



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

ANÁLISIS Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN EN UNA INDUSTRIA DE ACEITE DE SOYA

Erick Rolando Rodríguez Guoz

Asesorado por el Ing. Ronal Adolfo Herrera Orozco

Guatemala, septiembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE
PRODUCCIÓN
EN UNA INDUSTRIA DE ACEITE DE SOYA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ERICK ROLANDO RODRIGUEZ GUOZ

ASESORADO POR EL ING. RONAL ADOLFO HERRERA OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. Antonio Cambara Godoy
EXAMINADOR	Nery Orlando Olivares Espinoza
SECRETARIO	Ing. Francisco González López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN EN UNA INDUSTRIA DE ACEITE DE SOYA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 26 de agosto de 2005.



Erick Rolando Rodríguez Guoz

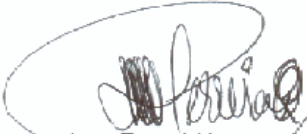
Guatemala, mayo de 2007

Ing.
José Francisco Gómez Rivera
Director Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC.

Ingeniero Gómez:

Por este medio se hace constar que tuve a bien revisar el trabajo de Graduación titulado “**ANÁLISIS Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN EN UNA INDUSTRIA DE ACEITE DE SOYA**” del estudiante universitario **ERICK ROLANDO RODRIGUEZ GUOZ**, con carné No 61417 y habiéndole hecho las correcciones pertinentes, me permito autorizar el mismo.

Atentamente,


Ing. Ronal Herrera
Colegiado No 781
Asesor
COMITÉ COLGADO DE INGENIEROS
INGENIERO CALIFICADO
COL 781

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS Y REDUCCIÓN DE PERDIDAS DE PRODUCCIÓN EN UNA INDUSTRIA DE ACEITE DE SOYA**, presentado por el estudiante universitario **Erick Rolando Rodríguez Guoz**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

Y ENSEÑAR A TODOS

Una firma manuscrita que parece decir 'Roberto Valle González', escrita en tinta negra sobre un fondo blanco.

Ing. Roberto Valle González
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2007.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN EN UNA INDUSTRIA DE ACEITE DE SOYA**, presentado por el estudiante universitario **Erick Rolando Rodríguez Guoz**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera

DIRECTOR

Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2007.



/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN EN UNA INDUSTRIA DE ACEITE DE SOYA**, presentado por el estudiante universitario **Erick Rolando Rodríguez Guoz**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Rosales

DECANO



Guatemala, septiembre de 2007.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Mis padres** Juan Antonio (QDP) y Amanda de Rodríguez, por su apoyo y extraordinario ejemplo de honestidad y trabajo.
- Mis hijos** Alejandra, Antonio, Ricardo y Derick, por el amor que siento por ellos y para ser ejemplo de ellos.
- Mis hermanos** Sergio, Lorena y Marco Antonio, por toda la motivación brindada para culminar con éxito esta etapa de mi vida.
- En especial** A Karina Méndez, por su amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser mi guía espiritual, aun en los momentos más difíciles.
Mis padres	Por los valores y principios inculcados.
Mi familia	Por su apoyo incondicional.
La Facultad de Ingeniería	Por todos los conocimientos transmitidos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. INDUSTRIA DEL ACEITE EN GUATEMALA.....	1
1.1 Concepto.....	1
1.2 Origen.....	4
1.2.1 Procesamiento del grano.....	4
1.2.2 Beneficios de la soya.....	6
1.3 Evolución.....	7
1.4 Crecimiento.....	8
1.5 Funciones de la calidad alimenticia de la soya.....	13
1.5.1 Anatomía del grano.....	14
1.5.2 Calidad del aceite crudo	15
2. LA PRODUCTIVIDAD.....	17
2.1 Diagnóstico.....	17
2.1.1 Refinación del aceite de soya.....	18
2.2 Evaluación.....	21
2.2.1 Refinación física del aceite de soya.....	21

2.2.2 Sabor del aceite de soya.....	23
2.3 Factores que afectan la productividad.....	24
2.4 Procedimiento de la producción de aceite.....	26
2.4.1 Refinación de los aceites de soya.....	26
2.4.2 Refinación química.....	31
3. MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN.....	35
3.1 Proceso de neutralización.....	36
3.2 Proceso de blanqueo.....	39
3.2.1 Eliminación de la clorofila.....	44
3.3 Proceso de desodorización.....	48
3.4 Proceso de remoción de hierro.....	52
3.5 Análisis de pérdidas en los procesos.....	53
3.6 Análisis de costos sobre pérdidas.....	58
4. MODELO A IMPLEMENTAR.....	63
4.1 Diagramas del proceso.....	63
4.1.1 Diagramas de flujo de la neutralización del aceite de soya.....	64
4.1.2 Diagrama de flujo del blanqueo del aceite de soya.....	66
4.1.3 Diagrama de flujo de desodorización del aceite de soya.....	68
4.2 Distribución de maquinaria existente.....	70
4.2.1 Distribución de maquinaria del proceso de neutralización.....	70
4.2.2 Distribución de maquinaria del proceso de blanqueo.....	71
4.2.3 Diagrama de maquinaria del proceso de desodorización.....	72
4.3 Diagramas de recorrido.....	73
4.3.1 Diagramas de recorrido del proceso de neutralización.....	73
4.3.2 Diagrama de recorrido del proceso de blanqueo.....	74
4.3.3 Diagrama de recorrido del proceso de desodorización.....	75

4.4 Diagramas del proceso mejorado.....	76
4.4.1 Diagrama de flujo propuesto de neutralización.....	76
4.4.2 Diagrama de flujo propuesto de blanqueo.....	78
4.5 Diagramas de maquinaria mejorado.....	80
4.5.1 Diagrama de maquinaria propuesto para el proceso de neutralización.....	80
4.5.2 Diagrama de maquinaria propuesto para el proceso de blanqueo.....	81
4.6 Diagramas de recorrido mejorado.....	82
4.6.1 Diagrama de recorrido propuesto para el proceso de neutralización.....	82
4.6.2 Diagrama de recorrido propuesto para el proceso de blanqueo.....	83
4.7 Análisis de costos sobre modelo a implementar.....	84
5. VIDA UTIL DEL PROYECTO.....	87
5.1 Análisis periódico de productividad.....	87
5.2 Análisis de parámetros de calidad.....	87
5.2.1 Factores de calidad del aceite crudo de soya.....	88
5.3 Análisis de costos sobre perdidas.....	89
5.4 Programación sobre resultados de producción (pronósticos).....	94
CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Gráfica de procesamiento de granos de soya.....	5
2. Gráfica de producción y exportación de aceites.....	9
3. Gráfica de producción mundial de aceites y grasas.....	9
4. Composición del fríjol de soya.....	14
5. Eliminación de fósforo.....	20
6. Proceso de refinación química y refinación física.....	27
7. Gráfica de fabricación de productos de aceite de soya comestible.....	33
8. Gráfica de refinación total del aceite de soya.....	35
9. Gráfica del proceso de neutralización.....	38
10. Diferencia de aceites por eliminación de clorofila.....	45
11. Gráfica del proceso de blanqueo.....	46
12. Grano de tierra de blanqueo.....	47
13. Gráfica de eliminación de hierro.....	52
14. Gráfica de concentraciones metálicas.....	59
15. Gráfica del aceite neutro y costo de blanqueado de aceite No 1.....	60
16. Gráfica del aceite neutro y costo de blanqueado de aceite No	61
17. Gráfica de costo de blanqueado.....	62
18. Diagrama de flujo de neutralización del aceite de soya (actual).....	64
19. Resumen del diagrama de flujo de neutralización (actual).....	65
20. Diagrama de flujo del blanqueo del aceite de soya (actual).....	66
21. Resumen del diagrama de flujo del blanqueo (actual).....	67
22. Diagrama de flujo de desodorización del aceite de soya (actual).....	68
23. Resumen del diagrama de flujo de desodorización (actual).....	69
24. Distribución de maquinaria del proceso de neutralización (actual).....	70

25. Distribución de maquinaria del proceso de blanqueo (actual).....	71
26. Distribución de maquinaria del proceso de desodorización.....	72
27. Diagrama de recorrido del proceso de neutralización (actual).....	73
28. Diagrama de recorrido del proceso de blanqueo (actual).....	74
29. Diagrama de recorrido del proceso de desodorización (actual).....	75
30. Diagrama de flujo del proceso de neutralización (propuesto).....	76
31. Resumen del diagrama de flujo del proceso de neutralización (propuesto).....	77
32. Diagrama de flujo del proceso de blanqueo (propuesto).....	78
33. Resumen del diagrama de flujo del proceso de blanqueo (propuesto).....	79
34. Diagrama de maquinaria para el proceso de neutralización (propuesto).....	80
35. Diagrama de maquinaria para el proceso blanqueo (propuesto).....	81
36. Diagrama de recorrido para el proceso de neutralización (propuesto).....	82
37. Diagrama de recorrido para el proceso de blanqueo.....	83
38. Gráfica de punto de equilibrio.....	86

TABLAS

I	Costo estimado de producción de cultivo de soya.....	11
II	Producción nacional de soya del 2003 al 2005.....	12
III	Margen típico de impurezas solubles en el aceite de soya crudo.....	16
IV	Secuencia para eliminar impurezas liposolubles.....	22
V	Composición de ácidos grasos del aceite de soya.....	24
VI	Condiciones de operación para la refinación álcali continua.....	39
VII	Características críticas de tierras de blanqueo.....	41
VIII	Pruebas de blanqueo en planta.....	42
IX	Condiciones de la desodorización comercial	50
X	Pesos moleculares de diversos aceites.....	56
XI	Normalidad equivalente a grados Baume (° BE).....	56
XII	Resultados del proyecto.....	86

GLOSARIO

Aceite	Es un compuesto orgánico producido por las plantas. Es un comestible natural o procesado, normalmente líquido, bajo condiciones climáticas o de almacenaje existentes.
Aceite crudo de soya	Llamado en ocasiones aceite crudo de semilla de soya; aceite no refinado producido por cualquiera de los procedimientos descritos para la extracción del aceite de los frijoles de soya. Se acostumbra filtrar el aceite y/o permitir que se asiente después de haber sido procesado a partir de las semillas.
Aceite desengomado	En ocasiones llamado aceite de soya crudo desgomado. Producto que resulta del lavado del aceite crudo de soya, con agua y/o vapor u otro agente para desgomar, durante un periodo de tiempo y después de separar la mezcla de aceite y agua, generalmente mediante el centrifugado para remover los fosfatos. No deberá contener más de un 0.02 de fósforo, sin que incida en el precio.

**Aceite refinado de
soya comestible**

Aceite crudo de soya o desengomado que ha sido sujeto a procesos especiales de refinación para adaptarlo al uso específico de productos alimenticios. Además de ser tratados con álcalis blanqueados e hidrogenizados parcialmente, los aceites también pueden ser winterizados. Estos aceites son clasificados también como aceites para ensaladas, cocina o manteca.

**Aceite de soya prensado
en frío**

Aceite de soya producido a partir de semillas de frijol de soya amarillas íntegra, maduras y limpias; mediante un procesamiento mecánico sin la aplicación de calor y que luego son filtradas.

**Ácidos grasos libres
(AGL)**

Los ácidos grasos ligados a los monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos pueden liberarse bajo ciertas condiciones, tales ácidos son denominados ácidos grasos libres. La cantidad de ácidos grasos libres en el aceite se mide mediante la reacción o filtración de un aceite con un álcali en una solución de alcohol.

Aceite de soya totalmente refinado	Es el aceite comestible producido a partir de un aceite crudo de soya o desgomado, que ha sido tratado con una solución diluida de álcali o por neutralización; un aceite tratado con tierras absorbentes y sujeto a una destilación con vapor, a temperaturas altas al vacío. Dicho aceite también podría ser producido por un proceso de refinación física que consiste en el blanqueado, desgomado y neutralizado mediante el paso final del desodorizado.
Aislado de soya	Proteína que ha sido concentrada en gran medida y removida de su sitio original por medios químicos y mecánicos. Se produce, generalmente, al extraer proteína de las hojuelas o harinas blancas con agua o un álcali ligero. Los aislados tienen un contenido proteínico de por lo menos el 90%.
ACS	Aceite crudo de soya.
AGL	Ácidos grasos libres.
ASA	Asociación americana de la soya.
Colesterol	Es clasificado como un esteroide. El colesterol es un importante compuesto soluble a las grasas, que se halla en las células animales. Pero se

encuentra en cantidades pequeñas en las plantas. La presencia de esta sustancia es importante para los procesos fisiológicos.

Desodorización

La desodorización es generalmente el último paso en el procesamiento tradicional de las grasas y aceites. En este proceso se elimina del aceite los rastros de elementos relativamente volátiles, que contribuyen al olor, sabor y color. Éstos son en su mayoría quejones aldehídos, alcoholes y ácidos grasos libres.

Extracción por lote, carga o discontinua

La extracción de aceites por medio de solventes, que se lleva a cabo en tanques de determinada capacidad donde el proceso no es continuo. Este proceso es peligroso por la carga y descarga de hexano.

Germinado de soya

Frijol entero de soya que se ha germinado hasta seis días.

Leche de soya

Líquido lechoso de valor nutritivo semejante a la leche de vaca, rico en proteínas que se obtiene típicamente al remojar y moler los frijoles de soya enteros con agua o al hidratar la harina de soya integral *full-fat*, cocinando la lechada y filtrando toda la pulpa de soya o fibra de líquido cocido. Los sistemas modernos para la producción de leche pueden variar en técnica.

OSI	<i>Oil Insoluble Impurities</i> , impurezas solubles de aceite.
Prueba frío	Es una prueba que determina hasta que grado se han eliminado las porciones de punto de fusión alto, durante el procesamiento para producir aceite para ensalada o winterizado. Durante esta prueba, se mantiene el aceite en baño de agua (32° C) y el tiempo que se requiere para la primera aparición de enturbamiento se reporta como horas de prueba fría. Una prueba fría dura solo unas horas para que un aceite se separe en porciones líquidas y sólidas, a temperaturas bajas de almacenamiento de soya, tal como es requerido por los estándares comerciales. El aceite crudo de soya es una mezcla de triglicéridos compuesto de ácidos grasos insaturados y ácidos grasos saturados.
Refinación	Proceso diseñado para eliminar, de manera sustancial, los ácidos grasos libres y otras impurezas, como los fosfátidos y las sustancias proteinacidas y mucilaginosas. La presencia de esta materia podría interferir con el procesamiento subsiguiente como hidrogenación y desodorización, y podría contribuir a obtener un sabor y una apariencia deseable en el producto terminado.

RBD	Aceite refinado, blanqueado y desodorizado.
Refinación cáustica	Proceso de neutralización llamado también de acidificación o refinación física o por vapor, dependiendo del proceso utilizado. En Estados Unidos, una refinación cáustica significa el tratamiento de un aceite o grasa con una solución de álcali acuoso, e incluye el lavado con agua. Entre los sistemas de refinación cáustica están el <i>long-mix</i> y el <i>short-mix</i> .
Tierras ácidas	Las tierras ácidas son bentonitas que han sido tratadas con ácido clorhídrico o sulfúrico, para mejorar su capacidad; con el fin de absorber el color y otros componentes indeseables en el proceso de blanqueo.
Tierra activada	Tierra para blanqueo que se ha tratado con ácido, para incrementar su capacidad de absorción del pigmento del aceite.
Tierra de blanqueo	Tierras o arcillas especiales que al ser agregados en una proporción de aproximadamente un 1% a un aceite caliente, tiene la capacidad de absorber los pigmentos indeseables.

Torta de soya

Producto de soya que queda después de la extracción, de parte o todo el aceite de los frijoles de soya, mediante presión o disolventes. Vendido de acuerdo por su contenido proteínico y es descrito por su proceso de fabricación.

Winterizado

Remueve los sólidos de alta fusión de origen natural o los sólidos de alta fusión, que se forman durante la hidrogenación parcial del aceite. Se lleva a cabo al mantenerlo a una temperatura reducida, en tanto que ocurre la cristalización de las grasas sólidas. La porción sólida se saca filtrándola y deja un aceite que tiene mayor resistencia a la cristalización o granulación a temperaturas bajas. La temperatura a la cual se enfría el aceite, durante este proceso, varía dependiendo de los usos que se desee dar al producto terminado. Un aceite para ensalada puede ser winterizado a 40° F, lo cual permite mantenerse transparente y líquido a temperaturas de refrigeración. Una manteca líquida para freír de alta calidad puede producirse mediante el winterizado a temperaturas ligeramente más altas. Éste producto se mantendrá líquido a temperaturas ambiente.

RESUMEN

En los medios de comunicación social, frecuentemente se dan a conocer los éxitos obtenidos por diferentes empresas mercantiles, especialmente las que pertenecen al sector industrial. Una de las razones que me llevaron a desarrollar el presente trabajo de graduación, es conocer los diferentes métodos que aplican dichas empresas, en cuanto a la programación de sus niveles de producción, especialmente en una industria de aceite y conocer los diferentes procesos o ciclos de operaciones que se encuentran en funcionamiento y si los mismos son efectivos a corto, mediano o largo plazo.

Por otra parte, la importancia del papel que desempeña el ingeniero industrial, al momento de implementar algunas técnicas o métodos de efectividad de la producción, requieren que dicho profesional tenga los conocimientos técnicos y prácticos adquiridos en su formación académica, mismos que se complementan al prestar sus servicios profesionales en una empresa industrial.

La implementación de los nuevos métodos adaptados en una industria de aceite en Guatemala, requiere de una planificación estratégica, además de una inversión económica y, sobre todo, del conocimiento de los instrumentos para el control de la producción, por parte del ingeniero industrial para lograr el éxito propuesto de acuerdo a los fines establecidos en la planeación estratégica de la empresa a la cual presta sus servicios.

Dichos resultados obtenidos de la propuesta de este trabajo nos indican un crecimiento del 8.33% en la producción y un incremento de un 4.59% en la utilidad así como un incremento del 13.49% de los beneficios netos sobre la producción diaria de la empresa.

Si tomamos los anteriores resultados podemos afirmar que los cambios propuestos se deben de hacer inmediatamente, para lograr dichos objetivos y así incrementar la producción y ganancias netas a partir de dichos cambios.

OBJETIVOS

GENERAL

Elevar el nivel técnico de las industrias de producción, a través de mecanismos adecuados, capaces de generar eficiencia y productividad a la empresa. Igualmente proporcionar técnicas de control estadístico de calidad, que permitan minimizar las pérdidas de producción, así como el diseño de formatos que controlen la calidad del producto.

ESPECÍFICOS

1. Plantear un seguimiento lógico de todas las etapas que conforman el proceso, con el propósito de optimizar los recursos que intervienen en la producción.
2. Manifiestar la importancia de los mandos medios como elemento que contribuye al mejor funcionamiento de la empresa, toda vez que estos actúan como interlocutores entre el nivel operativo y el nivel directivo de la empresa.
3. Revisar los datos estadísticos, en cuanto al nivel de producción de aceite, de forma mensual, semestral y anual; esto, con el objeto de evaluar los índices de producción en diferentes meses del año.
4. Conocer los estándares del mercado guatemalteco, con relación al consumo de aceite y evaluar el nivel de producción para establecer si los mecanismos aplicados están acorde al nivel de programación de la empresa.

5. La finalidad esencial, de desarrollar un trabajo de campo en la presente investigación, es para plantear a futuro, la reducción de perdidas en la producción de aceite.

6. Establecer, mediante el apoyo de la estadística y pronósticos de los últimos dos años, cuales han sido los mecanismos y factores que han incidido o limitado la productividad.

7. Determinar si es necesaria la capacitación permanente del personal del departamento de producción, con la finalidad de adaptarlos a las tendencias modernas, en cuanto a maquinaria, para una mejor efectividad de la producción de aceite.

INTRODUCCION

El sector industrial en Guatemala se caracteriza por ser muy eficiente, desde el punto de vista de su organización mercantil, su desarrollo gerencial y, sobre todo, en lo que respecta a la administración de personal; ya que usa diferentes técnicas de control de personal, asegurando así su eficiencia a nivel comercial y, sobre todo, generando empleo y estabilidad a sus trabajadores.

Los diferentes métodos utilizados por las industrias de aceite en Guatemala, requieren de una efectiva programación, buscando de esta manera ser efectivos para mantener la producción de los mismos a un nivel óptimo de calidad y llenar las expectativas de consumo de los usuarios que, en nuestro medio tienen gran demanda en el sector alimentario.

Los diferentes métodos puestos en práctica en la industria del aceite, requieren de una programación, donde se incluye un diagrama del proceso de operaciones desarrolladas en la misma, así como un diagrama de recorrido y, sobre todo, un re-acondicionamiento de las instalaciones de la empresa cuando fueren necesarios, con la finalidad de un mayor rendimiento.

La importancia del conocimiento y evaluación periódica de los métodos empleados en una industria de aceite, requieren del conocimiento de las diferentes técnicas e instrumentos para el control de la producción, mismo que es encomendado a un profesional de la ingeniería, quien asume la responsabilidad del éxito de la empresa mercantil, que desarrolla la actividad comercial en el área de producción de aceite.

INDUSTRIA DEL ACEITE EN GUATEMALA

1.1 Concepto

El aceite es uno de los principales alimentos del hombre desde la antigüedad. Los griegos lo empleaban en sus comidas y para preparar productos de belleza. El más consumido era el de oliva, obtenido a partir del prensado de la aceituna, mucho mas adelante comenzaron a utilizarse otros aceites, como los de girasol, uva, maíz y recientemente el de soya.

El código alimentario define a los aceites alimentarios como aquellos obtenidos a partir de semillas o frutos oleaginosos elaborados en ciertas condiciones, es importante saber que ninguno de ellos contiene colesterol, ya que son de origen vegetal y que todos ellos aportan la misma cantidad de calorías incluso el de oliva, una cucharada de tamaño de té (aproximadamente 5 gramos) aporta 45 calorías.

El aceite vegetal es un compuesto orgánico producido por las plantas y que se puede acumular en sus tejidos como fuente de energía, está constituido por una molécula de glicerina y varios ácidos grasos, como el oléico y linoléico que son ácidos grasos esenciales en la dieta humana.

El aceite vegetal procede de ciertas plantas como la aceituna (fruto del olivo), la palma, el sésamo, el girasol, el arroz, el maíz, la soya y muchas otras, como el aceite de canola (**CANADIAN OIL LOW ACID**) que se produce en Canadá, el biodiesel se puede obtener de este tipo de aceites.

Si alguien observa en los estantes de su tienda de alimentos saludables o en el supermercado en búsqueda de productos de proteína de soya, se encontrará con toda una gama desde hamburguesas para vegetarianos y barras de comidas hasta bebidas de proteína de soya en polvo. Sin embargo, no todos los productos de proteína de soya contienen la misma cantidad de proteína. La siguiente lista clasifica algunos productos populares de mayor a menor cantidad de proteína de soya:

- * El aislado de proteína de soya (agregado a muchos productos alimenticios a base de soya, como pastelillos, embutidos de soya o hamburguesas de soya).
- * Harina de soya.
- * Semilla de soya entera.
- * Tofú.

Hay una diferencia entre los suplementos de soya, que comúnmente se venden en tabletas o cápsulas, y los productos de proteína de soya; los suplementos de soya generalmente están compuestos de isoflavones de soya concentrados. Los isoflavones de soya pueden servir para tratar los síntomas de la menopausia, ya que se comportan de manera similar a los estrógenos.

No se ha informado de efectos secundarios serios a corto o a largo plazo por consumir alimentos de soya para personas que no son alérgicas a este producto. Los efectos secundarios leves y comunes son, entre otros, malestar estomacal y problemas digestivos, incluyendo estreñimiento y diarrea.

Los alimentos de soya y las fórmulas infantiles a base de soya se utilizan ampliamente con los niños, pero no hay estudios que hayan determinado si los aislados de proteína de soya o los suplementos de isoflavones, son útiles o seguros en esta población; por lo tanto, los productos de aislado de soya no se

recomiendan para ser utilizados con niños en este momento. La soya también es conocida como soja.

Se cree que la soya procede del este de China, en la actualidad se cultiva en muchos otros lugares. La planta es erguida, pubescente, de 0,5 a 1,5 m de altura, con grandes hojas trifoliadas, flores pequeñas de color blanco o púrpura y vainas cortas que encierran entre una y cuatro semillas. Cuando la planta alcanza la madurez (entre 100 y 150 días después de la plantación), según la variedad, el lugar y el clima, las hojas viran al amarillo, se caen y las vainas adquieren en poco tiempo color tostado y se secan. Las semillas, casi esféricas, suelen ser de color amarillo claro, y también negro, castaño o verde en ciertas variedades raras, el hilo o cicatriz es negra, castaña o amarilla. Las semillas contienen alrededor de un 20% de aceite y un 40% de proteínas.

La soja o soya es un producto alimenticio antiguo en China, Japón y Corea, el principal país productor de soya es Estados Unidos, seguido por Brasil, China, Argentina, Taiwán, Canadá y la India. Los dos productos básicos que se obtienen de la soya son harina proteica y aceite. En algunos lugares, la mayor parte del aceite obtenido se consume en forma de margarina, grasa de freír, mayonesa, aceites de ensalada y otros productos comestibles; el resto corresponde a productos utilizados por las industrias de pinturas, barnices, linóleo y tejidos de caucho. La harina de soja es la principal fuente de complementos proteínicos. Cada vez son más numerosos los productos destinados al consumo humano que incorporan harina de soja o soya, tanto en regiones deficitarias en proteínas como en otros lugares.

La semilla de soya se compone de dos partes:

- * El tegumento o capa protectora, En el centro de la superficie se localiza el hilo, zona de forma elíptica que constituye una característica importante para diferenciar las distintas variedades.

- * El embrión, donde se encuentran los órganos básicos de formación de la planta adulta, que contiene a los cotiledones u hojas embrionarias con tejidos de reserva, que contienen fundamentalmente aceite y proteínas.

1.2 Origen

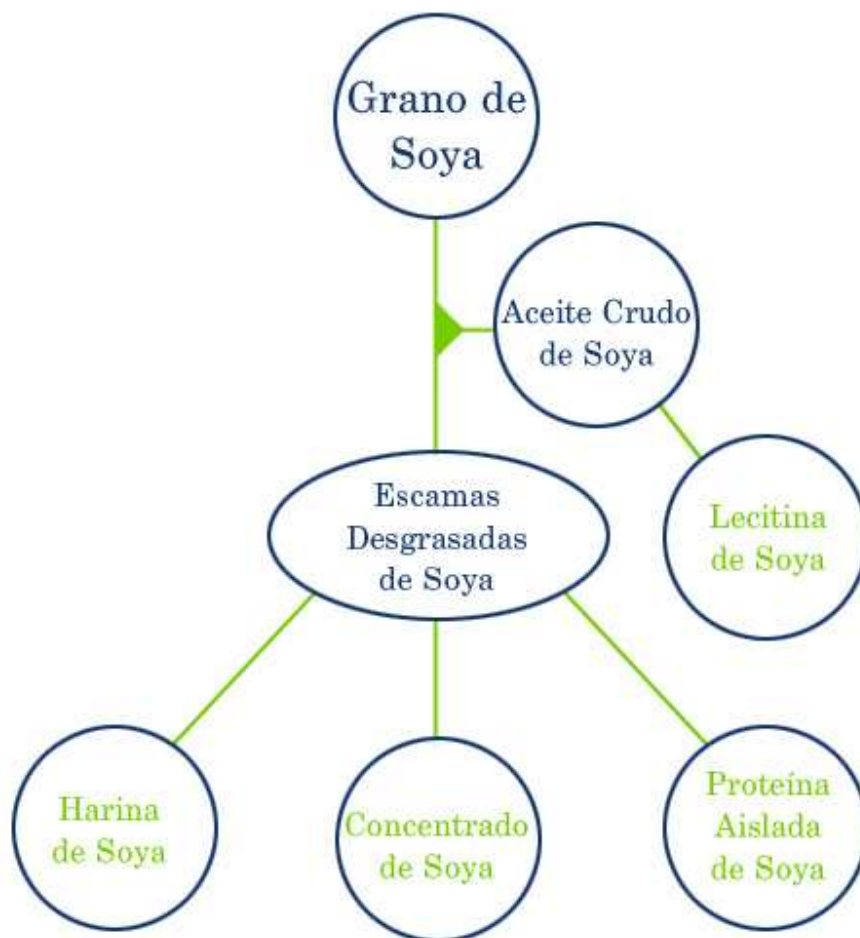
La soya es una leguminosa anual que está presente en la cadena alimenticia desde hace más de 2.000 años. Por muchos años, ha sido un producto básico de la dieta asiática. Recién en el año 1800 se introdujo la soya en los Estados Unidos. En la actualidad, este mismo producto ha sido modernizado tecnológicamente de diversas formas para atraer a los consumidores interesados en la salud.

1.2.1 Procesamiento del grano

Los granos de soya, son en primer lugar limpiados, acondicionados, abiertos, descascarados y laminados en hojuelas. El paso siguiente consiste en extraer el aceite de soya de las hojuelas. éstas son luego secadas, obteniéndose hojuelas de soya desgrasadas.

Este material desgrasado constituye la base para las tres principales categorías de productos a base de proteína de soya: harinas, concentrados y aislados.

Figura 1. Describe el procesamiento de los granos de soya



1.2.2 Beneficios de la soya

La soya es un ingrediente beneficioso para la salud. Las investigaciones del consumidor demuestran una búsqueda por alimentos más saludables. Los últimos estudios indican que una vasta mayoría de compradores contemplan hoy las cuestiones relacionadas con la salud a la hora de elegir sus alimentos. Esta tendencia se ve reflejada en un significativo crecimiento del mercado de alimentos de soya en todo el mundo.

La soya en la dieta puede reducir los niveles de colesterol y es una conclusión apoyada por muchos estudios científicos. De hecho, la Administración de Drogas y Alimentos (FDA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos reconoció que 25 gramos por día de proteína de soya, como parte de una dieta baja en grasas saturadas y colesterol, puede reducir el riesgo de enfermedades cardíacas.

Otros beneficios potenciales son:

- Reducción del riesgo de osteoporosis.
- Posible prevención de enfermedades dependientes de hormonas incluyendo cáncer de mama, cáncer de endometrio y cáncer de próstata.
- Salud del corazón (reducción del colesterol).
- Salud ósea (mayor densidad mineral ósea).
- Alivio de la sintomatología de la menopausia.
- Nutrición basada en el rendimiento (recuperación muscular más rápida).
- Control y manejo del peso (saciedad del hambre).

La proteína de soya es equivalente en calidad a la carne, leche y huevos, y su producción requiere sustancialmente una menor cantidad de recursos naturales. Al usar ingredientes a base de soya, logramos crear alternativas sustentables para la creciente población mundial, y a diferencia de la mayoría de

los alimentos provenientes de las plantas, la semilla de soya es rica en proteínas y se considera equivalente a los alimentos provenientes de animales en términos de calidad de la proteína que contiene.

1.2 Evolución

Los aceites vegetales son los preferidos para la alimentación, sobre todo para las dietas de adelgazamiento. Esto se debe a que son ricos en ácidos grasos mono o poliinsaturados, una cualidad muy importante para la transformación de grasa en el organismo humano. En la actualidad es obligación del fabricante de estos productos advertirlo en el etiquetado. A veces esta advertencia se hace refiriéndose al aceite utilizado, aunque lo más común es que sean varios y mezclados, en cuyo caso se advierte simplemente que el producto contiene aceites vegetales, sin especificar.

Además de lo expuesto anteriormente, se ha podido observar el desarrollo en la producción y obtención de aceites vegetales a través del tiempo de diferentes plantas y semillas como la almendra, la semilla de uva, la semilla de amapola, la nuez, el sésamo y la calabaza (por enumerar algunos); las semillas y frutos oleaginosos son sometidos a un proceso de prensado, los residuos de este prensado se aprovechan como alimento para el ganado, por ser un producto muy rico en proteínas. Finalmente se somete al aceite extraído a otro proceso de refinamiento.

La soya es una leguminosa anual, que constituye la principal fuente de proteína y aceite a escala mundial. Tiene aproximadamente una superficie de cultivo de alrededor de 63 millones de hectáreas, que producen cerca de 32 millones de toneladas. Estados Unidos se ha convertido en el principal productor de soya, con unos 13 millones de toneladas anuales, lo que representa el

cincuenta por ciento del total mundial. En América Central y del Sur, los países en que más se cultiva son Brasil y Argentina, con una producción de 8 y 6 millones de toneladas, respectivamente. China dedica a la soya una superficie de ocho millones de hectáreas, con una producción que se sitúa en torno a los cinco millones de toneladas. En Europa el cultivo tiene poca relevancia, debido a la escasez de precipitaciones pluviales en el sur y a las bajas temperaturas en el norte. Sin embargo, en este continente se produce un consumo elevado de torta de soya.

1.3 Crecimiento

Las soyas son nativas del noreste de Asia y fueron introducidas en los Estados Unidos en 1,765 (instituto consultivo de investigación de la soya). Hoy, el productor más grande de sojas es los Estados Unidos, con la mayoría de cultivos situados en las regiones del medio-oeste y meridionales. Las soyas son la segunda cosecha más valiosa en los Estados Unidos detrás del maíz, ya que ha producido, un promedio de más de 1.5 mil millones de sojas por año.

Dos productos principales se procesan de la soya: aceite y el residuo sólido seco como comida. Según el instituto consultivo de la investigación de la soya, un cuarto de la producción de aceites viene de las sojas. El aceite se utiliza para hacer muchos productos comestibles tales como aceites para ensaladas, los aceites de cocina, y las margarinas. El contenido del aceite de soya de base seca es del alrededor 20%. Las sojas son la cosecha más grande, con cerca de 13 millones de toneladas de aceite producidas por año. Las sojas están en la alta demanda debido a su contenido de alto valor proteico y del aceite. A continuación, vemos una gráfica de varios de los aceites procesados mundialmente y el porcentaje usado para las exportaciones así como para el consumo interno.

Figura 2. Aceites procesados mundialmente

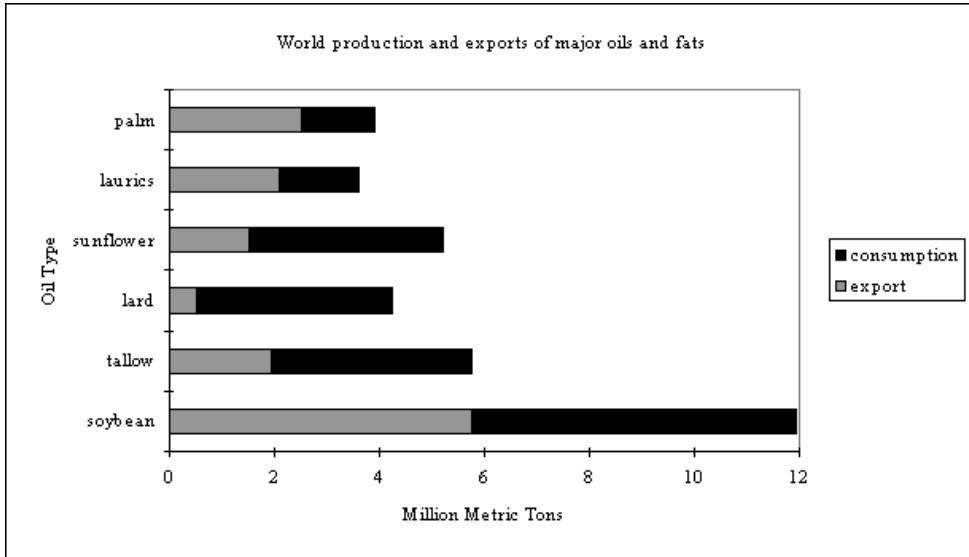


Figura 3. Producción mundial



En las regiones occidentales de Estados Unidos no se produce mucha cantidad, pero sí un consumo elevado, destinándose más del noventa por ciento del aceite a la elaboración de margaritas o a usos culinarios. Los programas de mejora llevados a cabo en los países americanos han conducido a incrementar el rendimiento hasta aproximadamente 4500 Kg. de grano por hectárea, lo que, con un contenido medio de aceite de alrededor del 21 por ciento en los cultivares comerciales, permiten obtener unos 950 Kg. de aceite por hectárea.

La soya es la principal fuente de la que se obtiene la lecitina, una sustancia con multitud de usos en la industria: panadería, polvos para bebidas, manteca para pastelería, grasa de freír y diversos fármacos. Con un contenido medio en proteína del 34 por ciento, la soya constituye un componente de gran valor para elaborar alimentos y productos compuestos. A partir de su proteína se obtienen aditivos alimentarios, carnes sintéticas, bebidas, lana vegetal, pinturas emulsionables en agua y una inmensa gama de productos.

El residuo procedente de la extracción del aceite, la torta de soya, tiene un contenido en proteína digestible del cincuenta por ciento. Hay que tener en cuenta el destino de la alimentación a la hora de elegir los cultivos, ya que existe una relación inversa entre los contenidos respectivos de aceite y de proteína en el grano, de modo que cuando aumenta uno, se reduce el otro. Al no tener azúcares, el concentrado de harina de soya puede combinarse con otros productos y recibir el sabor que se desee. Así, puede mezclarse al quince por ciento con harina de trigo para aumentar el contenido proteico del pan o los dulces. En la alimentación animal se utiliza con el mismo fin.

En Guatemala el cultivo de soya no ha sido exitoso a gran escala, posiblemente por muchos factores que afectan desde el cultivo, según datos proporcionados por el MAGA se puede observar su comportamiento durante el

periodo del año 2003 al 2005, (lamentablemente estos son los datos más actualizados con que ellos cuentan).

Tabla I. Costo estimado de producción

COSTO ESTIMADO DE PRODUCCIÓN POR MANZANA DE SOYA, TEMPORADA 2005 CULTIVO TECNIFICADO REGIÓN V (EN QUETZALES)				
CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL Quetzales
I. COSTO DIRECTO				4.248,59
1. RENTA DE LA TIERRA				350,00
2. MANO DE OBRA				1.661,62
a) Chapeo	Jornal	2,00	37,28	74,56
b) Aradura	Jornal	2,00	37,28	74,56
c) Rastreado	Jornal	4,00	37,28	149,12
d) Nivelación	Jornal	2,00	37,28	74,56
e) Aplicación de inoculante	Jornal	1,00	37,28	37,28
f) Siembra	Jornal	3,00	37,28	111,84
g) Limpias	Jornal	2,00	37,28	74,56
h) Control fitosanitario	Jornal	2,00	37,28	74,56
i) Cosecha	Jornal	14,00	37,28	521,92
j) Acarreo y ensacado	Jornal	7,00	37,28	260,96
k) Séptimos días				207,70
3. DEPRECIACIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO				1237,84
a) Arado	Hora	1,30	45,57	59,24
b) Rastra	Hora	1,20	56,78	68,14
c) Aspersadora manual	Hr. Bomba	6,00	1.39	8,36
d) Aspersadora mecánica	Hr. Bomba	7,00	8.88	62,15
e) Cosechadora	Hora	1,50	40.90	74,85
f) Aspersadora (halada)	Hora	2,00	53.89	107,78
g) Tractor	Hora	6,00	77.50	465.02
h) Camión	Hora	5,00	78.56	392,30

4. INSUMOS				975,06
a) Semilla	Libra	100,00	3,00	300,00
b) Combustibles/lubricantes	Galón	11,00	15,65	172,17
c) Fertilizantes				
-Nitrogenados	Quintal	1,00	79,66	79,66
-Completo	Quintal	0,75	92,00	69,00
d) Insecticidas de contacto	Litro	1,20	25,00	30,00
e) Fungicidas sistémicos	Libra	1,50	56,74	85,11
f) Herbicidas sistémicos	Litro	1,20	49,92	59,90
g) Inoculante	Litro	1,00	179,22	179,22
5. INSTRUMENTOS AGRICOLAS				24,06
a) Aperos agrícolas	Unidad	1,00	24,06	24,06
II. COSTO INDIRECTO				552,10
1. Administración (1 % s/C.D.)				42,49
2. Cuota IGSS (6 % s/MO)				99,70
3. Financieros (17% s/C.D. 6 M)				361,13
4. Imprevistos (1 % s/C.D.)				42,49
5. Impuesto municipal Q.0.15/qq				6,30
III. COSTO TOTAL POR MANZANA				4.800,69
Para una producción de 42 qq				
IV. COSTO UNITARIO				114,30

Tabla II. Producción nacional de 2003 a 2005 (cifras en miles de quetzales)

	2003		2004		2005	
	Mz	Qq	Mz	qq	Mz	qq
PALMA						
AFRICANA	27,2	6.451,5	28,0	6.580,5	29,0	6.778,0
SOYA	3,8	142,8	1,5	63,0	1,5	70

1.4 Funciones de la calidad alimenticia de la soya

La soya contiene 38% de proteína, más que cualquier otro alimento de origen animal o vegetal no procesado, además de 30% de carbohidratos, 18% de aceite y 14% de humedad. Aunque la soya se ha utilizado para consumo humano desde hace siglos en las culturas asiáticas, su introducción en occidente es muy reciente y a pesar que para muchas personas, los alimentos derivados de soya son nuevos y diferentes, actualmente se están consumiendo de manera significativa. Un ejemplo es el consumo de aceite de soya.

Los productos de soya pueden ser buenos sustitutos de los alimentos animales, debido a que, a diferencia de otros frijoles, la soya ofrece un perfil "completo" de aminoácidos.

La soya contiene todos los aminoácidos esenciales para la nutrición humana, que deben ser adicionados a la dieta debido a que no son sintetizados por el organismo. La soya puede sustituir los alimentos de origen animal que también poseen proteínas completas pero tienden a contener mayor concentración de grasas sin requerir de ajustes mayores en la dieta.

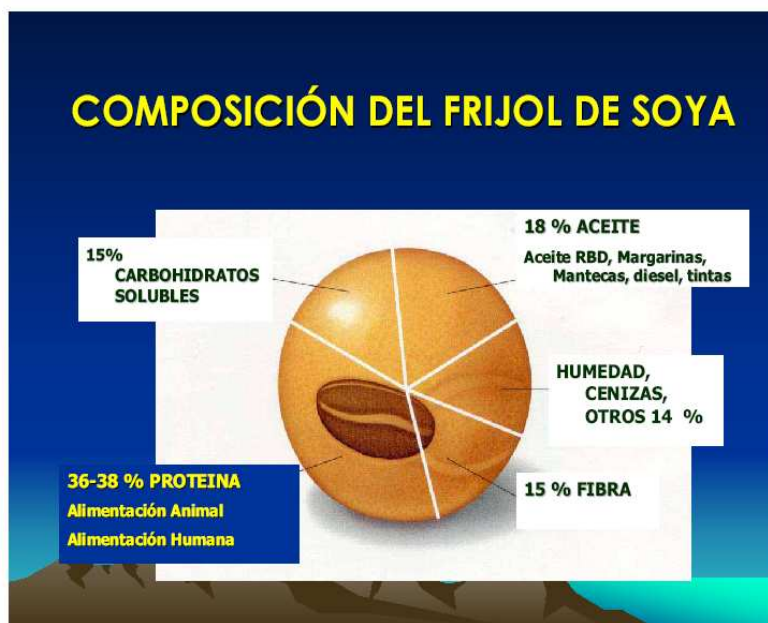
Desde el punto de vista orgánico, la cantidad de proteína utilizable contenida en 1/2 taza de soya es igual a la de 142 gramos de carne. Los alimentos a base de soya entera son más baratos que los de carne, no contienen colesterol y casi ninguna de las grasas saturadas que se encuentran en alimentos de origen animal, además de ser buenas fuentes de fibra, vitaminas del complejo B, calcio y ácidos grasos omega-3, todos ellos importantes suplementos de la dieta.

1.5.1 Anatomía del grano

Los granos de soya están compuestos por un 30 por ciento de hidratos de carbono (de los cuales un 15% es fibra), 18 por ciento de aceite (85% no saturado), 14 por ciento de humedad y 38 por ciento de proteína. Es la única legumbre que contiene los nueve aminoácidos esenciales en la proporción correcta para la salud humana.

Por lo tanto, la proteína de soya está calificada como una proteína completa de alta calidad. Uno de sus beneficios nutritivos es que es una buena fuente de fósforo, potasio, vitaminas del Grupo B, zinc, hierro y la vitamina E antioxidante.

Figura 4. Composición del frijol de soya



1.5.2 Calidad del aceite crudo

Una refinería independiente, por lo general, tiene poco o ningún control sobre la calidad del aceite crudo o el aceite crudo desgomado que recibe. Podría decirse que una planta extractora de aceite no siempre podrá controlar la calidad del aceite crudo que produce, ya que depende de la calidad de la soya que entra a dicha planta.

La finalidad de la refinación del aceite de soya es eliminar las impurezas liposolubles OSI: *Oil Soluble Impurities* (Impurezas Solubles de Aceite), que se encuentran presentes en el aceite crudo. En la tabla III se muestran los márgenes comunes de OSI en el aceite de soya crudo. Las OSI se encuentran ya sea en una solución verdadera o en una suspensión coloidal.

La finalidad de la refinación es eliminar estas OSI, lo cual es absolutamente indispensable para lograr los mejores estándares de calidad posibles de sabor, apariencia y estabilidad para ser aceptado por el consumidor.

Los procesos unitarios que se emplean para lograr eliminar estos OSI son: desgomado, refinación (tanto química como física), blanqueo adsorbente, hidrogenación y desodorización. Las gomas o fosfátidos y complejos metálicos se eliminan ya sea en el desgomado o en la refinación química. Los ácidos grasos libres se eliminan mediante la refinación química o la física. Los productos de oxidación, trazas de metales y pigmentos son eliminados durante el blanqueo en el cual también se lavan las trazas de gomas y jabón que quedan ya sea del desgomado o la refinación con sosa cáustica. Esta etapa es crítica para controlar la hidrogenación, en la que se logran las propiedades físicas/químicas deseadas del aceite de soya para producir una gran diversidad de productos.

La etapa final que corresponde a la desodorización, sirve para eliminar los ácidos grasos libres que aún quedan de las etapas anteriores, así como algunos pigmentos residuales, sabores y olores indeseables.

Tabla III. Margen típico de impurezas solubles en el aceite de soya crudo

Fosfatidos (a)	1.5-2.5%
Fósforo (b)	600-800 ppm
Materia no saponificable	1.6%
Esteroles	0.33%
Tocoferoles	0.15%
Hidrocarburos	0.014%
Metales:	
Hierro©	
Cobre	0.03ppm
Calcio (d) y magnesio	80-200ppm

a) base de calculo del fósforo x factor 30.

b) de frijol normal (no dañado).

c) podría ser de 3x en aceite de frijol dañado

d) varía considerablemente dependiendo de las condiciones de calidad

2. LA PRODUCTIVIDAD

2.1 Diagnóstico

La producción del aceite de soya comercial es complicado. La producción mecánica del aceite de soya con las prensas hidráulicas no se utiliza mucho porque es costosa y da producciones más bajas. El aceite de soya es producido normalmente por la extracción con los solventes. La producción consiste en varios de pasos.

La limpieza de soyas: la soya primero se limpia, se seca y se descortezada antes de la extracción del aceite. La cáscara necesita ser quitada porque absorbe el aceite y dan una producción más baja. La descortezada es hecha agrietando las soyas y una separación mecánica de los cascos y de las soyas agrietadas.

Las soyas también se calientan alrededor de 75° C para coagular las proteínas de soya, para hacer la extracción del aceite más fácil. En la extracción del aceite de soya primero es cortadas las escamas que se ponen en extractores de una filtración y se sumergen con un solvente, normalmente hexano. La contracorriente se utiliza como sistema de la extracción porque da la producción más alta. Después de quitar el hexano, las escamas extraídas contienen solamente el cerca de 1% de aceite de soya y se utilizan como comida del ganado o producir productos alimenticios tales como proteína de soya. El hexano se separa del aceite de soya en evaporadores. El hexano evaporado se recupera y se vuelve al proceso de la extracción.

El aceite de soya crudo libre del hexano es entonces el más purificado.

La purificación del aceite de soya: el aceite de soya crudo todavía contiene muchas impurezas aceite-insolubles y solubles en el aceite que necesita ser quitado. El material aceite-insoluble se quita con la filtración y los materiales solubles se quitan con diversos procesos incluyendo el desengomado (el quitar fosfatos), la refinación del álcali (que se lava con la solución alcalina para quitar los ácidos grasos libres, los colorantes, materia insoluble y gomas) y blanquear (con la tierra activada o el carbón activado para quitar color y otras impurezas).

La hidrogenación del aceite de soya: este proceso aumentará la estabilidad al aceite de soya y le hará menos líquido. Sin embargo, este proceso (opcional) creará más grasas saturadas y reducirá las grasas no saturadas favorables.

Además, se producen las grasas transformadas que pueden causar problemas de estabilidad. El aceite de soya hidrogenado se utiliza en los alimentos que requieren más de grasa sólida tales como margarinas.

2.1.1 Refinación del aceite de soya

La refinación del aceite de soya es básicamente un proceso de purificación, un proceso de eliminación de impurezas.

El incremento en el costo de la refinación del aceite de soya estriba en:

- * Adquisición del aceite crudo.
- * Calidad del aceite crudo.
- * Equipo de refinación instalado.
- * Eficiencia de cada etapa de refinación.
- * Calidad de los materiales empleados.
- * Equipo de control de calidad instalado.

Existe una tendencia muy importante por reducir el costo de la refinación.

Objetivos de los Procesos de Purificación:

- * Eliminar la cantidad de impurezas.
- * Hacer más eficiente las etapas de proceso.
- * Utilizar mejor los materiales de conversión.

Los objetivos de las etapas hasta ahora siguen siendo los mismos al igual que los parámetros de calidad.

Objetivos de eliminación en los procesos:

- * Desgomado con agua: fosfolípidos hidratables, impurezas sólidas.
- * Desgomado ácido: fosfolípidos no hidratables y partículas metálicas.
- * Neutralización alcalina: fosfolípidos y ácidos grasos libres.
- * Blanqueo: clorofilas, productos de oxidación, trazas de fosfolípidos y de partículas metálicas.
- * Desodorización: ácidos grasos libres, sustancias volátiles y carotenos.

Parámetros de calidad:

Desengomado con agua:

Fósforo final < a 150 ppm

Desengomado ácido:

Fósforo final: < a 10 ppm

Fe < a 1.0 ppm

Cu < a 0.50 ppm

Neutralización:

Jabón 30 ppm (máx)

Fósforo final < a 10 ppm

Blanqueo:

Clorofila final < a 0.05 ppm

Valor de peróxido 0.0 meq / kg

Fósforo final < a 1.0 ppm

Fe < a 0.20 ppm

Cu < a 0.05 ppm

Desodorización:

Valor de peróxido. 0.0 meq / kg

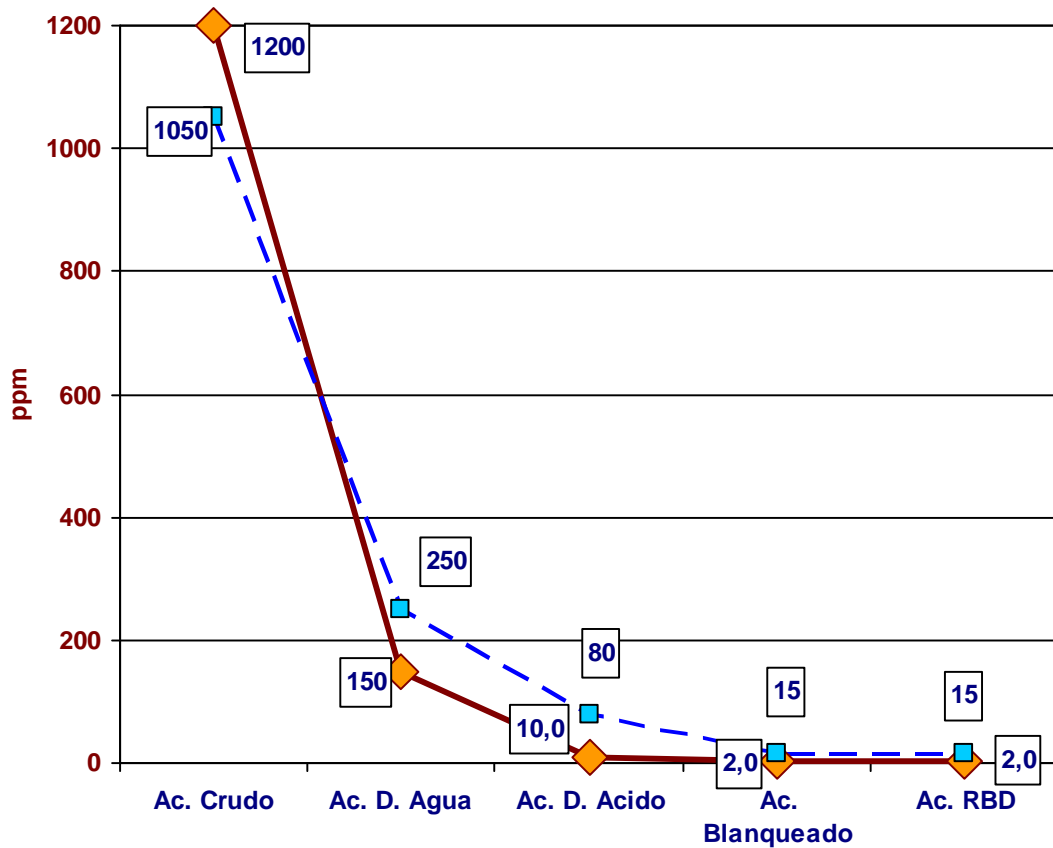
Valor de anisidina < a 2.0

A.G.L. < a 0.05 %

Sabor/ olor 8/8 mínimo

Estabilidad (AOM) 16 horas mínimo

Figura 5. Eliminación de fósforo



2.2 Evaluación

2.2.1 Refinación física del aceite de soya

En virtud de que el aceite de soya tiene un alto contenido de goma y normalmente una baja acidez, la razón para considerar la refinación física es principalmente para evitar la producción de jabón (*soapstock*) y/o problemas de contaminación asociados con la acidificación del *soapstock* y el desecho de aguas de lavado.

En este momento al considerar qué proceso emplear, el mejor consejo es analizar cuidadosamente ambos procesos en términos de: inversión inicial, calidad de los aceites de soya crudos disponibles, desecho del subproducto, flexibilidad, eficiencia energética y la situación sobre el control de la contaminación en la localidad.

El pre-tratamiento ácido y el blanqueo pueden emplearse para producir un aceite desgomado y blanqueado con un contenido de gomas lo suficientemente bajo para refinarse físicamente. En este punto, dichos aceites refinados físicamente, no siempre presentan una vida de anaquel adecuada. Inicialmente, fuera del desodorizador, estos aceites son iguales en sabor a aquéllos convencionalmente refinados con soda cáustica, pero no todos exhiben la misma vida de anaquel. La incertidumbre en cuanto a la duración de vida de anaquel probablemente se relaciona con la cantidad de gomas no-hidratables que tienen los aceites de soya al inicio.

Para algunos mercados esta variación y este enfoque de la refinación física es aceptable, adecuada otros, por ejemplo en Estados Unidos, dicha variación es rechazada.

Hoy en día se cuenta con un enfoque alternativo de la refinación física que produce un aceite terminado con una calidad igual a la de la refinación convencional con soda cáustica. Esto no significa que haya mejorado el proceso antes mencionado, sino más bien se refiere al tratamiento de la soya antes de la extracción. Este tratamiento resulta de extraer el doble de cantidad de gomas, las cuales a su vez se encuentran casi totalmente en forma hidratable que no requieren un pre-tratamiento ácido.

A esto se le denomina proceso alcon que es sencillamente un tratamiento de las hojuelas de la soya con suficiente calor para provocar la destrucción enzimática justo antes de la extracción.

La tabla IV muestra las secuencias normales que se emplean en la refinación del aceite de soya. En ese mismo cuadro se incluye la refinación física la refinación física o por vapor no es una novedad. Durante mucho tiempo se ha practicado en grasas y aceites con poco o ningún contenido de goma. Ejemplos de grasas y aceites son: los aceites láuricos como el de palma. Estos aceites con frecuencia también tiene un alto contenido de AGL y la refinación convencional con soda cáustica representaría un atractivo económico poco conveniente.

Tabla IV. Secuencia para eliminar impurezas liposolubles (OSI)

Refinación convencional con soda cáustica		Refinación física
Refinar	Desgomar	Desengomar
Blanquear	Refinar	Blanquear
Desodorizar	desodorizar	Desodorizar/refinar a vapor

2.2.2 Sabor del aceite de soya

Ningún comentario acerca del aceite de soya estaría completo sin considerar el sabor. La composición de los ácidos grasos de la soya se muestra en la Tabla V.

El contenido de ácidos grasos poliinsaturados es alto (57.6 %) y el del ácido linolénico es de aproximadamente 7 %. Estos dos factores se refieren a que el aceite de soya es muy susceptible a la oxidación y, por lo tanto, el aceite de soya requiere de un buen procesamiento.

La constante preocupación acerca del problema llamado “reversión de sabor” puede mitigarse en gran parte mediante las prácticas de procesamiento que acabamos de describir. Si bien en otros tiempos un aceite de soya refinado, blanqueado y desodorizado (RBD) no hubiera sido aceptado para usarse como aceite para ensaladas, hoy en día no sucede así. Existen muchos países alrededor del mundo donde el aceite de soya RD adecuadamente procesado es bien aceptado por los consumidores. Esto también sucede en Estados Unidos, donde por primera vez uno de los comerciantes más importantes está produciendo y vendiendo aceite de soya RBD de alta calidad. Si no se emplean buenas prácticas de procesamiento, como ya lo comentamos en párrafos anteriores, entonces simple y sencillamente el resultado será un aceite de soya de baja calidad.

En conclusión, mediante el uso de prácticas óptimas de refinación se producirá un aceite de soya de alta calidad. La instalación y uso de buenas prácticas, ciertamente será una alternativa más atractiva económicamente en comparación con la hidrogenación y winterización los cuales siempre se han considerado indispensables.

Tabla V. Composición de ácidos grasos del aceite de soya

Componente	Comp. ácidos grasos (% de peso)	
	Margen	Promedio
Saturado:		
Làurico	-	0.1
Mirístico	0.50	0.2
Palmitico	7-12	10.7
Esteàrico	1-1.5	3.9
Araquidico	1.0	0.2
Behènico	0.5	-
Total	10.19	15.0
Insaturado:		
Palmitolèico	0.5	0.3
Olèico	20-50	22.8
Linolèico	35-60	50.8
Linolènico	2-13	6.8
Eicosenòico	1.0	-
Total	--	80.7

2.3 Factores que afectan la productividad

Muchos factores pueden afectar directamente la producción de refinación del aceite de soya, dependiendo cada uno de los diferentes procesos que se analicen, en el desengomado se verifica que el aceite cumpla con los requisitos óptimos para ser almacenado y transportado a largo plazo, otro factor que puede afectar la productividad en este punto es la cantidad de agua que se utiliza (blanda) para la eliminación de fosfátidos la cual, es de acuerdo a la concentración de este y es alrededor del 2 %.

En la actualidad se cuenta con una gran diversidad de configuraciones de equipo, pero el punto clave que hay que considerar es que debe permitirse suficiente tiempo para hidratar las gomas.

Una adecuada hidratación contempla tanto la intensidad del mezclado como el tiempo del mezclado o el tiempo de residencia.

Cuando la finalidad es producir lecitina, lo que se requiere eliminar es una máxima cantidad de gomas. Cuando el objetivo es producir aceite crudo desgomado entonces este viene hacer el nivel máximo de ppm permitido en las especificaciones, este nivel es de 200 ppm, en cualquiera de los casos, la capacidad de controlar el grado de desgomado es importante para el procesador y va en función de la cantidad de agua que se añade, intensidad y tiempo de mezclado.

El proceso continuo de refinación de aceite de soya con soda cáustica es similar en algunos aspectos al desgomado. Existen algunas variaciones en la configuración del equipo que emplean las compañías y fabricantes de equipos para refinación de aceite de soya con soda cáustica. Algunas de estas modificaciones se efectúan directamente en las plantas que lo procesan según sus requerimientos de producción.

El uso del pretratamiento ácido puede producir un aceite de soya desgomado con niveles tan bajos, que con el blanqueo subsecuente con tierras acidas activadas se obtiene un aceite de soya desgomado y blanqueado con niveles de fósforo menores de 5 ppm que fácilmente pueden refinarse en la desodorización.

El blanqueo al vacío, sea por lote o continuo, es hasta cierto punto más efectivo que el atmosférico, puede utilizar menos tierra, en cantidad no en calidad, operar a menores temperaturas máximas y minimizar la oxidación al

reducir la exposición al aire y permitir que el aceite se enfríe antes de regresarlo a sus condiciones atmosféricas siendo esto importante para elevar la productividad y reducir costos en este proceso.

La desodorización es la última etapa en la refinación del aceite de soya en este proceso los factores importantes a considerar son temperatura, tiempo, presión, los cuales tienen variaciones dependiendo las diferencias de equipo a utilizar y condiciones de procesamiento de cada una de ellas.

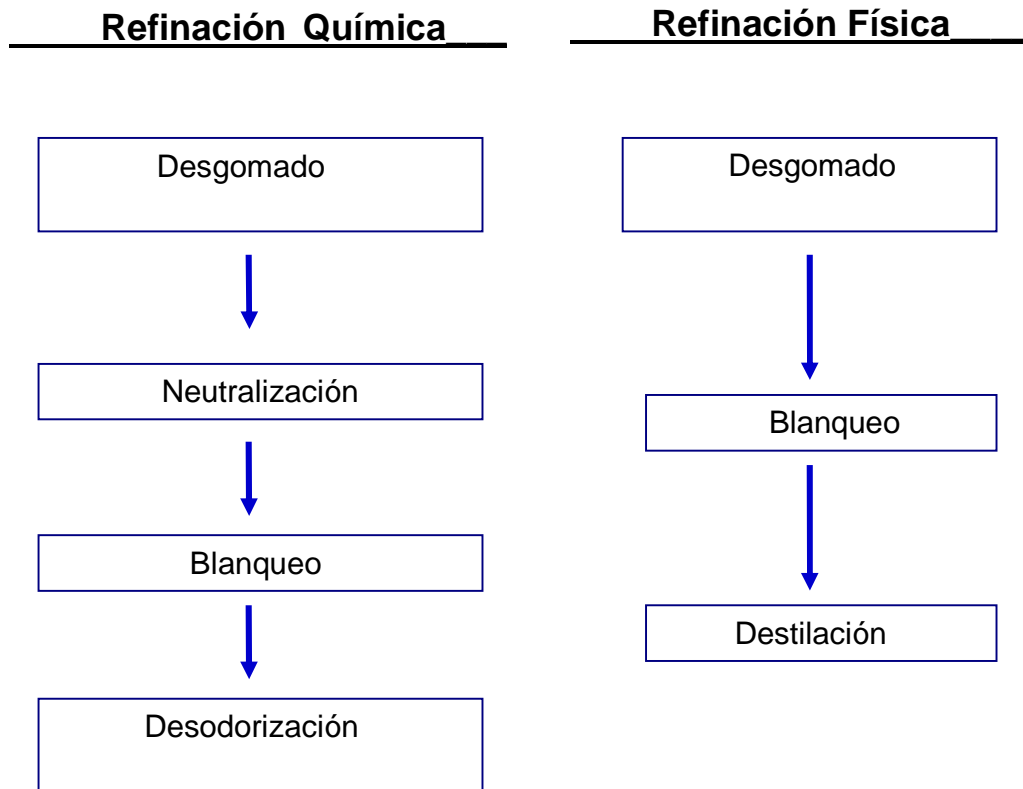
2.4 Procedimiento de la producción de aceite

2.4.1 Refinación de los aceites de soya

Existen dos formas de realizar el proceso de refinación de aceites vegetales, los cuales son por refinación química y por refinación física.

Por refinación química, cuando los ácidos grasos libres del aceite crudo se eliminan por medio de neutralización con soda cáustica (NaOH), y por refinación física cuando los ácidos grasos libres del aceite crudo se eliminan por medio de destilación.

Figura 6. Procesos de refinación química y física



La refinación física se ha empleado para disminuir las pérdidas de aceite en la refinación de aceites crudos con altos contenidos de AGL, también para eliminar los problemas de los residuos líquidos de la neutralización alcalina y para hacer más económico el proceso de refinación en sí. Sin embargo, no es apropiada para todos los aceites.

Otros aspectos importantes son que es adecuada para purificar los aceites crudos de palma de calidad buena y regular, debido a su alto contenido de AGL, adecuada para purificar aceites crudos vegetales de buena calidad de girasol,

maíz y canola, pero hasta el momento no es adecuada para purificar el aceite de soya de buena calidad.

Impurezas del aceite crudo:

	<u>Palma</u>	<u>Soya</u>	<u>Girasol</u>
AGL, %	2.5 a 5.0	0.5 a 1.2	1.0 a 2.0
Fósforo, ppm	10 a 30	70 a 200	50 a 120
Clorofila, ppm	0.03 a 0.10	0.3 a 1.2	0.10
Fe, ppm	1.5 a 5.0	0.5 a 2.5	0.5 a 2.5
Cu, ppm	0.5 a 2.0	0.1 a 0.2	0.1 a 0.2
H ₂ O, %	0.5 a 1.0	0.1 a 0.3	0.1 a 0.3
V.P., meq/kg	3.0 a 5.0	3.0 a 7.0	3.0 a 7.0
Impurezas, %	0.2 a 0.5	0.2 a 0.5	0.2 a 0.5

Parámetros de calidad en el aceite crudo:

	<u>excelente</u>	<u>bueno</u>	<u>regular</u>	<u>malo</u>
DOBI	3.2 o más	2.9 a 3.2	2.3 a 2.9	menor a 2.3
AGL	en el rango de 2.0 a 3.5%			
Fósforo	en el rango de 10 a 20 ppm			
Fe	en el rango de 2.0 a 4.0 ppm			
Cu	en el rango de 0.1 a 0.2 ppm			
H ₂ O	en el rango de 0.2 a 0.5%			

Son tres las etapas en la refinación física:

- * Desgomado, para eliminar los fosfolípidos hidratables y los no hidratables, y las partículas metálicas de Fe y Cu.

- * Blanqueo, para eliminar los promotores de oxidación y los productos de oxidación.
- * Destilación, para eliminar los AGL, los volátiles y las sustancias que le dan olor y sabor al aceite.

Desgomado: es la primera etapa en la refinación física de los aceites crudos o tratamiento ácido. El objetivo de esta etapa, es acondicionar el fósforo y la partícula metálica para ser eliminados por centrifugación ó para ser absorbidos posteriormente por la arcilla de blanqueo.

El fósforo y la partícula metálica de hierro y cobre son sumamente nocivos para la calidad del aceite RBD. Son determinantes la temperatura, el tiempo de contacto, la dosis, el tipo de ácido y su concentración para cubrir el objetivo de esta etapa.

Parámetros en el desgomado:

Temperatura del aceite	40 a 90 ° C
Presión	atmosférica
Retención	20 a 120 minutos
Agitación	100 a 150 rpm
Fósforo	reducción del 80 al 90%
Fe	reducción del 80 al 90%
Cu	reducción del 80 al 90%

Blanqueo: es la segunda etapa en la refinación física de los aceites crudos, el objetivo de esta etapa es obtener un aceite RBD estable al eliminarle ó destruirle los promotores y los productos de oxidación. Promotores de oxidación como el fósforo y partículas metálicas como el hierro y el cobre. Son determinantes la temperatura y el tiempo de contacto en esta etapa.

Parámetros en el blanqueo:

Temperatura del aceite	105 a 125 ° C
Retención	20 a 30 minutos
Presión absoluta	40 a 100 mm de Hg.
Agitación	100 a 150 rpm
Fósforo (final)	< 2.0 ppm
Valor de peróxido	0.0 meq / kg.
Fe	< 0.20 ppm
Cu	< 0.05 ppm

Destilación: es la última etapa en la refinación física de los aceites crudos y esta se hace bajo vacío. El objetivo de esta etapa es obtener un aceite RBD estable a la oxidación al eliminarle los AGL y las sustancias que le dan olor y sabor, obteniéndose también una reducción de los carotenos. Son determinantes en la destilación, la temperatura, la presión absoluta, la cantidad y calidad del vapor de arrastre.

Temperatura más alta implica mayor formación de A.G.Trans, mayor eliminación de tocoferoles o tocotrienoles, mayor costo.

Presión Absoluta más alta significa mayor cantidad de vapor de arrastre, menor calidad en el aceite RBD.

Vapor de arrastre húmedo imparte sabor al aceite, disminuye su estabilidad oxidativa. Posible neutralización con alcalinidad del agua y posible contaminación con partícula metálica.

2.4.2 Refinación química

El aceite crudo de soya (ACS) contiene dentro de lo que podemos clasificar como impurezas o compuestos no deseados, lecitina, fosfátidos (que contienen calcio y magnesio), gomas, jabón, agua, cuerpos de color y otros elementos extraños, que deben ser eliminados, o disminuir su presencia, a un predeterminado mínimo, a través de los procesos de refinación química y física (blanqueo y desodorizado), para garantizar su durabilidad y estabilidad como producto terminado para dar cumplimiento a las normas de calidad que son exigidas por empresas como Olmeca S.A. para su comercialización y mantener la excelente imagen que el mismo tiene ante todos los consumidores que lo prefieren.

La mayor parte de los compuestos mencionados en el anterior párrafo son eliminados a través de la refinación química del aceite crudo de soya. En Olmeca S. A. la refinación química que se realiza es única en su género, debido a que la misma no coincide exactamente con los tratamientos convencionales que para la misma se recomiendan en el mundo entero.

Esta operación de refinación es fruto de la idea del Sr. José Arturo Meléndez Pineda, por lo que el método de nuestra refinación química bien se puede llamar refinación tipo Meléndez.

La anterior refinación surgió a partir de una complicación en el tratamiento del aceite crudo de soya que no cumplía con la prueba de frío requerida, por lo que se hizo necesario efectuar cambios en el proceso original, para poder cumplir con la especificación de calidad.

Los cuerpos de color, como la clorofila, por ejemplo, los metales pesados, impurezas o elementos sólidos extraños, fracciones de ácidos grasos libres y agua, si pueden eliminarse a través de una refinación física, pero los fosfátidos, el jabón, la mayor parte de las gomas y lecitina, no se separan del aceite tan fácilmente, por lo que se hace necesario eliminarlos químicamente.

El aceite crudo de soya es transportado en pipas, el mismo es analizado por el laboratorio de control de calidad, el cual, presenta a la planta un análisis que incluye los siguientes datos: fósforo, fosfátidos, jabón, ceras y gomas expresadas como partes por millón (ppm), acidez expresada como porcentaje FFA y la presencia de sedimentos en el mismo.

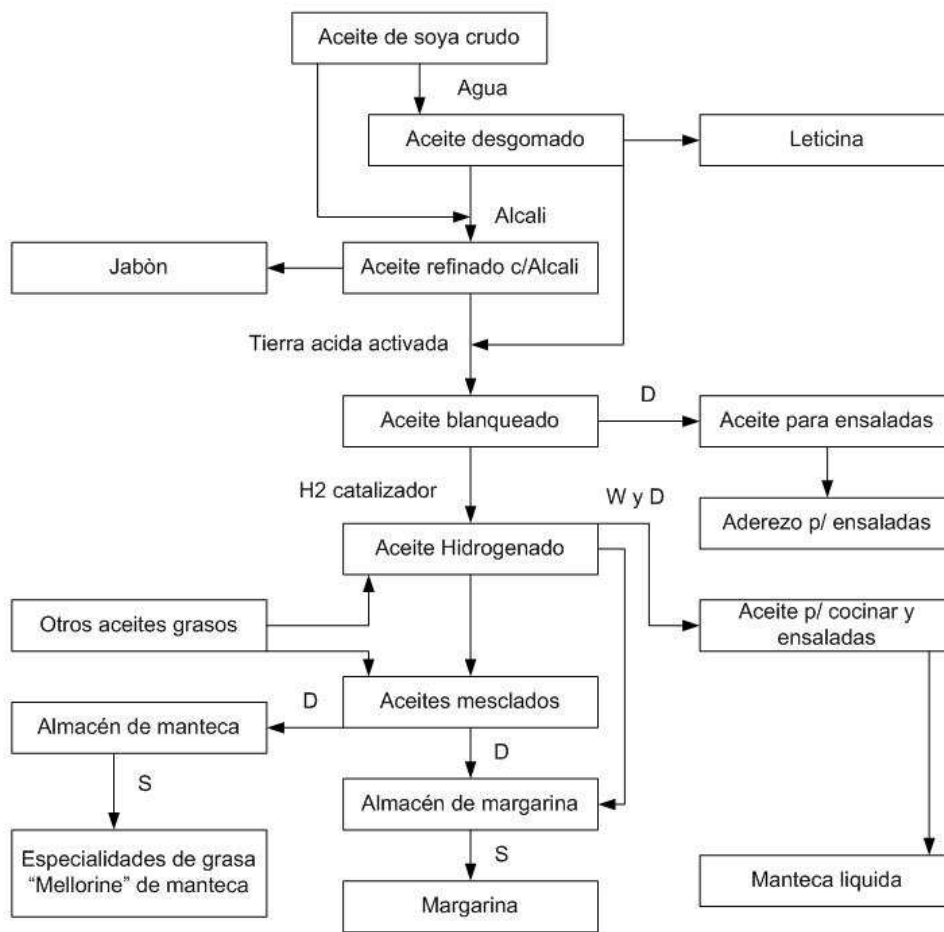
De los anteriores datos, el operador de la refinería química puede determinar como va a tratar el aceite, desde la cantidad de ácido fosfórico que agregará, hasta la forma en la que operará las centrífugas, proceso que se describirá paso a paso a continuación: el proceso consiste en precalentar el aceite blanqueado con aceite ya desodorizado en un intercambio de calor adecuado, luego el aceite precalentado sigue siendo calentado bajo vacío en el calentador de aceites hasta la temperatura requerida, para cumplir con las condiciones de destilación de los ácidos grasos contenidos en el aceite.

En seguida, el aceite calentado fluye hacia el desodorizador, dentro del desodorizador, el aceite permanece por bastante tiempo para eliminar los olores y sabores indeseables, destruir unos pigmentos carotenoides, y reducir el contenido de ácidos grasos hasta el nivel requerido.

El grado de eliminación de tales productos depende más o menos del tiempo de permanencia del aceite en el desodorizador. Una vez desodorizado, el aceite se descarga en el enfriador, bajo vacío, de donde es bombeado hacia los intercambiadores para ser enfriados a la temperatura correcta.

Al salir de los enfriadores, el aceite es enviado hacia el almacenamiento, después de pasar por el filtro de pulimento. La refinación del aceite de soja se muestra en la figura 7.

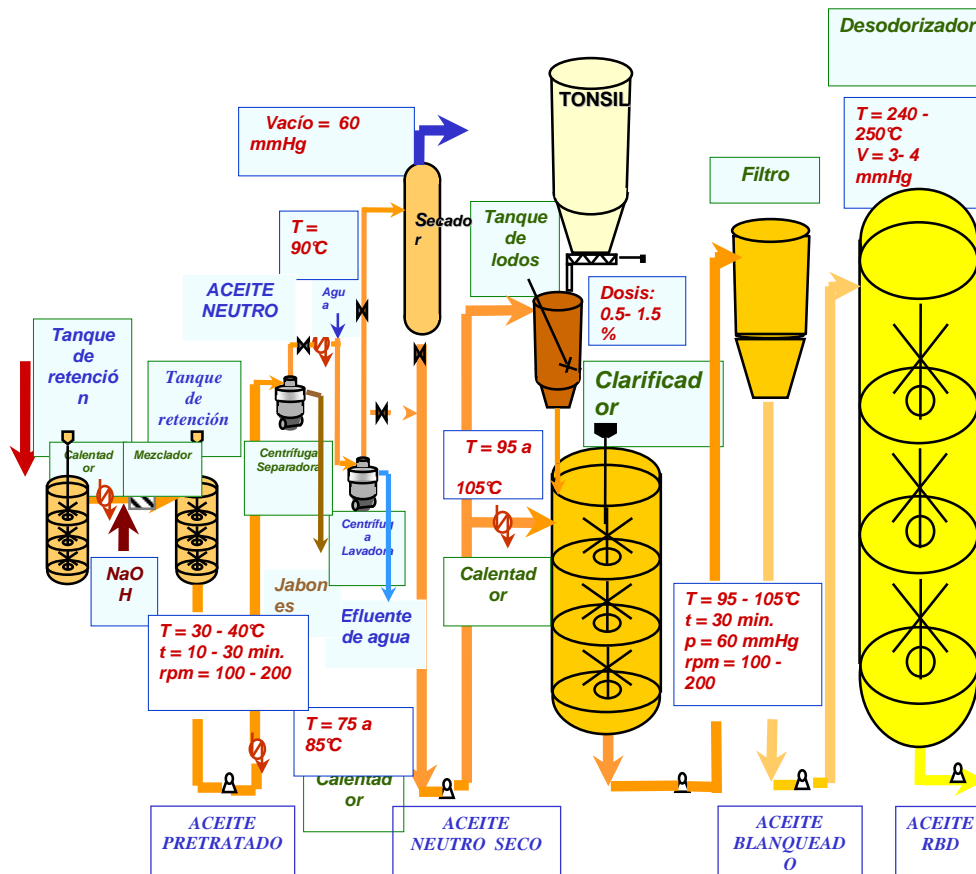
Figura 7. Fabricación de productos de aceite de soja comestible



D = Deodorización, S = Solidificación, W = Winterización, H2 = Gas Hidrogeno

3. MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN

Figura 8. Refinación total del aceite de soja



Para establecer los parámetros ideales se han establecido en cada etapa de la refinación, objetivos y parámetros de control.

La refinación (purificación) del aceite de soya como sabemos, tiene las siguientes etapas:

- * Desgomado
- * Neutralización
- * Blanqueo y
- * Desodorización

Objetivos de cada proceso:

- * Desgomado: eliminar el fósforo, las partículas metálicas y las impurezas sólidas.
- * Neutralización: eliminar el fósforo residual y los ácidos grasos libres.
- * Blanqueo: eliminar los promotores y los productos de oxidación.
- * Desodorización: dar estabilidad al aceite, eliminar los ácidos grasos libres y las sustancias que dan olor y sabor al aceite así como los colorantes.

3.1 Proceso de neutralización

El proceso continuo de refinación de aceite de soya con soda cáustica (NaOH) es similar en algunos aspectos al desgomado.

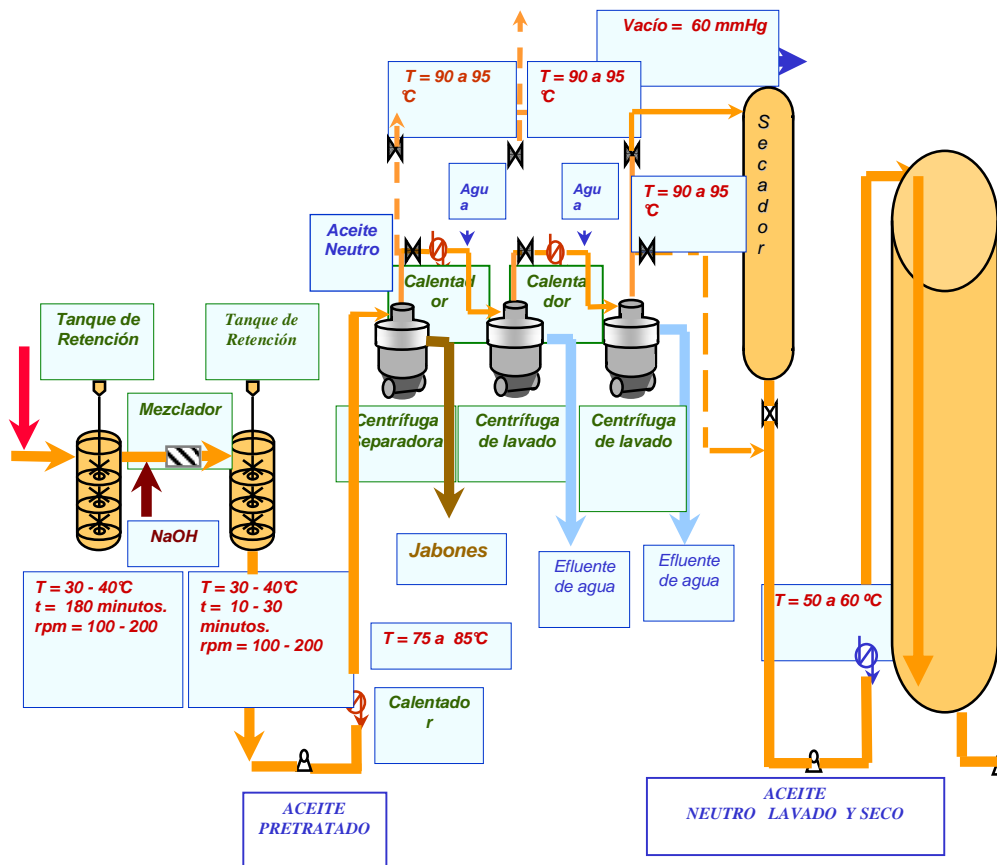
Su objetivo es desacidificar el aceite crudo, eliminando o neutralizando los ácidos grasos libres (AGL o FFA). Los ácidos grasos propios de la naturaleza y características de cada aceite u originados por reacciones degenerativas del aceite crudo de tipo hidrolíticos, etc., confieren a éste unas características poco

aptas para su consumo directo. Esta neutralización se realiza añadiendo al aceite una solución de soda cáustica (NaOH), cuya cantidad es función de la acidez del aceite y de la cantidad de ácido fosfórico en exceso, utilizado para la transformación de fosfátidos en el desgomado. Las pastas o jabones formados por la saponificación de los ácidos grasos libres y la acidez libre del ácido fosfórico junto con las gomas, son separados por centrifugación para luego pasar el aceite a la etapa de lavado.

Existen algunas variaciones en la configuración del equipo que emplean las compañías y fabricantes de equipos de todo el mundo para la refinación del aceite de soya con soda cáustica. Algunas de estas modificaciones se hacen directamente en las plantas que procesan una variedad de aceites, esto tiene una explicación hasta cierto punto, aunque la secuencia del procesamiento básico que se requiere para producir aceite de soya de la mejor calidad, mediante la refinación con soda cáustica, es bien conocida, y por mucho tiempo practicada. En la figura siguiente se muestra dicha secuencia y se contemplan aquellas características que permiten ajustes para adaptar los cambios en la calidad inicial del aceite de soya crudo desgomado.

El diseño incluye: el tanque de balance, pre-tratamiento ácido, equipo de dosificación, mezclador intensivo, tiempo controlable de retención, un intercambiador de calor justo antes de la centrifugación, dos lavados con agua para obtener una óptima calidad y un secador opcional; dependiendo de las posibilidades en la neutralización del aceite refinado con soda cáustica.

Figura 9. Proceso de neutralización



En la Tabla VI se muestran las condiciones de operación que se sugiere para el sistema propuesto.

Tabla VI. Condiciones de operación para la refinación álcali continúa.

Proporcionar de 16-181 maumé de sosa cáustica más

0.12-0.15 de exceso para aceite crudo

0.10-0.12 de exceso para aceite desgomado

Al aceite a 33° C (90° F)

Tiempo de contacto de 5-15 minutos

Calentar a 70° C (165° F)

Centrifugar

3.2 Proceso de blanqueo

El proceso de blanqueo consiste en remover la mayoría de la materia colorante (beta caroteno, clorofila, xantofilas y otros pigmentos colorantes), así como gomas, jabones, metales y otras impurezas que quedan en el aceite. Las gomas se acondicionan mezclándolas con una solución de ácido cítrico. Cuando la reacción se completa el exceso de ácido cítrico se neutraliza con carbonato de sodio. Algunas materias colorantes, gomas hidratadas e impurezas se remueven mezclando el aceite con una cantidad adecuada de tierra de blanqueo bajo condiciones de vacío y una temperatura aproximada de 100° C. La tierra se separa del aceite por medio de filtración en un filtro de hojas hermético. Luego el aceite se filtra nuevamente, en un filtro de seguridad para remover cualquier traza de tierra que pudiera accidentalmente pasar por el filtro principal. El proceso también tiene una sección para recuperar la mayor parte del aceite remanente en el pastel de tierra dentro del filtro. La calidad de la tierra de blanqueo es de mucha importancia. Si la granulometría de la tierra es muy fina, la precapa del filtro puede ser difícil y luego la precapa del filtro podría taparse

rápidamente. Para evitar este inconveniente se debe mezclar con un filtro ayuda, como lo es el celite. Este factor determinará la cantidad de tierra de blanqueo que debe usarse para obtener un resultado requerido. La mayoría de tierras de blanqueo son activadas mediante tratamiento ácido. Es importante que estas tierras reaccionen neutras, de otra manera puede ocurrir corrosión en la planta. Sin embargo algunos colores pueden desarrollarse en el aceite crudo que son difíciles de eliminar por lo que su eliminación requiere un aumento sustancial de tierra de blanqueo.

El blanqueo adecuado con tierras ácidas activadas es el paso más crítico del procesamiento del aceite de soya. El blanqueo de los aceites vegetales normalmente se practica en base a la reducción del color y la dosificación, por lo general, utiliza este mismo parámetro. La reducción del color del aceite de soya en el blanqueo prácticamente puede ignorarse, ya que la reducción de color se logra mediante los efectos combinados cuando se emplean la refinación, blanqueo, desodorización e hidrogenación.

La razón fundamental de determinar la dosificación adecuada de tierras ácidas activadas se cambia del propósito de reducción de color a reducción de productos de oxidación, a fin de que todos los compuestos que contienen oxígeno sean eliminados del aceite blanqueado. En términos generales, al parecer esto puede lograrse cuando el valor del peróxido (PV) del aceite blanqueado se reduce a cero, inmediatamente a la salida de la prensa de blanqueo.

Esta es la práctica de ajuste para controlar la cantidad de tierra de blanqueo que se va a emplear, no obstante, si el contenido de clorofila del aceite representa un problema, luego entonces su eliminación excede el objetivo de "cero peróxido". Debe llevarse a cabo un seguimiento rutinario del contenido de clorofila de los aceites de soya crudos, ya que visualmente la clorofila se disfraza

con los colores amarillo y rojo que tiene, hasta que estos son eliminados, posiblemente en la etapa tardía de la desodorización; para entonces, es demasiado tarde para poder hacer algo, a menos que vuelva a procesarse el aceite.

La acidez de la tierra se expresa como acidez titulable o combinada (TA); en tanto que el PH representa la acidez libre. Por supuesto, están relacionadas entre sí, pero la TA es más importante. La TA se expresa como mg KOH/gramo de arcilla en un extracto de agua caliente, en tanto que el PH se determina en un lodo acuoso de tierra. Las características críticas que hay que considerar para seleccionar la tierra para el blanqueo se muestra en la Tabla VII.

Tabla VII. Características de las tierras de blanqueo activador

Acidez total (acidez titulable)
PH (acidez libre)
Humedad
Densidad aparente
Área superficial efectiva
Retención de aceite

La Tabla VIII presenta una comparación de las dos tierras ácidas activadas en una prueba en planta usando un aceite de soya idéntico. La superioridad del producto 105 más ácido es dramática en términos de reducción de PV. El PV se mide directamente a la salida de la prensa, de blanqueo y su medición determina la dosificación, lo cual representa una prueba de control de calidad sencilla y conveniente. Así mismo, cabe destacar la efectividad que se logra con el aumento de carga en el filtro prensa en operaciones en planta.

Tabla VIII: Prueba de blanqueo en planta, comparación de 2 tierras de blanqueo activadas

Aceite refinado		PV	Color (b)
a blanqueo	lote No	2.2	7.9r
Filtrol 54			
(1.7 acidez titulable)	1	1.7	3.5r
(3.5 ph)	2	1.3	3.2r
Filtrol 105			
(4.8 acidez titulable)	1	0.4	2.0r
(3.0ph)	4	0.0	1.8r

El segundo factor crítico en la selección de tierras es el contenido de humedad. Este debe ser de por lo menos un 10 % o mayor. La tierra con un contenido de agua menor es mucho menos efectiva. El contacto inicial de la tierra y el aceite debe ser a temperaturas menores que el punto de ebullición del agua y, después del mezclado, la temperatura debe elevarse por arriba del punto de ebullición del agua, ya sea a una presión atmosférica o al vacío.

La adición de tierra al aceite caliente disminuye su capacidad absorbente, ya que la humedad en la tierra se evapora demasiado rápido, lo que provoca un colapso en la estructura del "lattice" de la tierra, lo cual a su vez, reduce su área superficial efectiva antes de que la tierra haya tenido oportunidad de hacer su función.

Bajo condiciones de blanqueo atmosférico, la tierra debe agregarse al aceite refinado a 80 °C (180°F), elevar la temperatura rápidamente a 100-110°C (220-230°F) y mantenerla así el tiempo suficiente para que la humedad se elimine y se logre el efecto de blanqueo máximo, no es necesario sobrepasar esta temperatura máxima.

El tiempo no es tan crucial como la temperatura máxima, por lo general, basta un tiempo de contacto de 15-20 minutos para que ya no haya humedad y termine la reacción. Las prácticas moderadas sugieren que se cuente con prensas disponibles para filtrar el aceite después de este tiempo de contacto mínimo. Aunque la mayoría de las publicaciones sugieren secar el aceite de soya refinado con soda cáustica, hoy en día algunas refinerías blanquean el aceite directamente después del lavado con agua, evitando así la etapa del secado y ahorrando energía. La humedad que queda en los aceites no secados, coadyuva a incrementar el efecto de acidez de la arcilla.

Deberá haber suficiente agitación en el recipiente de blanqueo para lograr un buen contacto de la tierra con el aceite sin la incorporación de aire. El blanqueo al vacío, sea por lote o continuo, es hasta cierto punto más efectiva que el atmosférico. Puede utilizar menos tierra (cantidad no calidad), operar a menores temperaturas máximas y minimizar la oxidación al reducir la exposición al aire y permitir que el aceite se enfríe antes de regresarlo a sus condiciones atmosféricas. Aunque se prefieren las prácticas de blanqueo al vacío, el blanqueo atmosférico puede, y de hecho, produce aceites blanqueados de alta calidad. Algunas refinerías prefieren el blanqueo por lote (ya sea atmosférica o al vacío), ya que se tiene un control absoluto, en tanto que el blanqueo continuo ofrece un tratamiento promedio porque no es un sistema de flujo con interruptor. Es muy importante eliminar totalmente las tierras del aceite mediante la filtración efectiva, ya que la tierra residual podría obstruir el equipo y actuar como un pro oxidante muy fuerte.

Una vez que el aceite se ha “purificado” con un blanqueo adecuado, debe protegerse contra los abusos térmicos y oxidativos con el uso moderado de intercambiadores de calor y prácticas de llenado de tanques por el fondo. No se considera una buena práctica el almacenar o embarcar aceite de soya blanqueado, ya que el aceite blanqueado representa el punto menos estable

para los aceites en proceso. Es bien sabido que las refinadoras intentan, de vez en cuando, corregir los aceites con un alto valor de peróxido con la redesodorización. La descomposición térmica de peróxidos es total, pero quedan otros productos de oxidación. En consecuencia se incrementa la velocidad de formación de peróxido en el aceite durante el almacenamiento subsecuente y se arriesga la estabilidad del sabor del aceite terminado. Con un manejo adecuado, el aceite podría haberse reblanqueado antes de la redesodorización. Por la misma razón, no debe permitirse se desarrolle peróxido en los aceites blanqueados antes de sujetarlos a los tratamientos térmicos durante la hidrogenación y la desodorización.

En conclusión, cualquier razonamiento teórico que se aplique para intentar explicar qué se logra con el uso de ácidos activos, (el hecho práctico es que dicho procesamiento funciona), es de gran relevancia para producir un aceite de soya de la mejor calidad posible. Esto representa la mejor oportunidad para que el procesador supere la calidad variable del aceite de soya crudo con el cual tiene que trabajar.

En el blanqueo eficiente, debido a la calidad variable del aceite crudo de soya, la industria aceitera ha intentado siempre adoptar parámetros que le permitan obtener consistentemente productos RBD de la más alta calidad. Es importante ajustar el blanqueo para obtener valor de peróxido cero y la menor cantidad de promotores de oxidación, para minimizar la posterior degradación del aceite, ya que el blanqueo es la última etapa en la que pueden destruirse los hidroperóxidos y eliminarse los promotores de oxidación.

3.2.1 Eliminación de la clorofila

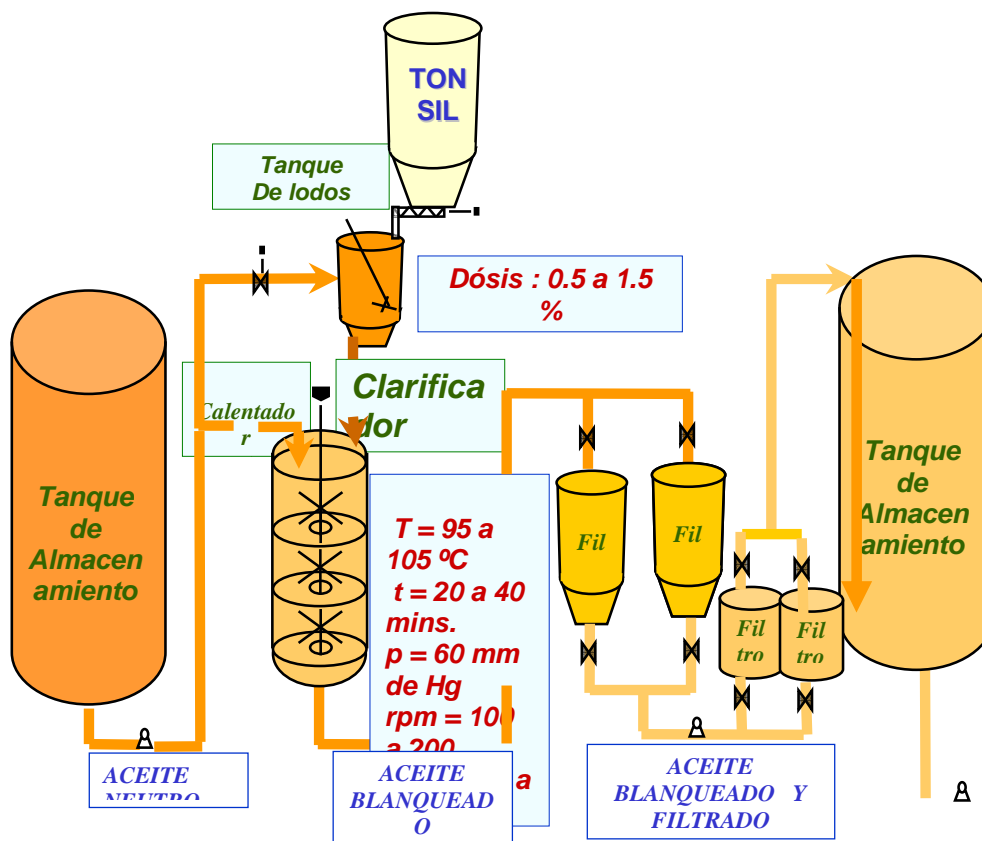
Es importante observar las siguientes diferencias de los carotenos y así lograr los resultados deseados:

- * La clorofila no es destruida o eliminada por las altas temperaturas de la desodorización, es más, la temperatura la hace más estable.
- * La determinación de la clorofila se puede llevar a cabo de una forma muy fácil, cada hora ó cada dos horas por medio de un colorímetro PFX ó de un espectrofotómetro.
- * De esta forma es posible aplicar sólo la tierra de blanqueo necesaria para su eliminación.
- * Es necesario que el aceite neutro que se envíe al blanqueo tenga el menor contenido de fósforo y jabones.
- * Independientemente del color rojo obtenido la adopción de la clorofila como parámetro de control, tiene que estar soportada por la realización eficiente de los procesos anteriores.

Figura 10. Diferencia de aceites después de la eliminación de la clorofila

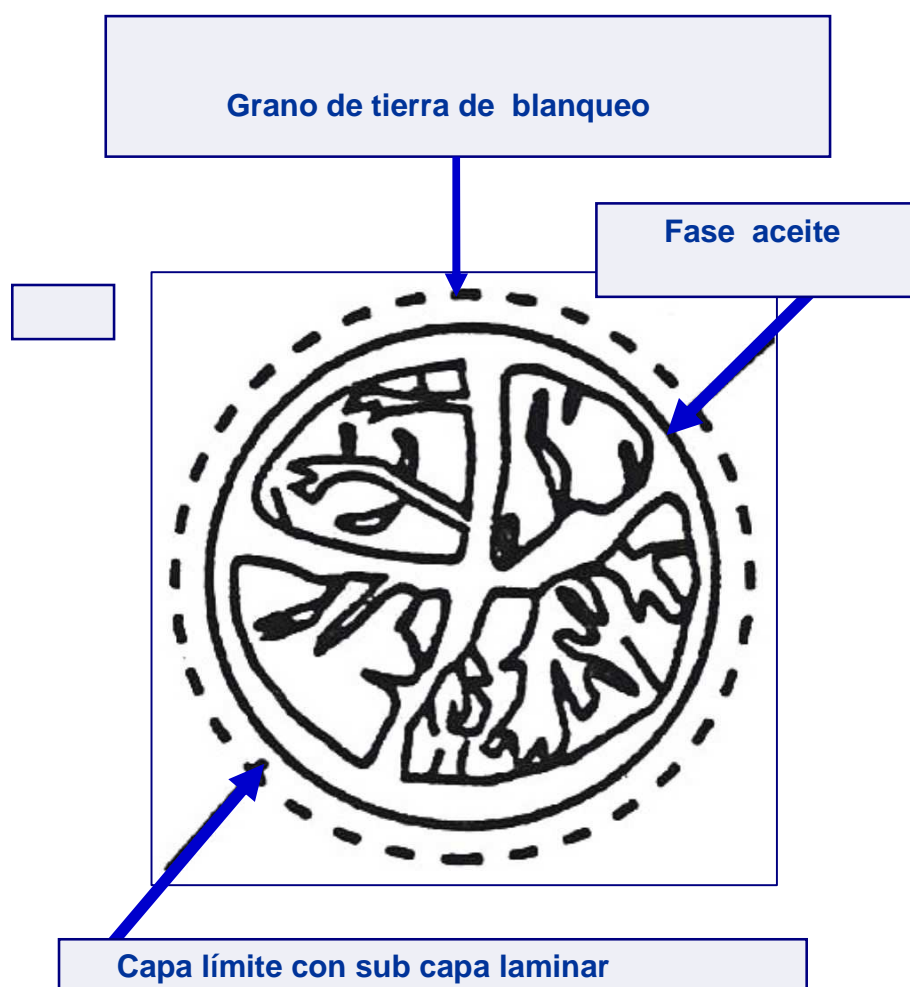


Figura 11. Proceso de blanqueo del aceite de soya



Tierra de blanqueo

Figura 12. Grano de tierra de blanqueo



De lo anterior descrito se puede considerar que, la calidad de aceite neutro a blanquear es la cantidad de impurezas presentes en el aceite, la calidad de la tierra de blanqueo, depende de la cantidad de centros de absorción presentes en

la tierra de blanqueo. Y por ultimo considerar las condiciones óptimas de proceso que son: la temperatura, tiempo de contacto, presión absoluta, agitación, humedad y filtración.

3.3 Proceso de desodorización

La desodorización es, normalmente, la última etapa de la refinación de los aceites y por lo tanto requiere especial atención para obtener un aceite de primera calidad.

El objeto de este tratamiento es la eliminación completa de todas las sustancias que le confieren al aceite un olor, sabor y acidez indeseables, dejándolo así apto para el consumo humano. Estas sustancias olorosas y saboreadoras, que son principalmente aldehídos y cetonas, son eliminadas al mismo tiempo como los ácidos grasos. Siendo mucho más volátiles que el aceite, son destiladas por el vapor vivo bajo alto vacío y a temperaturas elevadas. Ciertos esteroides, como el tocoferol (cuya cantidad evaporada depende de la temperatura y el vacío con que funciona el desodorizador), también son eliminados. Cuanto más alta la temperatura, tanto más esteroides son eliminados.

La desodorización es el aspecto final crítico en el procesamiento del aceite de soya. La Tabla IX muestra la desodorización comercial normal. En algunas ocasiones, surgen preguntas en cuanto a los factores correctos de temperatura, tiempo, presión, etc. para la desodorización. No puede darse una sola respuesta a cualquiera de estas preguntas, debido a las diferencias que presentan el equipo de desodorización y las condiciones de procesamiento de cada uno de ellos.

La eficiencia de la desodorización es una función de los siguientes parámetros:

1. Presión Absoluta.
2. Temperatura Máxima.
3. Tiempo o velocidad de paso.
4. Vapor de arrastre.

No obstante que estos parámetros están ajustados, y el objetivo es producir un aceite de soya de la mejor calidad. Dicho aceite deberá exhibir un máximo de 0.03% de FFA (ácidos grasos libres) y valores máximos de color amarillo de 10.9 y de rojo menos 1; y por supuesto será esencialmente sin sabor.

Para lograr un aceite de soya de la mejor calidad, el equipo de desodorización que esté en contacto con el aceite debe ser de acero inoxidable. El uso de acero al carbón no producirá un aceite de soya de buena calidad, aunque se utilice en algunas partes del mundo.

El aspecto crítico final en la desodorización, es agregar por lo menos, 50 ppm de ácido cítrico en la sección de enfriamiento del desodorizador. Aunque algunos fabricantes recomiendan agregar el ácido cítrico, tanto antes como después de la desodorización, esto representa un valor dudoso. Bajo condiciones normales de desodorización, el ácido cítrico que se añade antes se destruye durante el proceso y, por lo tanto, ofrece muy pocos beneficios.

Tabla IX. Condiciones de la desodorización comercial

Presión absoluta	1-6mm Hg
Temperatura de desodorizado	210-274° C
Tiempo de retención a temperatura elevada	
Tipo por lote	3-8 Horas
Tipos continuo y semicontinuo	15-120min.
Vapor de arrastre % de peso del aceite	
Tipo de lote	5-15%
Tipo continuo y semicontinuo	1-5%
Ácido graso libre en producto	
Entrada incluyendo refinación por vapor	0.05-6%
Aceite desodorizado	0.02-0.05%

Tiempo de desodorización (retención)

- * Los equipos comerciales necesitan un tiempo de retención que oscila entre 15-60 minutos para aceites que han sido refinados químicamente y que contienen un % de AGL menor a 1%.
- * Para aceites que se refinan físicamente y entran al desodorizador con AGL por ejemplo de 1.5% o 3%, los tiempos de retención se duplican.

Vapor de arrastre

- * El vapor en el desodorizador es medio para remover los AGL y volátiles del aceite.
- * Para realizar esta separación lo que importa es el volumen que ocupe el vapor y no su masa, por lo tanto esta relacionado con la presión absoluta.

- * Los equipos comerciales requieren de una cantidad de vapor de 0.6-1.2% a una presión absoluta de 3mm Hg.

Medios de calentamiento en la desodorización para lograr el calentamiento del aceite se emplean:

- * *Dowtherm* .
- * Vapor a alta presión.

El aceite mineral no se emplea, porque en caso de fuga no se puede separar el aceite vegetal y el *dowtherm*.

Sistemas de desodorización:

- * Por lotes o Batch.
- * Continuos.
- * Semicontinuos.

Desodorizadores continuos:

- * El flujo continuo permite gradientes de temperatura uniformes durante el calentamiento y el enfriamiento.
- * Permite tener el máximo potencial de conservación de energía ya que muchos sistemas alcanzan hasta un 80% de recuperación de calor. Requieren parar la producción de 20 a 60 minutos para no mezclar productos.

Desodorizadores semi continuos:

- * Pueden manejar muchas variedades de materias primas con una pérdida de

producción de casi cero y una contaminación mínima durante el cambio de stocks.

- * Manejan hasta 20 cambios de stocks al día.
- * La operación semicontinua requiere de mayor capacidad de calentamiento.
- * Se requiere de una adecuada programación de stocks.

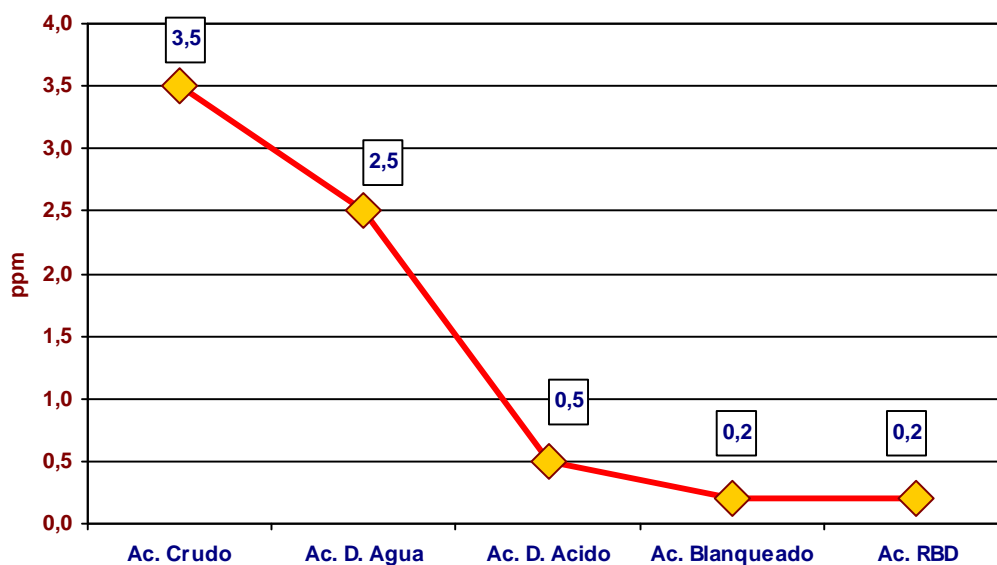
3.4 Proceso de remoción de hierro

Sorbamol 420 FF es un adsorbente desarrollado para la remoción de jabones, fósforo y partícula metálica.

Aplicaciones:

- * En la eliminación de hierro del aceite neutro.
- * En el tratamiento de aceites que serán refinados físicamente.

Figura 13. Eliminación de hierro



Otro aspecto importante que hay que considerar aparte de la eliminación del hierro es la eliminación del níquel. Cuando el aceite de soya se refina con soda cáustica y se clarifica, se convierte en un aceite fácil de hidrogenar, ya que se ha eliminado el principal veneno de catalizadores, jabones y fosfátidos.

Esto permite muy buen control de la hidrogenación, ya que el aceite es uniforme y libre de venenos para el catalizador. Aunado a que hay un control en términos selectivos, la actividad se mantiene por más tiempo y mejora la reutilización de catalizadores.

Suponiendo que se cuenta con un buen conocimiento de las técnicas adecuadas de hidrogenación y se practica un mantenimiento apropiado del equipo, (incluyendo una limpieza periódica), el problema sigue siendo hidrogenación y la eliminación de catalizadores y/o níquel residual.

Este último problema se detecta comúnmente, a partir de la selección del catalizador, tamaño de la partícula o deficiencias de la filtración. Algunos procesadores añaden ácido cítrico antes de la filtración, con objeto de reducir el níquel residual en el producto hidrogenado. El uso de una pequeña cantidad de tierra ácida activada, apoyada por ayuda del filtro, también es una práctica que puede garantizar la eliminación de níquel.

3.5 Análisis de pérdidas en los procesos

Los resultados en el refinamiento del aceite crudo de soya dependen en gran medida de las condiciones de operación, así como de la cantidad de soda que se agregue y su concentración.

Usualmente la mayor parte de pérdidas ocurren en la operación de neutralización, pero también lo hacen en el desgomado, el re-refinado y en el

lavado con agua, y son, en todos los casos, de decisiva importancia para el producto, especialmente porque el aceite de soya se caracteriza por ser bajo en la concentración de ácidos grasos que contiene comparado con otros. Por consiguiente, la cantidad de soda y su concentración debe ser correctamente calculada y cuidadosamente supervisada durante el proceso. Las pérdidas también se pueden encontrar, a través de la determinación de la cantidad total de aceite neutro en el *soap stock*, producto de la refinación, así como en el agua de descarga del lavado y desgomado.

En el presente caso, la cantidad de *soap stock* y el agua pueden muestrearse en cada paso de la refinación química, y el contenido de grasos de las diferentes muestras se puede determinar, mediante el análisis del contenido de jabón. La determinación de la pérdida total y las pérdidas en los diferentes niveles de refinación, permiten tener el completo control de la operación de refinación química.

Las siguientes instrucciones generales, basadas en la experiencia práctica, permiten una estimación de la mejor manera de trabajar la operación de refinación.

Las gomas están disueltas en el aceite crudo y tienden a precipitarse antes de la separación a que son sometidas, lo anterior se evita agregando agua para flocular y precipitar las gomas.

Algunos aceites poseen gomas que no precipitan, por lo que no se pueden eliminar con el desgomado con agua. La cantidad de agua requerida depende de la cantidad de gomas contenidas en el aceite crudo. Para hidratar cerca de la mitad de la cantidad total de gomas, es necesario calcular la cantidad de agua que reaccione exactamente con ellas.

Algunos aceites tienen algún contenido que varía de 0.5 a 2.0 %, y a partir de esto se agrega el equivalente calculado de agua. Si se aplica poca agua las gomas no precipitan en su totalidad, y si se agrega demasiada, la que no reacciona con las gomas genera la emulsificación en el aceite neutro, con la consecuente pérdida en el desgomado.

La temperatura del desgomado es preferiblemente de 65° C a 75° C., a baja temperatura la viscosidad del aceite es alta y la eficiencia es baja, a alta temperatura la precipitación de las gomas es incompleta y su remanente queda disuelto en el aceite. En este caso se recomienda agregar un tanto más de agua de lavado en la centrífuga, para prevenir que las gomas la atasquen.

La cantidad de soda teóricamente requerida para una completa neutralización de los ácidos grasos se calcula como sigue:

La cantidad teóricamente requerida para la completa neutralización de los ácidos grasos se calcula como lo siguiente:

$$P = \frac{L * d * \%FFA * 1,000}{100 * M * N}$$

Donde:

L: Flujo del aceite en la neutralización (lts. /hr.)

D: Densidad específica del aceite a la temperatura de neutralización.

%FFA: Porcentaje del contenido de ácidos grasos en el aceite crudo.

M: peso molecular de los ácidos grasos.

N: normalidad de la soda en la solución.

Tabla X. Pesos moleculares de diversos aceite

Aceite	Peso molecular
Soya	282
Palma	263
Coco	205

Tabla XI. Normalidad (N) equivalente a grados Baume (Be)

° Be	N
4	0.7
8	1.45
12	2.26
16	3.20
20	4.25
24	5.40
28	6.75

La gravedad específica del aceite de soya se puede asumir como 0.90, el flujo del aceite es generalmente de 2,000 a 3,000 lts/hora. Normalmente la cantidad de soda cáustica calculada no es suficiente para obtener un óptimo resultado. Primero el aceite no alcanza a hacerse neutro con la cantidad estequiométrica de soda calculada y segundo las pérdidas en el estado de neutralización dependen en gran medida del exceso de la concentración de la soda. Para entender más claramente los factores que influyen en el producto, podemos atribuir la ocurrencia de pérdidas a cuatro causas encontradas en la neutralización del aceite crudo:

a) Ácidos grasos libres.

- b) Materia mucilaginosa y colorante, así como otras impurezas, las cuales son removidas en la neutralización.
- c) Las pérdidas por saponificación, las cuales ocurren en la neutralización del aceite por el exceso de soda.
- d) Las pérdidas del aceite neutro en el soap stock.

Los incisos a y b son inevitables pero causan un mínimo de pérdidas, las pérdidas c y d deben ser evitadas en la mayor medida posible. Como sea, esto es de gran importancia para conocer exactamente la cantidad de pérdida que ocurre, y que puede determinarse con un cuidadoso análisis de jabón.

Las pérdidas se calculan de la siguiente manera:

- * %FFA: Porcentaje de ácidos grasos libres en el aceite crudo.
- * %FFAR: Porcentaje de ácidos grasos libres en el aceite refinado.
- * %FFASS: Porcentaje de ácidos grasos libres en el soap stock.
- * X: pérdida expresada como porcentaje.

Esperando que la insaponificación del aceite neutro ocurra, la cantidad de ácidos grasos crudos es igual a la suma de las partes de los ácidos grasos en el soap stock y en el aceite refinado. Por lo tanto, para cien partes del aceite la siguiente ecuación resulta cierta:

$$\begin{aligned} \%FFA \times 100 &= \%FFAR \times (100-X) + \%FFAS \times X \\ X &= 100 \times (\%FFA - \%FFAR) / \%FFASS - \%FFAR \end{aligned}$$

Cuando el aceite refinado es neutro el %FFAR=0 y la pérdida será:

$$X = 100 \times \%FFA / \%FFASS$$

El factor de refinamiento se define como el cociente de las pérdidas de neutralización del %FFA en Aceite crudo, sin saponificación puede ser:

$$R_n = X / \%FFA = 100 / \%FFASS$$

El total de las pérdidas en la neutralización puede ser calculada para el contenido total en el *soap stock*. Esta es la forma más simple de reunir y cuantificar con el total de *soap stock* formado durante cierto periodo de tiempo, cuando se trabaja a flujo constante.

3.6 Análisis de costos sobre pérdidas

Pruebas de blanqueo de aceite de soya:

* Para evaluar el costo del blanqueo y la calidad obtenida en el aceite RBD, se realizó en el laboratorio el blanqueo de aceite neutro de soya de tres diferentes niveles de calidad.

Se realizó el análisis de los aceites antes y después de ser blanqueados y también después de ser desodorizados se observo:

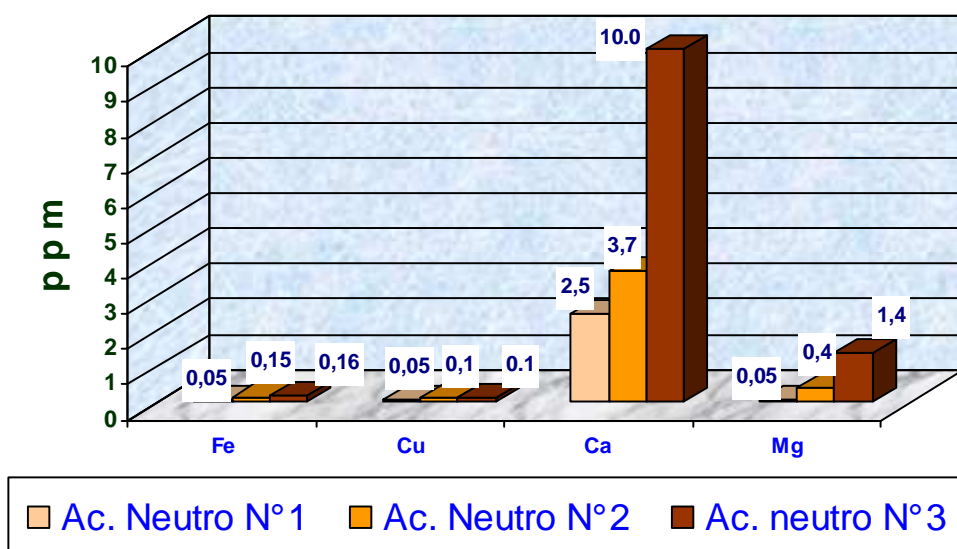
* Cómo la calidad del aceite a blanquear impacta en el costo y en la calidad del aceite RBD.

* Y cómo es conveniente tener los instrumentos adecuados para evaluar la calidad del aceite antes y después de procesarlo.

Los elementos minerales que contiene el aceite crudo de soya son básicamente son hierro, cobre, calcio y magnesio los cuales pueden variar en concentración. De acuerdo al lote o lugar de procedencia. En la gráfica siguiente

se puede observar las concentraciones de partículas metálicas de tres muestras diferentes de aceite crudo.

Figura 14. Gráfica de concentraciones metálicas



En el proceso de blanqueo se comparó el uso de dos tipos diferentes de tierras ácidas (OPT AL 0.5%, ACT 220 AL 0.3% y SUP 126 AL 0.6%) cuyos resultados se pueden observar en las gráficas siguientes, así como el costo de cada una de ellas en tipos diferentes de aceites neutros a procesar.

Figura 15. Calidad del aceite neutro y costo de blanqueado de aceite No 1

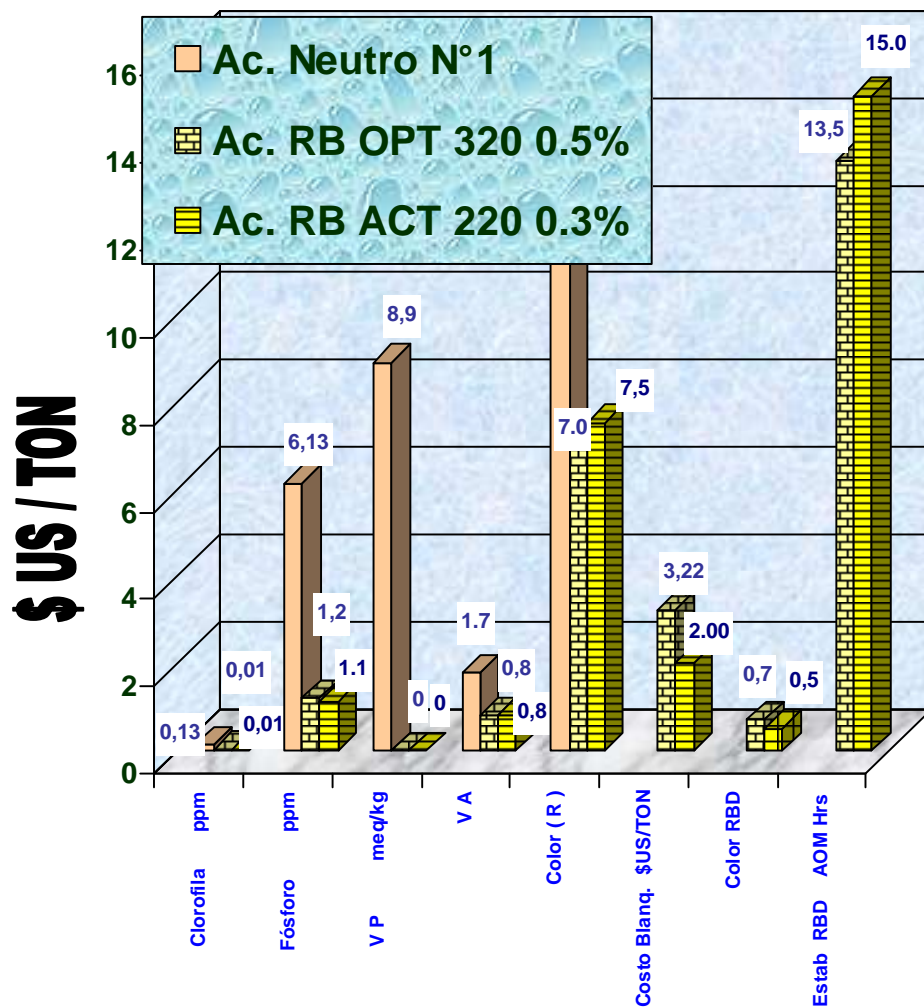
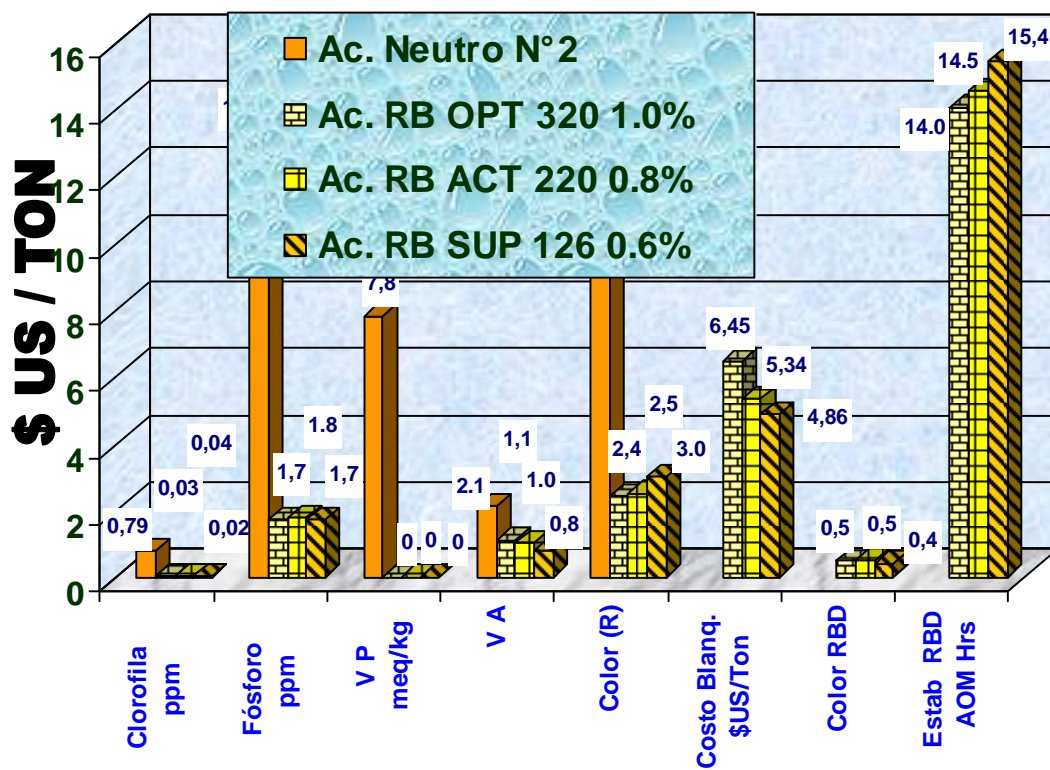
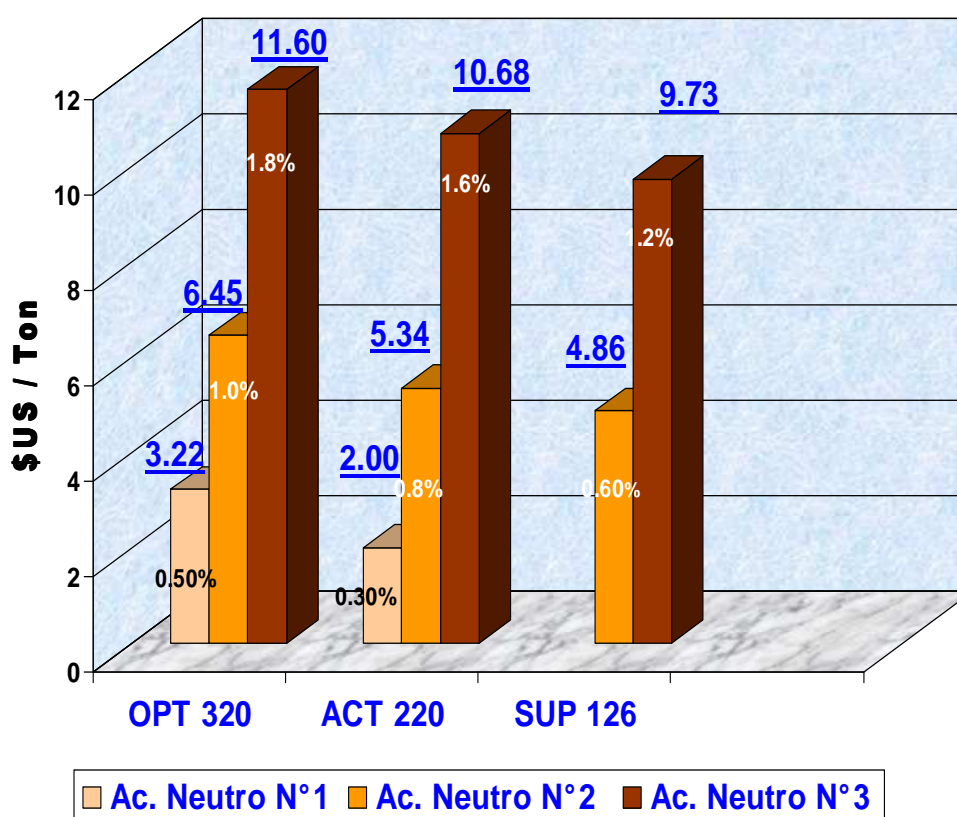


Figura 16. Calidad del aceite neutro y costo del blanqueado de aceite No 2



El costo de cada proceso de blanqueo utilizando los tipos diferentes de tierras de blanqueo se muestra en la gráfica siguiente:

Figura 17. Costo del blanqueo (influencia del aceite neutro y del tipo de tierra de blanqueo)



La obtención de un aceite de soya de alta calidad nunca será fruto de la casualidad, sino de la puesta en práctica de una serie de conocimientos y de la correcta evaluación de los costos, del proceso y de la calidad del aceite crudo.

4 MODELO A IMPLEMENTAR

4.1 Diagramas del proceso

Los procesos de refinación del aceite de soya en su orden son neutralización, blanqueo y desodorización, los cuales se detallaran individualmente por ser extensos y para su mejor comprensión debido a las instalaciones existentes, estos procesos como se vio anteriormente consisten en la extracción de diferentes elementos orgánicos y minerales que contiene el aceite crudo, estos se llevan a cabo en áreas específicas, para ello se trabajan las 24 horas diarias con una producción fija establecida de 50 toneladas de aceite refinado diario.

Los siguientes diagramas muestran la forma actual de cada proceso en su respectiva área.

4.1.1 Diagrama de flujo de neutralización del aceite de soya.

Figura 18. Diagrama de flujo de neutralización

Diagrama núm. 1

Objeto del diagrama: Proceso de neutralización

Situación: Actual

Inicia: Tanques de almacenamiento 315 y 316

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Tanques de almacenamiento

Hoja: 1/2

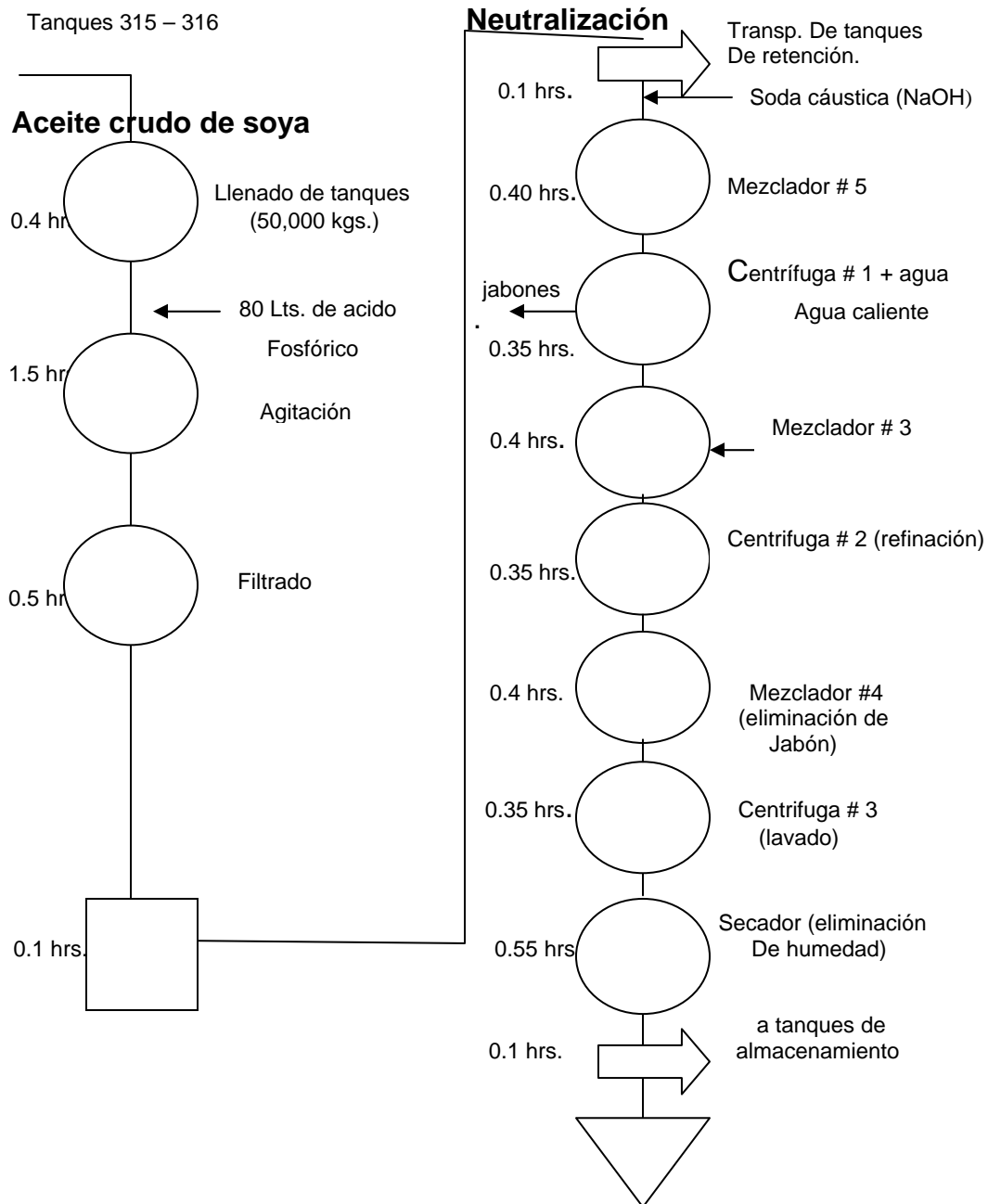


Figura 19. Resumen del proceso de neutralización

Diagrama núm.1

Objeto del diagrama: Proceso de neutralización

Situación: Actual

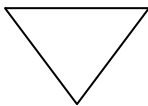
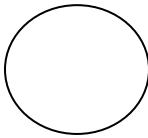


Inicia: Tanques de almacenamiento 315 y 316

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Tanques de almacenamiento

Hoja: 2/2

RESUMEN

Símbolo	descripción	Numero total	Tiempo
	Almacenamiento	2	-----
	Operación	10	5.2 hrs.
	Transporte	2	0.2 hrs.
	Inspección	1	0.1 hrs.

4.1.2 Diagrama de flujo del blanqueo del aceite de soya

Figura 20. Diagrama de flujo del blanqueo
Objeto del diagrama: Proceso de blanqueo
Inicia: Tanques de almacenamiento
Finaliza: Tanques de almacenamiento

Diagrama núm. 2
Situación: Actual
Analista: Erick Rodríguez
Hoja: 1/2

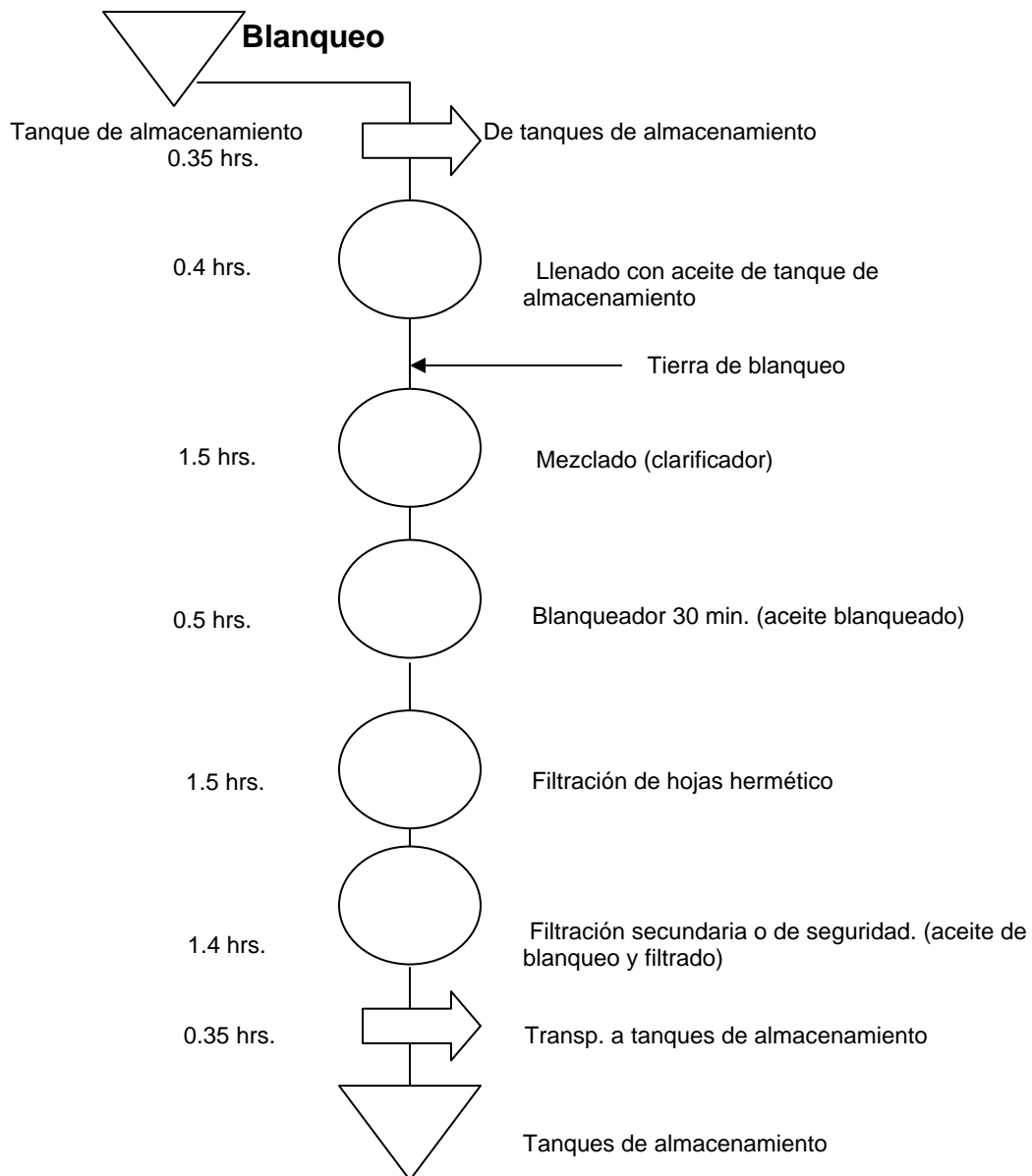


Figura 21. Resumen del proceso de blanqueo

Objeto del diagrama: Proceso de blanqueo

Inicia: Tanques de almacenamiento

Finaliza: Tanques de almacenamiento

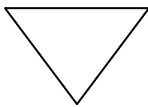
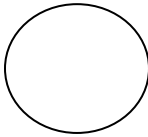

Diagrama núm. 2

Situación: Actual

Analista: Erick Rodríguez

Hoja: 2/2

RESUMEN

Símbolo	descripción	Numero total	Tiempo
	Almacenamiento	2	-----
	Operación	5	5.3 hrs.
	Transporte	2	0.7 hrs.

4.1.3 Diagrama de flujo de desodorización del aceite de soya

Figura 22. Diagrama de flujo de desodorización

Diagrama núm. 3

Objeto del diagrama: Proceso de desodorización

Situación: Actual

Inicia: Tanques de almacenamiento

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Tanques de almacenamiento

Hoja: 1/2

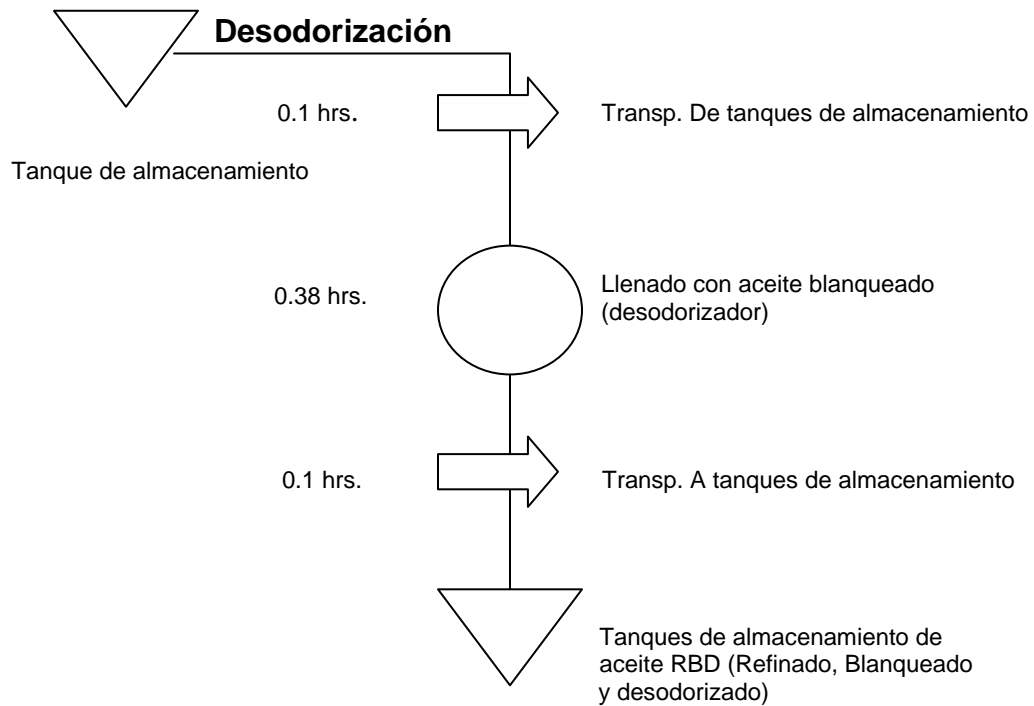


Figura 23. Resumen del proceso de desodorización

Diagrama núm. 3

Objeto del diagrama: Proceso de desodorización

Situación: Actual

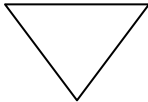
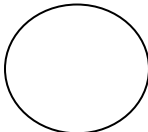

Inicia: Tanques de almacenamiento

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Tanques de almacenamiento

Hoja: 2/2

RESUMEN

Símbolo	descripción	Numero total	Tiempo
	Almacenamiento	2	-----
	Operación	1	0.38 hrs.
	Transporte	2	0.2 hrs.

4.2 Distribución de maquinaria existente

4.2.1 Distribución de maquinaria del proceso de neutralización

Figura 24. Distribución de maquinaria de neutralización

Diagrama núm. 4

Objeto del diagrama: Proceso de neutralización

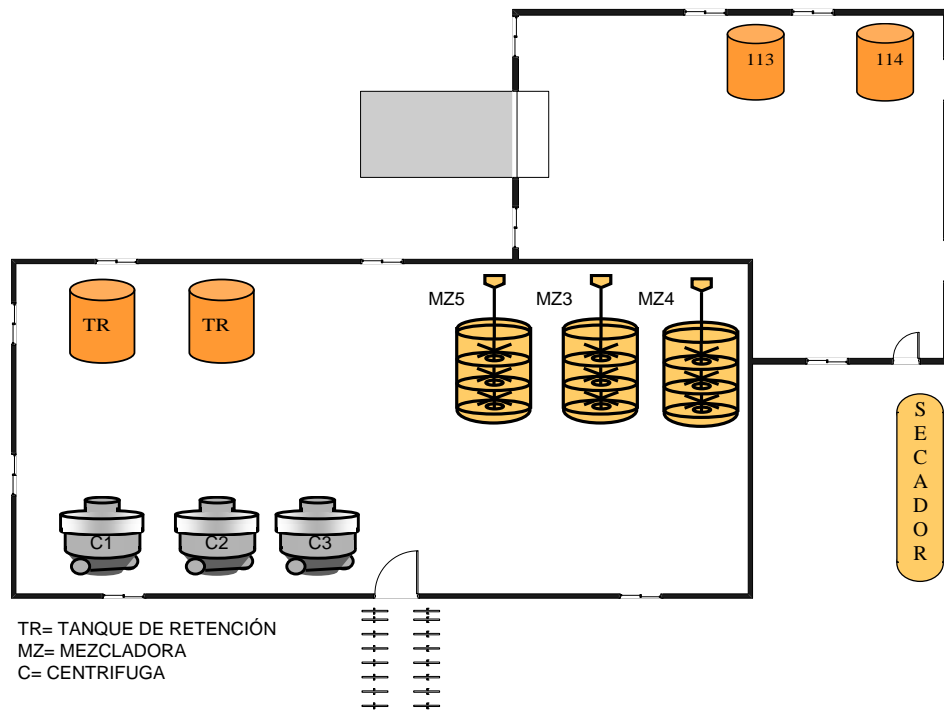
Situación: Actual

Inicia: Tanques de almacenamiento

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Secador

Hoja: 1/1



4.2.2 Distribución de maquinaria del proceso de blanqueo

Figura 25. Distribución de maquinaria de blanqueo

Diagrama núm. 5

Objeto del diagrama: Proceso de blanqueo

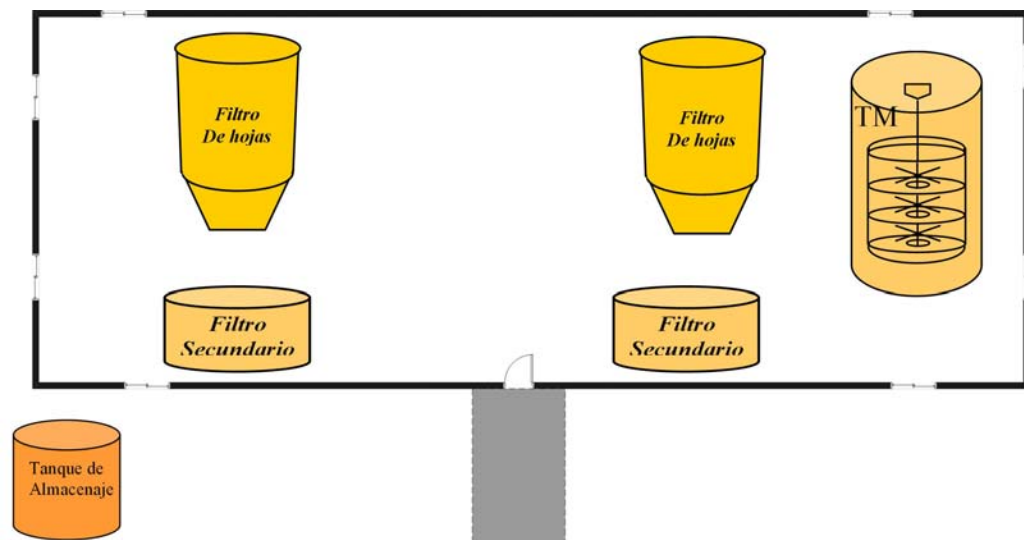
Situación: Actual

Inicia: Tanque de mezclado

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Tanques de almacenamiento

Hoja: 1/1



4.2.3 Diagrama de maquinaria del proceso de desodorización

Figura 26. Distribución de maquinaria de desodorización Diagrama núm. 6

Objeto del diagrama: Proceso de desodorización

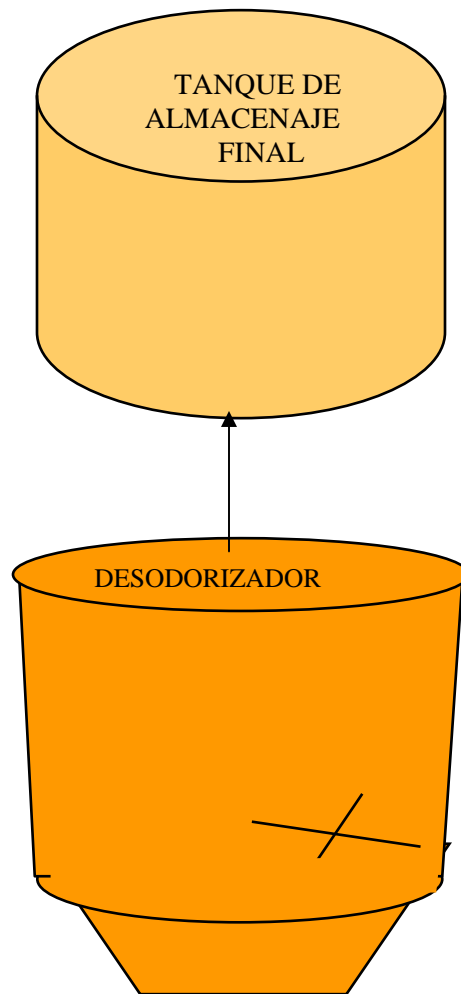
Situación: Actual

Inicia: Desodorizador

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Tanque de almacenamiento final

Hoja: 1/1



4.3 Diagramas de recorrido

4.3.1 Diagramas de recorrido del proceso de neutralización

Figura 27. Diagrama de recorrido de neutralización

Diagrama núm. 7

Objeto del diagrama: Proceso de neutralización

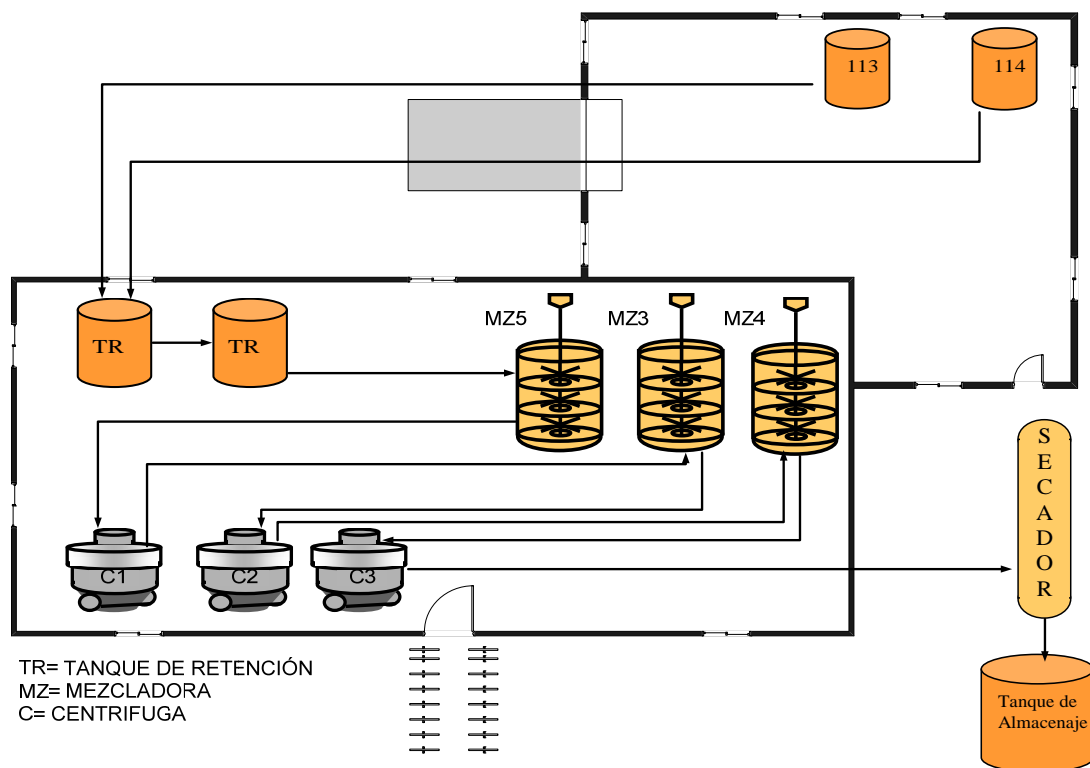
Situación: Actual

Inicia: Tanques de almacenamiento

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Tanques de almacenamiento

Hoja: 1/1



4.3.2 Diagrama de recorrido del proceso de blanqueo

Figura 28. Diagrama de recorrido de blanqueo

Diagrama núm. 8

Objeto del diagrama: Proceso de blanqueo

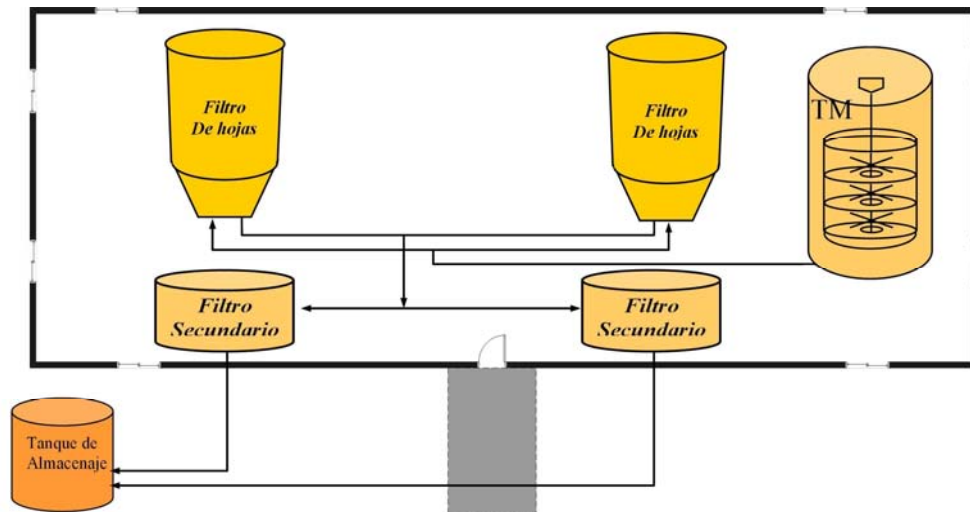
Situación: Actual

Inicia: Tanque de mezclado

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Tanques de almacenamiento

Hoja: 1/1



4.3.3 Diagrama de recorrido del proceso de desodorización

Figura 29. Diagrama de recorrido de desodorización

Diagrama núm. 9

Objeto del diagrama: Proceso de desodorización

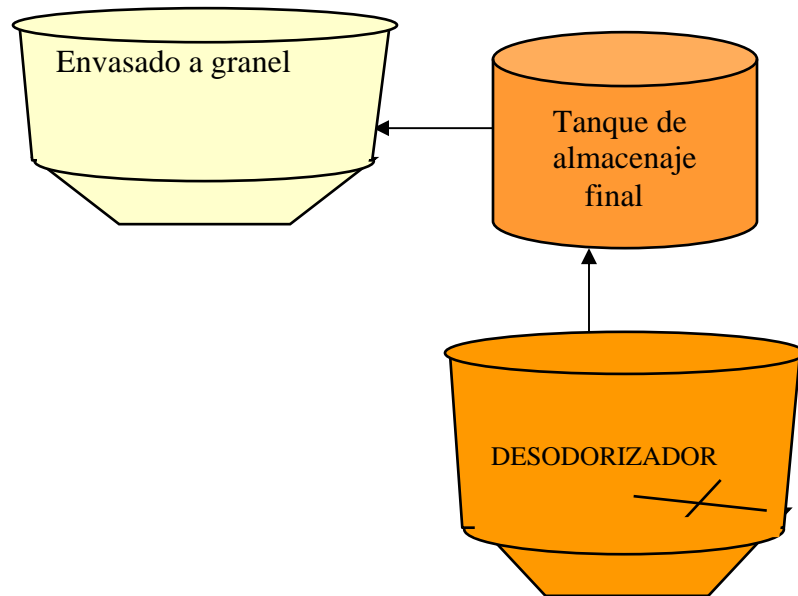
Situación: Actual

Inicia: Desodorizador

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Envasado a granel

Hoja: 1/1



4.4 Diagramas de flujo mejorados

4.4.1 Diagrama de flujo del proceso de neutralización

Figura 30. Diagrama de flujo de neutralización

Objeto del diagrama: Proceso de neutralización

Inicia: Tanques de almacenamiento 315 y 316

Finaliza: Tanques de almacenamiento

Diagrama núm. 10

Situación: Propuesto

Analista: Erick Rodríguez

Hoja: 1/2

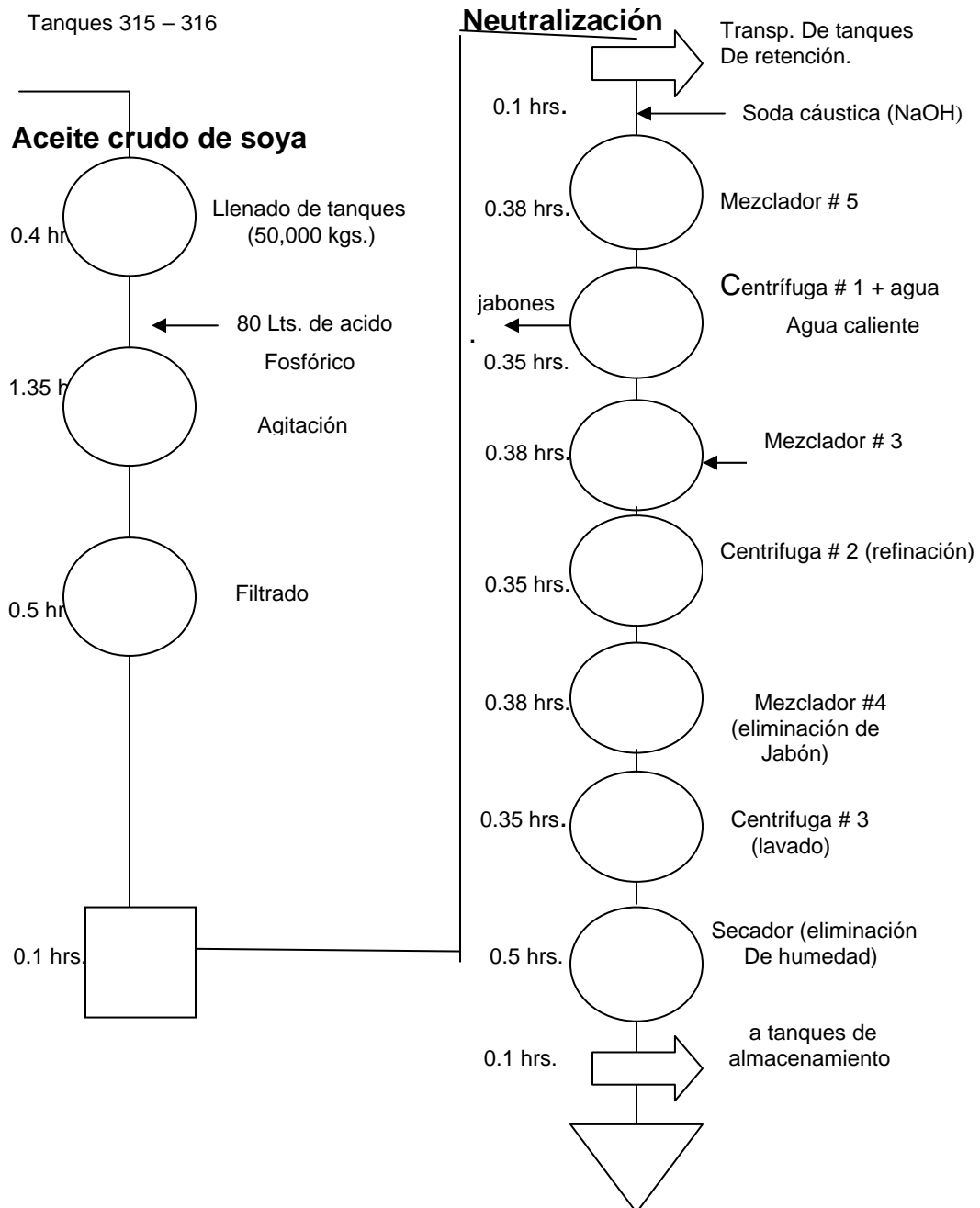


Figura 31. Resumen del proceso de neutralización

Diagrama núm. 10

Objeto del diagrama: Proceso de neutralización

Situación: Propuesto

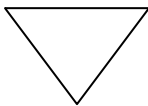
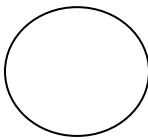


Inicia: Tanques de almacenamiento 315 y 316

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Tanques de almacenamiento

Hoja: 2/2

RESUMEN

Símbolo	descripción	Numero total	Tiempo
	Almacenamiento	1	-----
	Operación	10	4.94 hrs.
	Transporte	2	0.2 hrs.
	Inspección	1	0.1 hrs.

4.4.2 Diagrama de flujo propuesto de blanqueo

Figura 32. Diagrama de flujo del blanqueo

Objeto del diagrama: Proceso de blanqueo

Inicia: Tanques de almacenamiento

Finaliza: Tanques de almacenamiento

Diagrama núm. 11

Situación: Propuesto

Analista: Erick Rodríguez

Hoja: 1/2

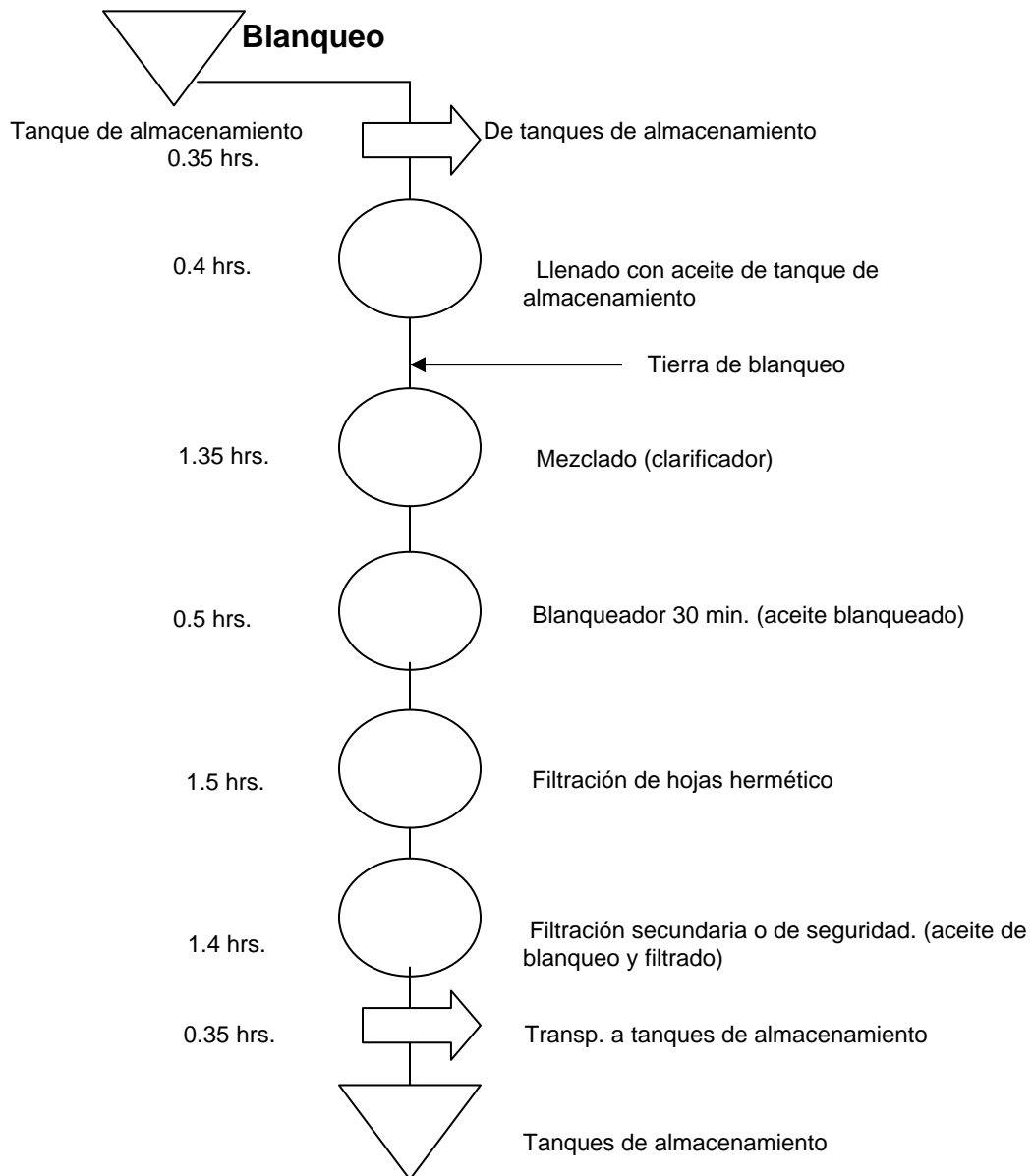


Figura 33. Resumen del proceso de blanqueo

Objeto del diagrama: Proceso de blanqueo

Inicia: Tanques de almacenamiento

Finaliza: Tanques de almacenamiento

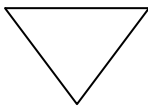
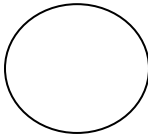

Diagrama No 11

Situación: Propuesto

Analista: Erick Rodríguez

Hoja: 2/2

RESUMEN

Símbolo	descripción	Numero total	Tiempo
	Almacenamiento	2	-----
	Operación	5	5.15 hrs.
	Transporte	2	0.7 hrs.

4.5 Diagrama de maquinaria mejorado

4.5.1 Diagrama de maquinaria propuesto para el proceso de neutralización

Figura 34. Diagrama de maquinaria de neutralizado

Diagrama núm. 12

Objeto del diagrama: Proceso de neutralización

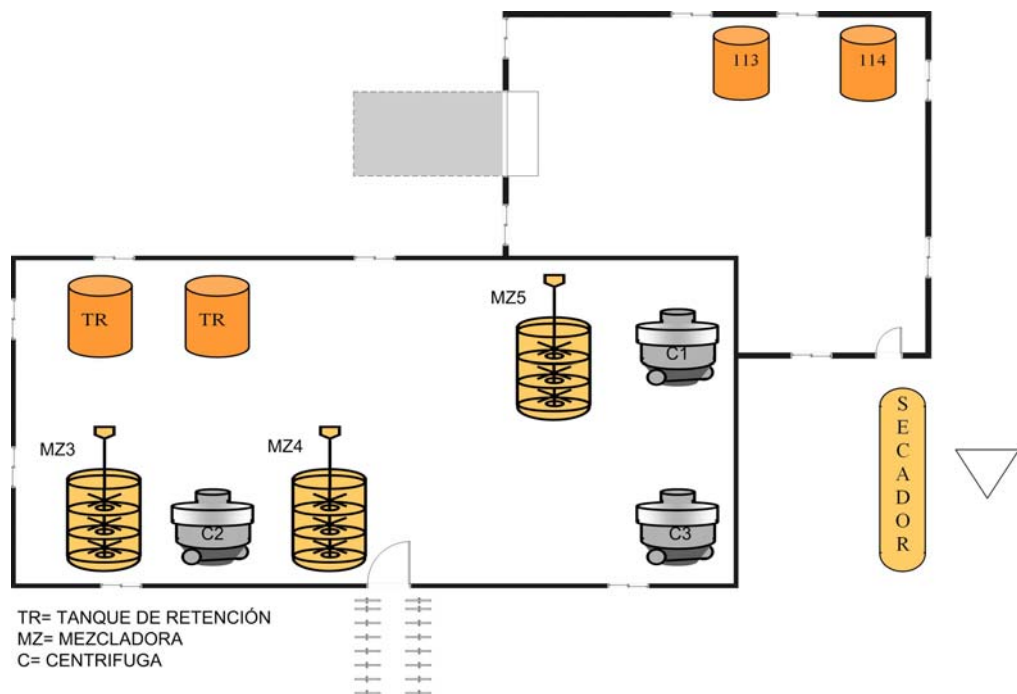
Situación: Propuesto

Inicia: Tanques de almacenamiento

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Secador

Hoja: 1/1



4.5.2 Diagrama de maquinaria propuesto para el proceso de Blanqueo

Figura 35. Diagrama de maquinaria de blanqueo

Diagrama No 13

Objeto del diagrama: Proceso de blanqueo

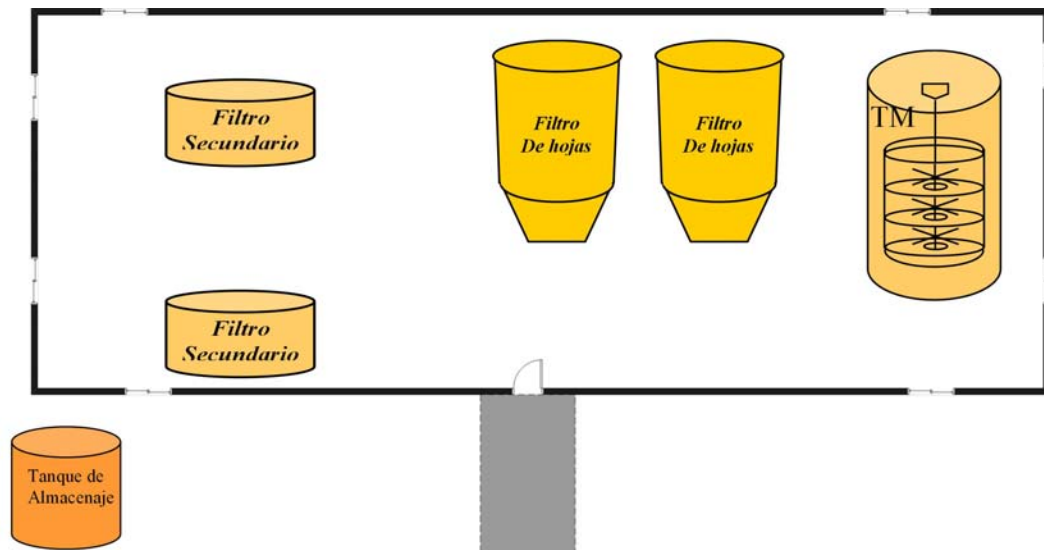
Situación: Propuesto

Inicia: Tanque de mezclado

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Tanques de almacenado

Hoja: 1/1



4.6 Diagramas de recorrido mejorado

4.6.1 Diagramas de recorrido propuesto para el proceso de neutralización

Figura 36. Diagrama de recorrido de neutralización

Diagrama núm. 14

Objeto del diagrama: Proceso de neutralización

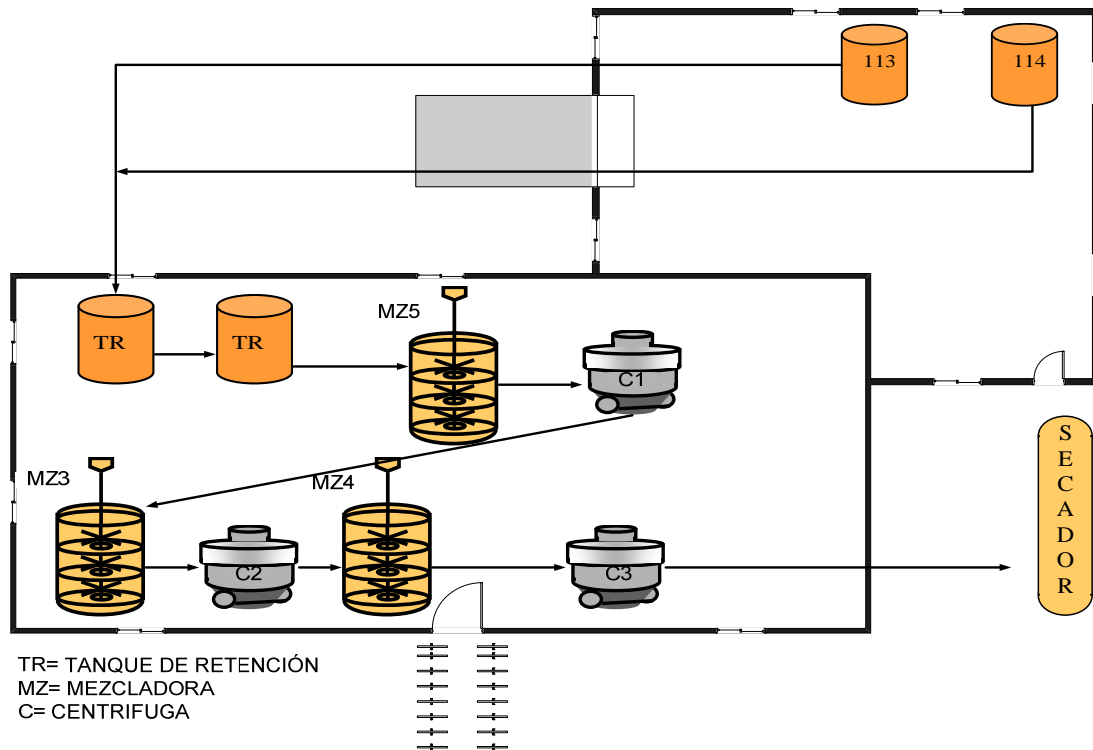
Situación: Propuesto

Inicia: Tanques de almacenamiento

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Secador

Hoja: 1/1



4.6.2 Diagrama de recorrido propuesto para el proceso de blanqueo

Figura 37. Diagrama de recorrido de blanqueo

Diagrama núm. 15

Objeto del diagrama: Proceso de blanqueo

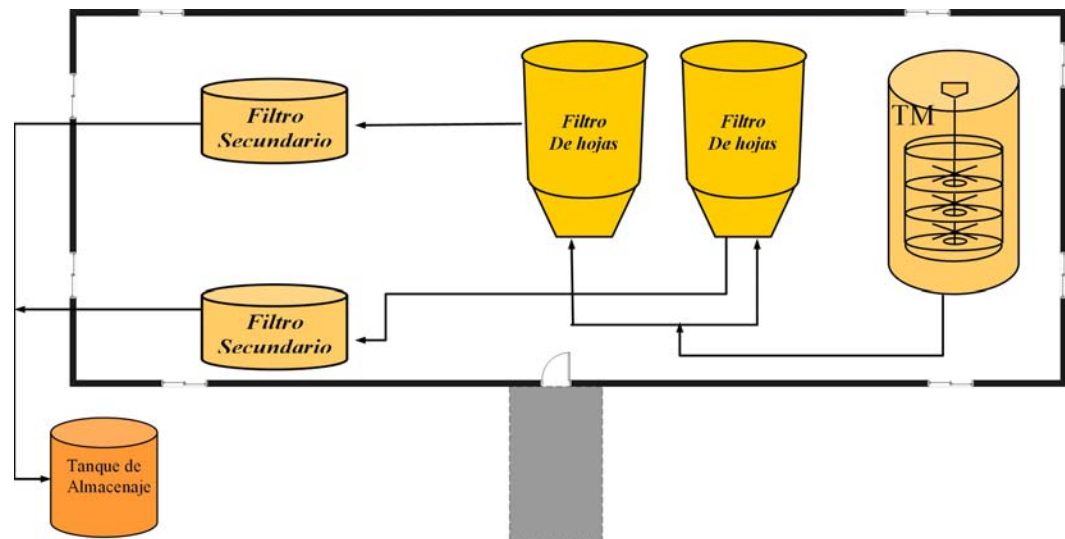
Situación: Propuesto

Inicia: Tanques de mezclado

Analista: Erick Rodríguez

Finaliza: Tanques de almacenamiento

Hoja: 1/1



4.7 Análisis de costos sobre modelo a implementar

Básicamente las propuestas que se hacen en este trabajo de tesis se basan en reducir estaciones de almacenaje entre cada uno de los procesos (neutralizado, blanqueo y desodorizado) reduciendo con esto el tiempo de refinación total y así reducir pérdidas operacionales existentes y esto nos permitiría incrementar la producción diaria de esta empresa, también se considero la redistribución de maquinaria en los procesos de neutralizado y blanqueo, no así en el proceso de desodorización porque no se cree conveniente hacer ningún cambio por la simplicidad existente.

El costo de los cambios propuestos no es de gran magnitud puesto que consiste en cambios específicos de las tuberías de conducción del aceite, para conectar directamente los procesos involucrados entre sí, y así implantar una producción continua, ya efectuados estos cambios el tiempo estimado de producción será de **2 HORAS** menor al tiempo existente, esto viene a representar un tiempo real de producción y por ser producción continua esto nos representaría un **8.33 %** de incremento en la producción diaria, esto viene a representar **4.16 toneladas** más, producidas diariamente, (tomando la base de producción diaria de 50 toneladas de aceite de soya refinado), lo cual representaría:

$$4.16 \text{ ton} \times \text{Q } 4,650 = \text{Q } 19,344$$

Con esto, tendríamos un incremento diario de Q 19,344 y como la producción es de 365 días al año, esto representaría **1518.4 toneladas** (4.16 x 365) de producción anual extra, representando esto un incremento de **Q 7,060,560** (1518.4X Q 4,650) en ganancias anuales.

Estado de costo de producción (diaria)

Orden: 280905

Fecha: 17/8/2006

Materia prima	
Inventario No 1 de materia prima (+)	Q 310,000.00
Costos netos (-)	Q 99,679.31
Inventario No 2 de materia prima	Q 323,500.00
	Q 177,179.31

Mano de obra

16 Operarios	Q 1,413.33
--------------	-------------------

Gastos de fabricación

Envases plásticos	Q 17,060.40
Etiquetas	Q 5,849.28
Energía eléctrica	Q 11,225.00
Otros	Q 21,700.00
	Q 55,834.68

Costo total de producción

Materia prima	Q 177,179.31
Mano de obra	Q 1,413.33
Gastos de fabricación	Q 55,834.68
	Q 234,427.32

Costo unitario

CU = Costo de producción / producción = Q 234,427.32/54.16 ton

CU = Q 4328.42/ton = Q 4328.42/900 lt. = **CU = Q 4.80/ lt.**

Precio de venta

PV = Q9.25/LT. (precio a granel)

% de utilidad

1-% de utilidad = CU/PV = 4.8/9.25 = % =1-0.5189 =

Utilidad = 0.4811%

Punto de equilibrio

PE = PV-COSTO-COSTOS FIJOS

PE = (Q 9.25 X 48,774 LTS) - 234,427.32 – 23,324.35

PE = Q 193,407.83 (equivalente a 20,909 lts. de aceite producido)

Figura No 38. Gráfica del punto de equilibrio

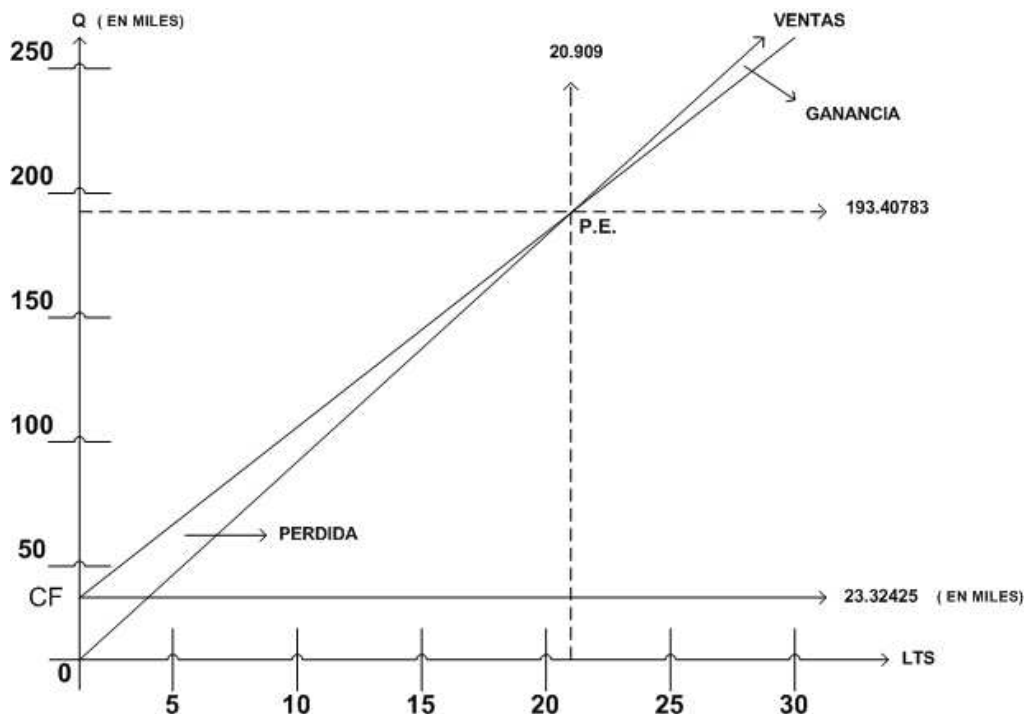


Tabla XII. Resultados del proyecto

	Actual	Propuesto	Comparación
Producción	45000lts (50 TON)	48774lts (54.16 TON)	+3,774lts(4.16 Ton)
Costo / lt	Q 5/lt	Q4.8/lt	- Q0.20/lt.
Precio Venta	Q 9.25/lt	Q9.25lt	constante
% Utilidad	0.46	0.4811	+ 0.0211
Incremento de utilidad	0.46	0.4811	+ 4.59%
Beneficios netos (diarios)	Q 191,250	Q 217,044.30	+ Q 25,794.30
Incremento en beneficios	Q 191,250	Q 217,044.30	+ 13,49%

5. VIDA ÚTIL DEL PROYECTO

5.1 Análisis periódico de productividad

Según los resultados del análisis de este trabajo se puede decir con certeza que el proyecto de modificación y/o cambios a efectuar se debe implementar en forma inmediata y su duración dependerá directamente del grado en que logre satisfacer la demanda existente, esto se deberá hacer en forma constante en periodos no mayores de seis meses para determinar el grado de productividad en un periodo total de 3 años. Se deberá tomar en cuenta todo los factores que alteran la producción, los cuales están estrechamente relacionados entre si, informarse sobre las modernas técnicas de elaboración de aceite, tanto en la fabricación como en el almacenamiento, instruir al personal en las técnicas de cata, haciendo énfasis en el análisis sensorial y siguiendo las pautas aconsejadas por las normas COI al respecto, formar uno o varios paneles para unificar criterios de actuación y solventar posibles problemas encontrados.

5.2 Análisis de parámetros de calidad

Debemos tomar en cuenta varios aspectos que son de suma importancia para lograr la calidad deseada y así poder tener un nivel competitivo con productos ya existentes y comercializados en el mercado, para lo cual debemos establecer parámetros de calidad en todas las etapas que nos lleven a una producción eficiente y con el mínimo factor de pérdidas posible, se debe informar sobre los métodos más apropiados para la conservación, almacenamiento y envasado de los aceites así como la situación del mercado del aceite de soya y

la planificación de una política de ventas y distribución comercial, todo ello encaminado a la promoción de la calidad y mejor gestión empresarial y comercial de los aceites de soya, también se debe tener en cuenta que se debe formar al personal en las normas ISO 9001.

Instruir al personal para que sea capaz de evaluar la calidad del producto obtenido, en los diferentes procesos con el fin de controlar las condiciones de elaboración y sus posibles correcciones, actualizar los conocimientos de las técnicas de control de calidad de los aceites de soya, facilitar la adopción por los laboratorios designados de las normas de garantía de calidad.

5.2.1 Factores de calidad del aceite crudo de soya

Como lo establecimos anteriormente, el procesador de aceite de soya, no siempre tiene control sobre la calidad del aceite crudo que va a procesar. Esta calidad depende tanto de la soya como del proceso de extracción que se va a emplear.

El estudio nos indica cómo todos estos factores pueden contribuir a incrementar los niveles de OSI, los cuales en algunos casos son más difíciles de eliminar, especialmente las gomas o fosfátidos no-hidratables y complejos metálicos. Desafortunadamente, las normas actuales de comercio no son las apropiadas para ofrecer al procesador de aceite de soya, información útil acerca del tipo y condición del OSI que debe eliminarse en el procesamiento.

En virtud de lo anterior, sugerimos se adopte la filosofía de las prácticas mínimas de tratamiento, a fin de garantizar una máxima calidad del aceite terminado en vista de las variaciones que presenta la calidad del aceite crudo, para tal fin, es necesario disponer y utilizar prácticas de tratamiento con ajuste.

Aunque en muchas partes del mundo todavía se practican los procesos por lotes, en esta presentación enfocamos nuestros comentarios a los procesos modernos continuos para la refinación química. El primer paso crítico en los procesos continuos es contar con un abastecimiento uniforme y adecuadamente grande del producto inicial de aceite de soya que va a procesarse. A fin de lograr este proceso moderno. Los procesadores utilizan lo que se llama un “tanque de balance”, esto permite realizar corridas continuas y prolongadas, donde se puede fijar y afinar el equipo y las condiciones para lograr un máximo control de las pérdidas en la refinación, en tanto que a la vez se garantiza la calidad del producto procesado. El funcionamiento de un sistema continuo, donde el producto inicial está cambiando continuamente, es contraproducente desde el punto de vista de eficiencia y calidad. Vale la pena invertir en instalar y emplear un suministro inicial grande o “tanque de balance” con un adecuado sistema de agitación para mantener uniformidad.

5.3 Análisis de costos sobre pérdidas

Pérdidas por refinación química:

- 1.- Si ingresamos aceite crudo de soya a proceso de refinería química, ¿Cuanto obtenemos de aceite refinado de soya?

Normalmente la pérdida de aceite son iguales a los que queremos retirar del aceite en la etapa de Neutralización (gomas hidratables y no hidratables, fosfátidos, ácidos grasos, pigmentos, iones metálicos, proteínas, carbohidratos), más la pérdida por ineficiencia de equipo o pérdida por mal mezclado, temperaturas inadecuadas, exceso de soda que saponifica grasas neutras, entre otros factores. Con relación al exceso de soda, este es el factor más importante que incide sobre las pérdidas de aceite neutro en la refinación química, en un 50

a 70 % del exceso de soda tiende a reaccionar con aceite neutro, por lo que el exceso es importante y definitivamente genera pérdidas. Otros factores como la temperatura y la forma de mezclado aceite-soda son importantes. De allí que la cantidad de soda y su contacto con el aceite a través de un buen mezclado son muy importantes.

La calidad de aceite a la entrada debe ser 200 ppm de fósforo y 3% de FFA (pudiendo ser este último más alto, llegando a 4 o 5 %). Se observó elevados los niveles de goma y fósforo entrando a la planta.

Las gomas, FFA y fosfátidos son los valores principales a eliminar, por lo que son los valores principales que forman parte de las pérdidas de aceite. A estos se le agregan valores o factores de seguridad en *Short Mix*, *Long Mix* y *Multí Mix* se ha determinado.

Se emplea la siguiente fórmula para calcular las pérdidas en neutralización y lavado (empleando una centrífuga para separar el *Soap stock* + la segunda de lavado + una tercera de segunda etapa de lavado, sin re-refino, un *Short mix* = $0.3 + 1.25 \times TL\%$, donde TL es Total Loss. Como puede observarse en la fórmula TL es multiplicado por un 25% más, esto debido a que consideramos el exceso de soda empleado (el cual normalmente es del 40%). Este exceso del 70% reacciona con aceite crudo lo que resulta en un 28% de aceite más perdido. TL es la sumatoria de Gomas en % + % de Fósforo + % de humedad e Impurezas + 0.3%. El valor de 0.3 adicionado en TL es también por experiencia otro factor de seguridad que engloba las proteínas, carbohidratos que no están medidos en los % que se insertan en la ecuación. El cálculo de la pérdida teórica es = $0.3 + 1.25 \times TL \%$, donde TL es = % de Acidez + humedad e Impurezas + 0.3%.

2.- Si ingresamos aceite refinado de soya a proceso de blanqueo

¿Cuánto > obtenemos de aceite blanqueado?

Normalmente en proceso de blanqueo las pérdidas de aceite son 25% del 1 % de tierra del blanqueo. La retención del aceite depende del tamaño de partícula (*oil retention — patide size*) y del tipo de tierra. Es decir si blanquean en un bath 6000kg/hora y agregan el 1% de tierra, 60kg/hora de tierra, de la cual se pierden 15kg de aceite en el blanqueo. La diferencia de este sistema depende grandemente del contacto tierra-aceite, la agitación, el recorrido del aceite antes del filtrador, es importante.

El aceite entrante al blanqueo, normalmente debe tener 20—17ppm de fósforo, de nuevo el valor que observó tiene de entrada es alto, requiriendo alto porcentaje de uso de tierras de blanqueo para bajar los valores de fósforo. Normalmente con estos valores de fósforo se retrocede a chequear las etapas de refinación alcalina para bajar estos niveles de forma previa, para entrar a blanqueo con menor carga de trabajo a realizar sobre el aceite, para realmente emplear el blanqueo en decoloración.

El efecto que tiene el proceso de blanqueo sobre la oxidación de otros productos (hidroperóxidos) puede observarse en el incremento de los valores de p-anisidina. La tierra de blanqueo actúa como catalizador de estas reacciones de descomposición, aumentando después de agregarle los valores de anisidina.

Para bajar estos valores de hidroperóxidos de forma previa normalmente se revisa la refinación alcalina o de forma posterior se aumenta de la cantidad de tierra de blanqueo agregada, colaborando con la reacción de descomposición, pero luego con la adsorción de los sub-productos a través de la misma (la tierra es catalizador pero a la vez absorbe el producto de la descomposición), y la consecuente reducción de los valores de p-anisidina, pero se aumente las

pérdidas de aceite con la tierra agregada. Valores de hasta 2y 3% de tierras son en ocasiones necesarios para bajar los niveles de p-anisidina cuando esto se encuentra en 7 — 9.

3.- Si ingresamos aceite blanqueado de soya a proceso de desodorización
¿Cuánto > obtenemos de aceite desodorizado

Normalmente en desodorizado las pérdidas son iguales al aceite en el vapor de succión del sistema de vacío y a los FFA presentes en el vapor de arrastres entrantes a la columna los cuales deberían en teoría poder eliminar. Si entran con 0.05% de acidez al desodorizado deberían salir con = la cantidad de aceites a la entrada — 0.05% transformándose los 0.05% FFA en las “pérdidas” de esta sección. Esto no debería ser difícil de controlar. Un porcentaje de aceite en el vapor de succión del sistema de vacío es el punto donde debería haber pérdidas además de los FFA destilados, no debería haber más.

Una ecuación que se emplea para calcular pérdidas en sistemas de desodorización o refinación física pueden ser: $0.2 + 1.1 (\%FFA \text{ entrantes} - \%FFA \text{ eliminados})$. Donde 1.1 es un factor de seguridad que normalmente empleamos para cuantificar errores de medición de 10% en el total de los FF. Suponemos arrastre de aceite hacia el sistema de vacío casi nulo, sin embargo en este 10% puede estar incluido otro factor de seguridad es el 0.2. Las pérdidas en la refinación del aceite desgomado, crudo de soya se pueden calcular así:

Pérdida por refinación:

$$\text{Pérdida} = 0.3 + 1.25 \times \%TL$$

Donde TL = %gomas +%fósforo+humedad e impurezas+0.3

$$TL = 1.70+0.03+0.2636+0.0131++0.3$$

$$TL = 2.3067$$

$$\text{Pérdida} = 0.3 + 1.25 \times 2.3067 = 3.18\%$$

$$\text{Pérdida teórica} = 0.3 + 1.25 \times \%TL$$

$$\text{DONDE: TE} = \% \text{ácides} + \% \text{humedad e impurezas} + 0.3$$

$$\text{TE} = 0.56 + 0.2636364 + 0.0131364 + 0.3$$

$$\text{TE} = 1.1367728$$

$$\text{Pérdida teórica} = 0.3 + 1.25 \times 1.1367728 = 1.72\%$$

$$\text{TE} = \% \text{gomas} + \% \text{fosfatidos} + \% \text{humedad e impurezas} + 0.3$$

Pérdida en el blanqueado teórica

Si se usa el 1% de tierra de blanqueo se pierde el 25% de aceite. Por ejemplo, si procesamos 6000 kilos/hora, usando el el 1% de tierra, usaremos 60 kilos/hora de tierra de blanqueo y perdemos 15 kilos/hora de aceite en la tierra.

$$\text{Pérdidas en el blanqueador} = 0.25\%$$

Pérdida por desodorización

$$\text{Pérdida} = 0.2 + 1.1 (\% \text{FFA entrado} - \% \text{FFA eliminado})$$

$$\text{Pérdida} = 0.2 + 1.1 (0.050 - 0.040)$$

$$\text{Pérdida} = 0.211\%$$

Donde 1.1 es un 10% de factor de seguridad

$$\text{Pérdida total} = 3.18 + 0.25 + 0.21$$

$$\text{Pérdida total} = 3.64\%$$

Estas pérdidas se calcularon en base a datos teóricos de análisis de laboratorio.

5.4 Programación sobre resultados de producción (pronósticos)

Según se pudo establecer la producción es constante, siendo un parámetro de 50 toneladas diarias, sin que sufran cambio alguno en el transcurso del año, por lo que se puede establecer que esta producción es el límite posible de producción según su capacidad instalada la cual no satisface la demanda existente, como método de expansión de producción se puede establecer la propuesta en este trabajo y así incrementar en 4.16 toneladas diarias dicha producción para reducir el margen existente entre oferta y demanda. Por lo que en este punto no es factible hacer un pronóstico de producción debido a la situación existente. Por lo que se propone como alternativa la creación de una nueva línea de producción.

CONCLUSIONES

1. Debido al aumento de la demanda y consumo de aceites, la industria aceitera está produciendo más variedad de aceites de productos. El aceite de soya es el más procesado, consumido y exportado. Dicho aceite proporciona alimento para los seres humanos, animales y material para muchas aplicaciones industriales; a eso se debe la importancia de producción del mismo. Por décadas la industria ha utilizado los mismos principios base, para extraer y procesar el aceite de mesa crudo; por eso es de vital importancia implementar y utilizar inmediatamente los cambios propuestos.
2. Se debe tomar en cuenta para factores de producción algunos parámetros iniciales y dejar establecido que para obtener un aceite RBD (refinado, blanqueado y desodorizado) de calidad es posible solo si partimos de un aceite crudo de alta calidad, la estabilidad óptima se obtiene por las condiciones bajo las que se realice la etapa de desengomado.
3. De acuerdo a resultados obtenidos en este trabajo se deben aplicar los cambios propuestos para incrementar la productividad y paralelamente capacitar adecuadamente a los operarios para lograr así los resultados deseados.
4. Al implantar las propuestas de este trabajo, se puede lograr reducir el costo de producción, lo cual representaría un 4.59 % con respecto al precio a granel obtenido inicialmente.

5. Otro factor para la implantación de los cambios propuestos, es el aumento o incremento de los beneficios o ganancias netas, puesto que si tomamos en cuenta la producción diaria (en lts.) de aceite de soya representaría un 13.49 % respecto a los beneficios actuales.
6. Se estableció un punto de equilibrio en el cual el costo de producción tiene una reducción, al mismo tiempo que se incrementa la producción.
7. Finalmente podemos afirmar de acuerdo a los resultados finales (calculados) que es necesario implementar las mejoras propuestas para obtener mayor producción, reducir costos y aumentar el beneficio neto.

RECOMENDACIONES

1. Se deberán tomar en cuenta todos los factores que varíen la producción, los cuales están estrechamente relacionados, informarse sobre las técnicas modernas de refinación de aceite, así como en los métodos de almacenamiento, para que sirvan de apoyo a los parámetros de producción, incorporar nuevas técnicas de análisis sensorial y prácticas de cata para su discusión, unificar criterios de actuación y solventar posibles problemas encontrados.
2. Desarrollar métodos que garanticen la reducción del material de desecho y verificar si realmente no puede considerarse como reutilizable o en todo caso reciclable.
3. Proponer otra alternativa a la refinación del ácido y del álcali, como la refinación de la silicona. La silicona tiene una capacidad más alta de fijar el jabón y los fosfolípidos de absorción que las arcillas tradicionales.
4. Otra alternativa a utilizar son las que incluyen el uso de enzimas para los propósitos de la extracción. Las enzimas son producto de los microorganismos del bacilo *ASPERGILLUS NIGER*. La producción del aceite aumenta directamente con la concentración de la enzima, hasta que las concentraciones alcanzan entre el 2% a 3%.
5. Se deberán conocer no solo los procesos, sino las características de la materia prima a utilizar, lo cual debe ser parte de un estudio de optimización de procesos de manufactura. Una buena manipulación de la materia prima trae un impacto significativo en los parámetros de costos y producción.

BIBLIOGRAFÍA

1. Muñoz, Alejandro. **Procedimiento para el control del proceso de refinación química del aceite crudo de soya**. Guatemala: Olmecca, 2004.
2. Licenciada Fernández Acevedo, Aurelia. **Las caras del aceite**. Argentina: alimentación-sana .com, 2005.
3. Wikipedia. **Aceite vegetal**. Argentina: enciclopedia libre, 2005.
4. Alfa laval. **Proceso de aceite crudo de soya**. México: alfa laval, 2005.
5. Ing. Villa Salinas, Victor. **Evaluación del blanqueo y desodorización**. México: sud ceime, 2005.
6. Ing. Villa Salinas, Victor. **Blanqueo eficiente del aceite de soya**. México: asociación americana de la soya, 1996.
7. Ing. Samperio, José Manuel. **Glosario de términos para la industria aceitera**. México: asociación americana de la soya, 1996.
8. Erickson, David R. **Aspectos críticos en la refinación del aceite de soya**. México: asociación AA de la soya, 1994.
9. Wurster y Sanger. **Desodorización**. USA: crown, 2003.
10. Sagpya. **Refinado de aceites**. Arg: gov.ar/agricu, 2004