}$$

$$P = (0.00005) (0.0255) (56.6) (71.3) (0.405) (0.345) (0.4) = 0.00028 \text{ h. p.}$$

Y consideramos que la elevación del volumen es de 20,000 veces ya que en el laboratorio agitamos 0.5 Kg. y en la paila agitamos 10,000 Kg.  $P = (20,000) (0.00028) = 5.6 \text{ h. p. potencia absorbida. } P = 5.6(1.5) = 8.4 \text{ h. p.}$

Los valores calculados para la potencia aparentemente son valores muy altos, de manera que este cálculo tan sólo puede tomarse como una estimación ya que para poner el motor adecuado, se pone un motor y se mide directamente la potencia y se pone el motor adecuado.

### *Cálculo del serpentín de calentamiento:*

Para calcular el serpentín de calentamiento tendremos en cuenta las siguientes consideraciones: 1) El aceite se bombea a la paila a una temperatura muy próxima a 40°C, y el calentamiento es de 40 a 53°C. 2) El tiempo de calentamiento en el ensayo de refinación en la paila fué de 28 minutos. 3) Consideramos que la película de vapor y la pared metálica tienen una resistencia muy pequeña y la única resistencia digna de tomarse en cuenta es la película de aceite. 4) Para calcular la película de aceite tomaré en cuenta la velocidad más baja. 5) Como el calentamiento es de 13°C calcularé la película de aceite a una temperatura intermedia para los variables, densidad y viscosidad, calor específico y conductividad térmica.

El área de calentamiento la calculamos

$$A = \frac{WC}{O U} \int_{t_2}^{t_1} \frac{dt}{T-t} \dots\dots\dots (1)$$

En donde:

A es el área de calentamiento sqft

W es la masa de aceite agitado lb

C es el calor específico en Btu/lb(°F)

O es el tiempo de calentamiento hr.

U es el coeficiente total de transmisión térmica en Btu/(hr)(sqft)(°F)

T es la temperatura del vapor

t es la temperatura del aceite.

Calculamos el coeficiente de película del aceite con la fórmula siguiente que aparece en (6).

$$U=h=0.87k/D(LNr/m)^{0.5}(Cm/k)^{0.33}(m/m_0)^{0.33}$$

En donde h representa el coeficiente de película del aceite en

$$\text{Btu}/(\text{hr})(\text{sqft})(^{\circ}\text{F})$$

k conductividad térmica del aceite en Btu/hr (sqft)(°F)/ft

D diámetro de la paila en ft.

L longitud de la paleta en ft.

N velocidad de agitación en R. P. S.

r densidad del aceite en lb/cuft

m viscosidad del aceite en lb/ft(hr)

C calor específico del aceite en Btu/lb(°F)

m<sub>0</sub> viscosidad del aceite a la temperatura del serpentín en lb/ft(hr)

Sustituimos valores:

$$k=0.072 \text{ Btu}/(\text{hr})(\text{sqft})(^{\circ}\text{F})/\text{ft}$$

$$D=8 \text{ ft}$$

$$L=6.3 \text{ ft}$$

$$N=0.21 \text{ R. P. S.}$$

$$r=56.3 \text{ lb}/\text{cuft}$$

$$m=0.012 \text{ lb}/\text{ft}(\text{seg})=45 \text{ lb}/\text{ft}(\text{hr})$$

$$C=0.49 \text{ Btu}/\text{lb}(^{\circ}\text{F})$$

$$m_0=4.4 \text{ lb}/\text{ft}(\text{hr})$$

$$U=h=(87) (0.072)^{0.5} (8) (6.3 \times 0.21 \times 56.3 / 0.012)^{0.5} (0.49 \times 45 / 0.072)^{0.33} \times (45 / 4.4)^{0.33}$$

$$U=h=(0.0078) (39,400)^{0.5} (305)^{0.33} (10.2)^{0.33}$$

$$U=h=(0.0078) (710) (6.7) (1.38) = 51 \text{ Btu}/\text{hr}(\text{sqft})(^{\circ}\text{F})$$

Para calentar el serpentín usaremos vapor saturado a 50 psia, que tiene una temperatura de 281°F y un calor latente de 924 Btu/lb

Integrando la ecuación (1) tenemos:

$$A=W C_0 O U \log_n (T_1/T_2)$$

Sustituyendo los valores:

$$W=22,000 \text{ lb}$$

$$C=0.49 \text{ Btu}/\text{lb}(^{\circ}\text{F})$$

$$O=28/60=0.467 \text{ hr.}$$

$$U=51 \text{ Btu}/\text{hr}(\text{sqft})(^{\circ}\text{F})$$

$$T=281^{\circ}\text{F}$$

$$t_1 = 40^\circ\text{C} = 104^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 53^\circ\text{C} = 127^\circ\text{F}$$

Tenemos:

$$A = (22,000)(0.49) / (0.465)(51) \times 2.3 \log (281-104/281-127)$$

$$A = (455)(2.3) \log (177/154) = (455)(2.3) \log 1.15$$

$$A = (455)(2.3)(0.06) = 62.8 \text{ sqft.}$$

Ahora consideramos un factor de seguridad en el área de calentamiento de 20%.

$$A = (1.2)(62.8) = 75.2 \text{ sqft}$$

Lo que equivale a una longitud de tubo de cobre de 2" N° 12 BWG de:  
 $L = 75.2 / 0.5233 = 142 \text{ ft}$  de tubo.

Y el consumo de vapor es el siguiente considerando que nomás empleamos el calor latente del vapor.

$$924V = 22,000(0.49)(23)$$

$$V = 248,000 / 924 = 270 \text{ lb de vapor}$$

## CAPITULO IV

### BLANQUEO DEL ACEITE DE COCO EN LA PAILA

El aceite de coco en la paila se blanquea en las mismas condiciones que en el laboratorio, pero el aceite con la tierra de blanqueo se recircula filtrado a la paila hasta obtener el color más bajo.

El blanqueo en la paila incluye los siguientes pasos:

- 1) Pesado y bombeo del aceite a la paila.
- 2) Calentamiento del aceite a 105°C con agitación.
- 3) Adición de la tierra de blanqueo.
- 4) Agitación durante media hora manteniendo la temperatura a 105°C
- 5) Recirculación del aceite con la tierra de blanqueo filtrando a través de un filtro prensa y regresando el filtrado a la paila. Del aceite filtrado se toma una muestra cada 10 minutos y se recircula hasta obtener el color más bajo.
- 6) Filtración y almacenamiento del aceite blanqueado.

El aceite de coco que se va a blanquear primero se blanquea en el laboratorio para calcular la cantidad de tierra que se debe usar según el color que se desea obtener.

Los datos del laboratorio que obtuvieron en el ensayo de blanqueo son los siguientes:

Aceite sin blanquear:	
Color rojo Lovibond	11.0
Humedad	0.32%

Color del aceite blanqueado con 0.5% de tierra 5.5 rojo

Color del aceite blanqueado con 1% de tierra 3.5 rojo

Es importante determinar en el aceite a blanquear la humedad, ya que si ésta es elevada, la tierra tiene una mayor atracción por el agua que por el material colorante del aceite y no blanquea.

En el ensayo en la paila se desea obtener un color de 5 rojo y usaremos 0.5% de tierra blanqueante, calculando que el aceite blanqueado en la paila tiene un color ligeramente menor que el aceite blanqueado en el laboratorio.

El ensayo de blanqueo en la paila tiene los siguientes datos:

Peso del aceite a blanquear 10,000 Kg.

Peso de tierra de blanqueo 50 Kg.

Color Lovibond rojo del aceite a blanquear 11.0

Color después de 30 minutos de agitación con la tierra 5.5

Color después de 10 minutos de recirculación 5.4

Color después de 20 minutos de recirculación 5.1

Color después de 30 minutos de recirculación 5.0

Color después de 40 minutos de recirculación 5.0

Un resumen de los tiempos empleados es como sigue:

1) Tiempo de pesado y bombeo del aceite 85 minutos

2) Tiempo de calentamiento a 105°C 140 minutos

3) Tiempo de adición de la tierra 0.5 minutos

4) Tiempo de agitación a 105°C 50 minutos

5) Tiempo de recirculación, incluyendo el tiempo en el que se reporta el resultado del color en el laboratorio 45 minutos

6) Tiempo de filtración y almacenamiento 235 minutos

En resumen para blanquear 10,000 Kg de aceite de coco se necesitaron 8.9 horas. Es decir este dato nos da una idea aproximada de la capacidad del equipo usado para el blanqueo y una idea del ciclo de blanqueo.

#### *Cálculo de la paila de Blanqueo.*

Para calcular el agitador de la paila de blanqueo tomare un camino semejante al seguido al calcular la paila de refinación. Es decir, partiré de las condiciones de agitación en el laboratorio.

Las condiciones de agitación en el laboratorio son:

D diámetro del vaso 9 cm=0.284 ft

Altura del vaso 9 cm=0.284 ft

H altura del líquido=4.5cm=0.147 ft

N velocidad de agitación=250 R. P. M.=4.17 R. P. S.

W ancho de la paleta=1cm=0.033 ft

L longitud de la paleta=7cm=0.23 ft

S densidad del aceite=56.3 lb/cuft

Z viscosidad del aceite=0.012 lb/ft-seg

D/L=0.284/0.230=1.23

W/L=0.033/0.230=0.143

Calculamos el número de Reynolds modificado:

$L^2NS/Z = (0.23)^2 \cdot 4.17 \cdot (56.3) / 0.012 = 1,100$

Escogemos las dimensiones de la paila:

Diámetro de la paila 8 ft

Altura del líquido 8 ft

Altura de la paila 12 ft

Calculamos la longitud de la paleta en la paila:

$$L = 8/1.25 = 6.5 \text{ ft}$$

Calculamos la velocidad de agitacion en la paila:

$$N = (L_1/L_2)^{0.5} N_2 = (0.23/6.5)^{0.5} (250) = (0.0353)^{0.5} (250)$$
$$N = \frac{P}{L} = \frac{P}{L} = \frac{P}{L}$$

$$N = (0.151)(250) = 38 \text{ R. P. M.} = 0.63 \text{ R. P. S.}$$
$$P$$

Calculamos el ancho de la paleta:

$$W = (0.143)(6.5) = 0.93 \text{ ft}$$

Calculamos la potencia absorbida por el motor de la paila:

$$W = c L^2 S N^3 D^{0.5} W^{0.5} H^{0.5}$$

Leemos en la grafica del Perry el factor de potencia:

$$c = 0.00005$$

Y sustituyendo valores tenemos:

$$P = (0.00005)(6.5)^2 (56.3)(0.6)^2 \times (8)^3 (0.93)^{0.5} (8)^{0.5}$$

$$P = (0.00005)(275)(56.3) \times (0.25)(9.8) = (0.98)(3.47)$$

$$P = 6.5 \text{ h. p.}; P = 6.5(1.5) = 9.8 \text{ h. p.}$$

Cabe advertir que el valor calculado de la potencia absorbida, aparentemente es alto, de manera que este cálculo se puede tomar tan sólo como una estimación, ya que en la práctica se pone un motor y se mide la potencia necesaria para poner el motor adecuado.

### *Cálculo del serpentín de calentamiento:*

Para calcular el serpentín de calentamiento tomaré en cuenta los siguientes puntos: 1) Considerare que la resistencia térmica de la película de vapor y la resistencia de la pared metálica son muy pequeñas para tomarlas en cuenta, y la única resistencia que tomaré en cuenta es la de la película de aceite. 2) Calcularé el serpentín tomando en cuenta el tiempo de calentamiento en el ensayo de blanqueo, que fué de 140 min. 3) Como

el coeficiente de película del aceite aumenta con la temperatura, calcule el área de calentamiento mediante una integral gráfica.

El área de calentamiento es igual a:

$$A = \frac{W/O}{C} \int_{t_1}^{t_2} C dt / U(T-t)$$

En donde:

A es el área de calentamiento sqft

W es la masa de aceite agitado lb

O es el tiempo de calentamiento hr.

C es el calor específico Btu/lb(°F)

U es el coeficiente total de transmisión térmica en Btu/(hr)(sqft)(°F)

T es la temperatura del vapor

t es la temperatura del aceite

Para el calentamiento usaremos vapor saturado a 75 psia, el que tiene una temperatura de 307°F y un calor latente de 904.5 Btu/lb. El aceite lo vamos a calentar de 40°C a 105°C. Y para cada 10°C calcularé un coeficiente de película del aceite.

Para calcular el coeficiente de película del aceite usaré la siguiente

fórmula:

$$U = h = 0.87k/D(L^2Nr/m)^{0.42} (Cm/k)^{0.72} (m/m_0)^{0.11}$$

En la tabla siguiente calcularé el coeficiente de película para cada 10 grados centígrados.  $0.87k/D = 0.87(0.071)/(8) = 0.0078$

Temperatura		$(L^2Nr/m)^{0.42}$	$(Cm/k)^{0.72}$	$(m/m_0)^{0.11}$	U
°C	°F				
40	104	1260	7.2	1.4	99
50	122	1550	6.5	1.34	105
60	140	1800	5.8	1.28	107
70	158	2150	5.3	1.25	111
80	176	2300	5.0	1.21	114
90	194	2800	4.6	1.18	118
100	212	3400	4.1	1.10	121
105	221	4100	3.7	1.08	127



Calculamos el valor de la ordenada de la integral C/U(T-t)

Temperatura		T-t	U(T-t)	C/U(T-t)
°C	°F			
40	104	203	20,100	0.000025
50	122	175	18,500	0.000027
60	140	167	17,800	0.000028
70	158	149	16,500	0.000030
80	176	131	14,900	0.000033
90	194	113	13,300	0.000037
100	212	95	11,500	0.000043
105	221	86	10,800	0.000046

Integramos graficamente por el método de los trapecios hasta 100°C ya que son intervalos iguales de 18°F, y luego le añadimos la pequeña fracción de 100 a 105°C.

$$\text{Integral} = 18(0.0000125 + 0.000027 + 0.000028 + 0.000030 + 0.000037 + 0.0000215) + 9(0.0000445)$$

$$\text{Integral} = 18(0.000156) + 0.0004 = 0.00322$$

Y el área de calentamiento es igual a:

$$A = 22,000(0.00322) / 2.34 = 30.0 \text{ sqft}$$

Y considerando un factor de seguridad de 20% en el área de calentamiento tenemos:  $A = 30.0(1.2) = 36.0 \text{ sqft}$

El área de calentamiento de 36 sqft equivale a una longitud de tubo de cobre de 2" No. 12 BWG de:

$$L = 36.0 / 0.5233 = 68.5 \text{ ft}$$

Consumo de vapor en el calentamiento: Consideramos que nomás empleamos el calor latente del vapor y considero el consumo durante el tiempo de elevación de la temperatura, teniendo en cuenta que es despreciable la pérdida por radiación.

$$904 \text{ V} = 22,000(0.5)(117)$$

$$\text{V} = 22,000(0.5)(117) / 904 = 1,420 \text{ lb de vapor.}$$

#### *Filtración del aceite:*

En el ensayo de blanqueo se comprobó que un filtro con las características que a continuación menciono era adecuado al proceso que estoy tratando.

Presión de la bomba de alimentación 14.2 psig al comenzar la filtración, y 28.4 psig al terminar, y una presión de operación promedio se puede tomar como 21.5 psig. Para la filtración se usan dos bombas rotativas de engranes cada una de 5 H. P.

Area de filtración 191.4 sqft

Tamaño de los marcos 18"x18" y 1.5" de espesor.

Número de marcos usados 44

Rapidez de filtración 0.22 Kg/min(sqft)

42 Kg/min $\approx$ 2,500 Kg/hr

## CAPITULO V

### ALGUNAS CONSIDERACIONES ECONOMICAS Y CONCLUSIONES

Para comenzar el presente capítulo es necesario aclarar la posición que tendría el departamento de refinación y blanqueo de aceite de coco como parte de una industria extractora de aceite de coco. Para calcular los costos de las operaciones de refinación y blanqueo de aceite de coco, únicamente pasare a considerar los gastos directos del proceso y voy a hacer a un lado los gastos indirectos que tiene dicho proceso. Así como gastos indirectos considero, el almacenamiento, bombeo y pesado del aceite y gastos administrativos. También vale aclarar que la refinación y el blanqueo de aceite de coco tienen que hacerse precisamente por la planta extractora, ya que si no lo hace esta sería un negocio incosteable. Considero que dichas operaciones, de refinación y blanqueo, se hacen en una planta que tiene todos los servicios de energía eléctrica, vapor, agua, tanque báscula y tanques de almacenamiento, laboratorio y supervisión técnica.

1) Cálculo del costo de la operación de Refinación del aceite de coco

#### *Estimación del costo del equipo:*

El equipo que a continuación presento es el necesario para efectuar la operación de refinación del aceite, considerando que el aceite se encuentra pesado en la pila y el almacenamiento y pesado del aceite refinado están fuera del proceso.

Sistema de tres tanques pequeños de hierro para la alimentación de sosa y síncato de sodio y mezclado de estos, incluyendo válvulas y un agitador pequeño. Los tanques tienen una capacidad de 1000 litros, 500 litros y 500 litros, el agitador es de propela que gira a alta velocidad con motor de 1.2 H.P.

Equipo	Costo estimado del equipo instalado en \$ M/N
Sistema de alimentación de sosa	\$ 10,000.00
Paila	18,000.00
Agitador, reductor y motor	3,000.00
Serpentín, trampa y válvulas	3,000.00
50% del costo del filtro y accesorios	4,000.00
	<hr/>
Total	\$ 38,000.00

En el equipo cargamos el 50% del costo del filtro prensa y dos bombas rotativas de engranes para la alimentación en el bombeo del aceite filtrado, ya que este equipo se usa en la refinación y blanqueo del aceite. El costo del filtro prensa se estimó en \$ 6,000.00 y en \$ 2000.00 el costo de las dos bombas.

*Gastos fijos:*

Calculamos la anualidad por concepto de amortización e interés:

$$a = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

En donde a, representa la anualidad en % anual sobre el capital

i, el interés anual

O, tiempo de vida del equipo

En la fórmula anterior sustituimos los siguientes valores:

$i = 8.0\%$  anual

$O = 10$  años

$a = 0.08(1.08)^{10} / (1.08)^{10} - 1 = 0.155$

Y tenemos los siguientes gastos fijos:

Concepto	%anual
Amortización-interés	15.5
Seguro	1.5
Impuesto	3.3
	<hr/>
	20.3%

Es decir, anualmente tenemos que pagar el 20.3% sobre \$ 38,000.00 igual a \$ 7,700 anuales por concepto de gastos fijos.

*Producción:*

Para refinar 10,000 Kg de aceite necesitamos 18.3 hr. En un año de 300 días de operación podemos efectuar  $(300)(24)/18.3 = 394$  ciclos de refinación por año. Y podemos refinar 3,940.000 Kg de aceite crudo.

### Gastos de operación:

Vapor: El costo de 1 lb de vapor es de \$ 0.004. Y en un ciclo de refinación consumimos 270 lb de vapor, y tenemos que gastar  $270(0.004) = \$ 1.08$  por ciclo de refinación.

Energía eléctrica: Tenemos como datos los tiempos de agitación y el tiempo de filtración, y el costo de 1 Kw-hr de \$ 0.04.

	Tiempo	Potencia	Kw-hr	Costo/ciclo
Agitación	2.8 hr.	15 H.P.	34	\$ 1.36
Filtración	3.4 ..	10.0 ..	25.2	1.01
				<hr/>
				\$ 2.37

Por concepto de energía eléctrica tenemos que gastar \$ 2.37 por ciclo de refinación.

### Gastos de mantenimiento

Estimados como \$ 2.00 por ciclo de refinación.

Gastos en trabajo, control, supervisión, etc. En un ciclo de refinación necesitamos el trabajo de un hombre, y lo estimamos en \$ 8.00 y además por concepto de control y supervisión, etc. cargamos \$ 5.00 por ciclo. En resumen los gastos de operación por ciclo de refinación son:

Concepto	Gastos por ciclo
Vapor	\$ 1.08
Energía Eléctrica	2.37
Mantenimiento	2.00
Trabajo	13.00
	<hr/>
	\$ 18.45

Gastos de operación anuales  $(394)(18.45) = \$ 7,300.00$

Y según la producción, tenemos que cargar los siguientes valores a un kilo de aceite refinado por concepto de gastos fijos y gastos de operación.

Capacidad de la paila	Ciclos de refinación	Producción anual	Cargos a 1 Kg. de aceite
100%	394	3,940,000	\$ 0.0038
75	296	2,960,000	0.0044

50	197	1,970,000	0.0057
25	93	930,000	0.0103

Para calcular el costo del aceite refinado, tendremos en cuenta el costo de las materias primas, de la pérdida por refinación y el costo del subproducto de la refinación soap stock. Para calcular esto vamos a suponer que en el mercado rigen los siguientes precios: aceite de coco crudo \$ 3.50 el Kg., soap stock \$ 0.70 el Kg., lejía de 20°Bé a \$ 0.15 el Kg., silicato de sodio de 40°Bé a \$ 0.35 el Kg. y sal de mesa a \$ 0.17 el Kg.

Calcularé el costo de 1 Kg. de aceite refinado, tomando los datos de los aceites crudos refinados en el laboratorio, teniendo en cuenta la pérdida por refinación obtenida en el laboratorio y que la cantidad de sal y silicato de sodio se calculan como el 0.1% y 0.5% respectivamente.

Tomando en cuenta una capacidad de producción de 100% el costo de 1 Kg. de aceite refinado es igual a \$ 3.50 + \$ 0.0038 + costo de la pérdida por refinación + costo lejía + costo silicato o costo sal - costo de soap stock. Así refinado con sal tenemos:

Acido graso	Pérdida	Costo de la pérdida	Costo lejía y sal	Peso de Soap Stock	Costo Soap Stock	Costo 1 Kg. de refinado
0.8	0.067	\$ 0.234	\$ 0.00217	0.0808	\$ 0.0565	\$ 3.6836
1.2	0.081	0.285	0.00282	0.0991	0.0695	3.7206
2.3	0.093	0.325	0.00465	0.1232	0.0862	3.7472
3.2	0.115	0.402	0.00615	0.1551	0.1055	3.8036
4.1	0.132	0.462	0.00715	0.1800	0.1260	3.8469
5.5	0.166	0.581	0.00985	0.2300	0.1610	3.9336
6.2	0.193	0.675	0.01105	0.2660	0.1860	4.0038
7.4	0.224	0.784	0.01295	0.3100	0.2170	4.0846
8.1	0.267	0.934	0.01415	0.3610	0.2520	4.1999
9.3	0.329	1.150	0.01655	0.4370	0.3060	4.3641

Y refinando con silicato tenemos:

Acido graso	Pérdida	Costo de la pérdida	Costo lejía y silicato	Peso de Soap Stock	Costo Soap Stock	Costo 1 Kg. de refinado
0.8	0.064	\$ 0.224	\$ 0.00307	0.0778	\$ 0.0544	\$ 3.6774
1.2	0.079	0.276	0.00372	0.0971	0.0680	3.7155
2.3	0.107	0.375	0.00455	0.1372	0.0960	3.7873

3.2	0.108	0.378	0.00605	0.1481	0.1040	3.7838
4.1	0.130	0.455	0.00805	0.1800	0.1260	3.8408
5.5	0.158	0.552	0.01075	0.2235	0.1560	3.9105
6.2	0.181	0.635	0.01195	0.2540	0.1780	3.9726
7.4	0.210	0.738	0.01385	0.2963	0.2030	4.0526
8.1	0.243	0.851	0.01505	0.3370	0.2360	4.1334
9.3	0.301	1.050	0.01725	0.4070	0.2870	4.2849

## 2) Cálculo del costo de la operación de blanqueo:

Estimación del costo del equipo: el equipo que a continuación menciono es el necesario para efectuar la operación de blanqueo, considerando que el aceite crudo pesado está en la paila, y no considero el costo del almacenamiento del aceite blanqueado.

Equipo	Costo estimado del equipo instalado en M/N
Paila	\$ 18,000.00
Agitador reductor y motor	2,500.00
Serpentín, trampa y válvulas	2,500.00
50% del costo del filtro y accesorios	4,000.00
	<hr/>
	\$ 27,000.00

### Gastos fijos:

Habíamos calculado que se debe cargar el 20.3% sobre el capital, por concepto de amortización interés, seguro e impuesto. Es decir, anualmente debemos de pagar  $(27,000)(20.3) = \$ 5,500.00$ .

### Producción anual:

Para blanquear 10,000 Kg de aceite necesitamos 5.9 hr. En un año de 500 días de operación podemos efectuar  $(300)(24)/8.9 = 810$  ciclos de blanqueo por año. Y podemos blanquear 8,100,000 Kg. de aceite.

### Gastos de operación:

Vapor: En un ciclo de blanqueo necesitamos 1,420 lb de vapor, las que a \$ 0.004 la lb. nos cuestan  $(1,420)(0.004) = \$ 5.70$  por ciclo de blanqueo

### Energía Eléctrica:

	Potencia	Tiempo	KW-hr	Costo, ciclo
Agitación	9.5 H.P.	3.6 hr	27.5	\$ 1.10

Recirculación	10	..	0.75	5.5	0.22
Filtración	10	..	3.9	27.8	1.12
					<u>\$ 2.44</u>

Por concepto de energía eléctrica gastamos \$ 2.44 por ciclo de blanqueo.

*Gastos de mantenimiento:*

Estimamos que por ciclo de blanqueo debemos de cargar \$ 1.50 por concepto de reparaciones.

*Gastos en trabajo:*

En un ciclo de blanqueo estimamos que debemos de pagar \$ 8.00 por el trabajo de un hombre y cargamos \$ 5.00 por concepto de control y supervisión técnica.

Un resumen de los gastos de operación por ciclo de blanqueo sería el siguiente:

Concepto	Gastos por ciclo
Vapor	\$ 5.70
Energía eléctrica	2.44
Mantenimiento	1.50
Trabajo	13.00
	<u>\$ 22.64</u>

Y según la producción, tenemos que cargar los siguientes valores a un kilo de aceite blanqueado por concepto de gastos fijos y gastos de operación.

Capacidad de la paila	Ciclos de blanqueo anuales	Producción anual	Cargos a 1 Kg. de aceite
100%	810	8,100.000	\$ 0.0028
75%	607	6,070.000	0.0031
50%	405	4,050.000	0.0036
25%	202	2,020.000	0.0049

*Materias primas:*

En las materias primas se considera el costo de la tierra de blanqueo, la pérdida por blanqueo y el valor que tiene la tierra usada. Para calcular la pérdida por blanqueo, generalmente se considera que la pérdida es igual a la



cantidad de tierra empleada, es decir se toma como base que la tierra del filtro tiene un contenido de grasa de 50%.

Vamos a suponer que blanqueamos un aceite crudo con 0.5% de una tierra que vale \$ 1.40 el Kg., un kilogramo de aceite sin blanquear vale \$ 3.50 y un Kg. de tierra usada de blanqueo usada vale \$ 0.30.

En un Kg. de aceite blanqueado tenemos: 0.005 Kg. de tierra con un costo de \$ 0.007, 0.005 Kg. de pérdida de aceite por blanqueo con un costo de \$ 0.0175, y se producen 0.01 Kg. de tierra usada con un costo de \$ 0.003. Y en estas condiciones un kilogramo de aceite blanqueado nos cuesta \$  $3.50 + 0.007 + 0.175 - 0.003$  + gastos de operación y gastos fijos. Así trabajando la paila de blanqueo a diferentes porcentos de su capacidad tenemos los siguientes costos:

Capacidad	Costo de 1 Kg. de aceite blanqueado
100%	\$ 3.5243
75%	3.5246
50%	3.5251
25%	3.5264

## CONCLUSIONES

### REFINACION:

- 1) El costo del aceite refinado depende del ácido graso libre y de la pérdida por refinación, y casi no influyen los costos de operación y gastos fijos.
- 2) El costo del aceite refinado con silicato de sodio generalmente es un poco menor que el costo del aceite refinado con sal.
- 3) Es costoso refinar únicamente aquellos aceites que tienen un ácido graso libre pequeño.

### BLANQUEO:

- 4) El costo de blanqueo del aceite de coco depende de la calidad de la tierra usada y del color del aceite blanqueado que se desea obtener.
- 5) Para bajar el color del aceite la operación que cuesta menos es el blanqueo. Y el costo del blanqueo es muy pequeño comparado con el costo de la refinación.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) A. E. Bailey. Industrial Oils and Fat Products. Interscience Publishers Inc. (1945).
- 2) Jamieson. Vegetable Oils and Fats. 2ndEd. Reinhold Publishing Corp. (1943).
- 3) Wesson. J. Oil & Fat Ind., 5, 297-305 (1926).
- 4) Perry. Chemical Engineers Handbook. 3a. Ed. McGraw-Hill Book Co. New York. (1950).
- 5) The Solvent Extraction Of Oilseed. Georgia Institute of Technology. Circular No. 28. (1950).
- 6) D. E. Mack and V. W. Uhl. Mass and Heat Transfer In Agitator Systems. Chem. Eng. Vol. 54. No. 10, pág. 116. (1947).

