

T(82)

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD  
DE INGENIERIA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decano ..... Ing. Amando Vides.  
Vocal 1o. .... Ing. Otto E. Becker.  
Vocal 2o. .... Ing. Francisco Ubieto B.  
Vocal 3o. .... Ing. Leonel Pinot L.  
Vocal 4o. .... Br. Rolando Rousselin.  
Vocal 5o. .... Br. Javier Godoy.  
Secretario ..... Ing. José A. Massanet.

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO**

Decano ..... Lic. Ricardo Antillón.  
Examinador ..... Ing. José Manuel Samayoa.  
Examinador ..... Ing. Marco Antonio Kop.  
Examinador ..... Ing. Juan Francisco  
Menchú.  
Secretario ..... Lic. Víctor Manuel Salazar.

ACTO QUE DEDICO

*A la memoria de mi Madre:*

MARIA CRISTINA DE MALDONADO

*A mi Padre:*

JACOBO MALDONADO A.

*A mi Esposa:*

ANA MARIA

*A mis Hijos:*

ANGELITA MARIA

JUAN FRANCISCO

A:

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

TESIS DE REFERENCIA  
**NO**

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA  
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

*HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:*

*Tengo el honor de someter a vuestra consideración, el presente trabajo de tesis intitulado:*

*SEPARACION DE JABON TERMINADO POR  
MEDIO DE CENTRIFUGA.*

*Tema que me fue asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería, cumpliendo con lo establecido en la Ley Universitaria.*

## OBJETO

*El fin primordial de este trabajo es estudiar el uso de una centrífuga en la separación de jabón terminado tratando en esta forma de conseguir sin una inversión considerable de capital, el aumento de la capacidad de producción en una fábrica que como la mayoría trabajan por el sistema de pailas.*

## CONTENIDO

- 1) TITULO.
- 2) OBJETO.
- 3) INTRODUCCION.
- 4) TEORIA.
- 5) SAPONIFICACION POR EBULLICION COMPLETA.
- 6) INSTALACION DE LA SEPARADORA CENTRIFUGA EN UNA PLANTA CON PAILAS Y SU FUNCIONAMIENTO
- 7) PARTE EXPERIMENTAL.
- 8) DISCUSION DE RESULTADOS.
- 9) CONCLUSIONES.
- 10) DIAGRAMAS.
- 11) BIBLIOGRAFIA.

## INTRODUCCION

Desde hace 2300 años se practica indudablemente la fabricación de jabón. Los orígenes se pierden en la prehistoria, pero se sabe que antes de la Era Cristiana se empleaban grandes cantidades de jabón en Roma, habiéndose conservado una fábrica completa entre las ruinas de Pompeya. El arte sobrevivió en la Edad Media, en ciertas ciudades de Italia, Francia e Inglaterra, alcanzando en el siglo XVIII un alto grado de desarrollo en diversos lugares, sobre todo en Marsella. Los primeros fabricantes obtenían la lejía de carbonato potásico a partir de cenizas de madera, y por adición de cal apagada liberaban la potasa cáustica necesaria para la saponificación. Para producir jabones duros era necesario salar con sal común el jabón potásico blando resultante.

El descubrimiento de la obtención del carbonato de sodio por el método de LeBlanc, dio un gran impulso a la fabricación de jabón, con lo cual su empleo se hizo más popular. Un factor importante fue la demostración por el químico francés Chevreul (1823) de que el proceso de saponificación es un proceso químico de separación de las grasas en sales de ácidos grasos (jabones) y glicerol. El desarrollo de nuevos adelantos de naturaleza técnica han sido de gran influencia en la industria jabonera tales como los nuevos métodos de saponificación continua que se están usando al presente en muchos países del mundo.

Aunque hace tiempo se conocen en la industria separadoras centrífugas, el tipo corriente de éstas no se puede emplear eficientemente en la separación de jabón, debido a la naturaleza del mismo; alta velocidad de la masa y la tendencia a formar espuma, siendo la dificultad principal la incorporación de aire con el resultado de un jabón esponjoso. Con el advenimiento de las centrífugas herméticas se han logrado superar estas dificultades. Sin embargo, en la industria jabonera la gravedad fue empleada hasta hace poco como el único medio eficaz de efectuar la separación

del jabón en las fases que tienen lugar en las diferentes etapas de su fabricación; el uso de fuerza centrífuga ha sido introducido últimamente en conexión en la aplicación de métodos de producción continua.

Existe una serie de procesos de saponificación continua ideados para reducir las operaciones lentas y el consumo de vapor excesivo en la ebullición corriente del jabón. La saponificación se efectúa por medio de un reactor en donde la temperatura y la presión existentes en éste reducen grandemente el tiempo de reacción, transformando las materias grasas íntegramente en jabón sin dar lugar a pérdidas y las aguas glicerinosas son de alta concentración.

En el caso de pequeñas fábricas la introducción de equipo para trabajar de acuerdo con los sistemas de saponificación continua resulta casi imposible, debido a la considerable inversión, sumándose la dificultad de construir plantas continuas de poca capacidad de producción a un precio razonable, el cual sería casi tan alto como el de una planta de mayor capacidad.

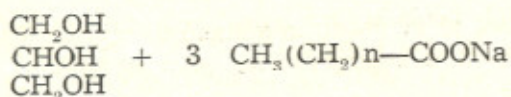
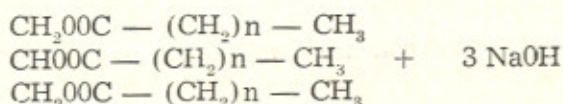
La fabricación de jabón de acuerdo con el proceso de pailas es un método que requiere tiempo, además ocupa un gran espacio. Hoy en día existe una tendencia entre los fabricantes de jabón a usar separadoras centrífugas en el método de pailas, usándolas principalmente en las operaciones de terminado de jabón, por ser en esta etapa donde se puede lograr una economía de tiempo con el consiguiente aumento en la capacidad. Además con una centrífuga se produce un jabón de mejor calidad.

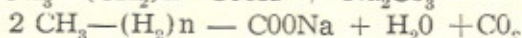
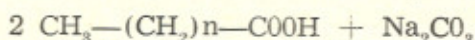
Hasta ahora nos hemos referido a la producción de jabón cocido decantado. existen además otros métodos de fabricar jabón en los que no se separa lejía, por lo tanto, no se tomarán en cuenta en este trabajo.

## T E O R I A

En el sentido estrictamente químico se conoce como jabón al compuesto formado por la reacción de un ácido graso insoluble en agua con un radical metálico o con una base orgánica, sin embargo, en la industria jabonera se conoce como tal al resultado de la reacción de un ácido graso y metal alcalino debiendo ser éste soluble en agua, ya que los jabones insolubles no poseen propiedades detergentes.

Se llama saponificación al proceso que tiene lugar cuando se forma un jabón por la acción de un hidróxido alcalino con una grasa neutra, o un ácido graso libre. Una grasa neutra está compuesta de tres moléculas de ácido graso y una molécula de glicerina, tales compuestos son llamados ésteres, pero en este caso especial se les llama triglicéridos. Siempre que el jabonero emplea la palabra saponificación significa que se han formado tres moléculas de jabón y se ha liberado una de glicerina partiendo de una molécula de triglicérido por la acción de tres moléculas de álcali; la palabra saponificación es sin embargo, aplicable al proceso en el cual una molécula de ácido graso y una de álcali reaccionan formando una molécula de jabón; es necesario tener en cuenta que en química orgánica el uso del término saponificación no está restringido únicamente, porque también se conoce como saponificación al proceso de separación de una grasa neutra en ácidos grasos y glicerina por cualquier método conocido. El término saponificación se usará en el presente trabajo exclusivamente para las reacciones que resulten en la formación de jabón. Las siguientes ecuaciones representan la saponificación de un triglicérido por medio de hidróxido de sodio y la saponificación de un ácido graso por hidróxido de sodio.





### *Saponificación por ebullición completa*

Este método consiste en hacer reaccionar los aceites y grasas con cantidades definidas de álcali, llevándose a cabo la saponificación gradualmente hasta que toda la materia grasa esté completamente saponificada. Con este proceso se produce un jabón neutro casi libre de impurezas y es superior en color, calidad y apariencia a los obtenidos con las mismas materias primas por medio de otros métodos tales como el frío y semicocido. En adición a esta ventaja se logra la recuperación del glicerol. Sin embargo, se requiere un gran conocimiento y experiencia en el manejo de la grasa empleada, la cantidad y concentración del álcali, la cantidad de sal o salmera agregada y la cantidad de vapor que se usa.

El hecho de que la fabricación de jabón y su práctica se convierta en un «arte» se debe a la naturaleza física extraordinariamente compleja del jabón y sus sistemas acuosos. Después de la saponificación, que es en sí misma una operación exacta, es necesario hacer pasar el jabón por una serie de fases de tratamiento, con objeto de eliminar las impurezas, recuperar el glicerol y reducir el contenido de humedad. La serie de operaciones necesarias para la producción de un jabón terminado o de ebullición total, son las siguientes:

10.—Reacción de la grasa con un álcali, hasta saponificarla en gran parte.

20.—Cortar o granear el jabón en la solución, con sal, en dos o más fases para la recuperación del glicerol liberado en la reacción.

3o.—Ebullición del producto con un exceso de álcali para saponificarlo totalmente seguido del graneado con álcali.

4o.—Separación de la masa en dos o más fases inmiscibles de jabón puro (neto) líquido y nigre o bien nigre y lejía; esto constituye la operación final. El jabón puro se compone de un 62 — 63% de jabón propiamente dicho, con un 29 — 30% de agua, trazas de glicerol, sal etc.

Antes de entrar en detalles acerca de las sucesivas operaciones llevadas a cabo en la fabricación de jabón, se discutirá la regla de las fases de GIBBS y el diagrama de fases de McBain, diagrama que será de una excelente ayuda para explicar lo que ocurre en una paila o en un proceso continuo.

#### *La regla de las fases.*

Se llama fase en un sistema a toda porción física y químicamente homogénea separable por medios mecánicos. Se dice que un sistema físico está en equilibrio cuando no ocurre ningún cambio aparente en el sistema, por ejemplo, una solución saturada de sulfato de sodio en agua con una cantidad de sulfato de sodio sólido. Pero si se eleva la temperatura, una cantidad de sulfato de sodio se principia a disolver y el sistema estará temporalmente fuera de equilibrio. En corto tiempo se disolverá suficiente sulfato para saturar de nuevo la solución, restaurándose en esta forma el equilibrio.

La regla de las fases es una ley física que se aplica a los sistemas en equilibrio. Se ocupa del número de variables que están comprendidas en cualquier sistema y las relaciones entre estas variables. Las variables que nos interesan serán temperatura, presión y composición.

La regla de las fases se expresan matemáticamente así:

$$F + V = C + 2$$

F = número de fases

C = número de componentes

V = grados de libertad

Grados de libertad pueden ser definidos como el número de variables independientes de dicho sistema: temperatura, presión y composición, que se pueden fijar o hacer variar arbitrariamente sin destruir el estado de equilibrio. Un cambio en las cantidades relativas de las fases presentes no es considerado una variable. Otra definición de grados de libertad es el número de variables que pueden ser cambiadas independientemente sin causar la aparición o eliminación de una fase. Regresando al ejemplo, el número de fases (F) es 2, sulfato de sodio y la solución. El número de componentes (C) es 2 agua y sulfato, por lo tanto:

$$V = C - F + 2$$

$$V = 2 - 2 + 2$$

$$V = 2$$

Esto significa que si se fijan dos de las variables (temperatura, presión y composición) se puede definir completamente el sistema. Normalmente la presión se fija como la atmosférica, de tal manera que si se fija la temperatura se habrá definido el sistema. En otras palabras sólo hay una composición posible de la solución de sulfato de sodio que puede existir en equilibrio con sulfato de sodio sólido a la presión atmosférica y a una temperatura especificada. Esta conclusión era obvia antes de aplicar la regla de las fases al ejemplo, sin embargo, es mejor tener un ejemplo simple para explicar la regla antes de usarla en casos más complicados.

Desde hace tiempo se sabe que el jabón posee varias formas físicas de las cuales las más comunes son jabón neto, nigre, jabón aglutinado (un jabón gomoso no deseable que se forma al agregar demasiada agua en el punteo) y

jabón ceroide o graneado; la lejía se considera como fase. McBain fue el primero en estudiar estas fases y estableció diagramas de fases. Por esta razón los diagramas de fases para jabón son llamados diagramas de McBain.

En jabonería la presión se toma como la atmosférica y la temperatura alrededor de 100 C aunque hay cambios en estas variables, en la práctica se asume que su efecto es insignificante. Con esto en mente la regla de las fases puede reducirse a  $V = C - F$  ya que han sido eliminadas temperatura y presión como variables.

Los componentes considerados en un sistema jabón, son jabón anhidro, agua y electrolito, el glicerol y otras impurezas menores no son tomadas en cuenta ya que en el terminado sus cantidades son tan pequeñas para efectuar el equilibrio. Aunque el jabón consiste en una mezcla de diferentes ácidos grasos, éstos se comportan como que fueran un solo componente; hay dos electrolitos presentes, cloruro de sodio e hidróxido de sodio, éstos se agrupan y se consideran un componente denominándose electrolito. El porcentaje de electrolito se obtiene multiplicando el contenido de Na2O por 1.5 y se suma al contenido de NaCl, se hace ésto porque el Na2O es más efectivo en la saladura del jabón que NaCl en una base de peso por peso. El jabón anhidro se reporta en término de AGT (ácidos grasos totales), resumiendo el número de componentes en un sistema de jabón es 3 y C en la regla de las fases es siempre 3.

#### *Diagrama de fases.*

Aplicando la regla de las fases se puede construir un diagrama de fases que nos indica la relación entre las fases para un jabón en particular. En el eje de ordenadas del diagrama se representa el porcentaje en peso de jabón anhidro y en el de abscisas el del electrolito como fue definido anteriormente ( $1.5 \times \% \text{ Na}_2\text{O} + \% \text{ NaCl}$ ). El porcentaje en peso de agua es por supuesto el 100% menos la suma de los porcentajes de jabón y electrolito, por lo cual se pue-

de representar por un punto cualquier combinación de jabón, agua, electrolito. Se puede prescindir del glicerol en el presente sistema ya que se ha demostrado que se comporta frente al jabón, de manera análoga al agua. En la fig. 1 se pueden ver cuatro regiones de fase única que llamaremos A, B, D y J y representan respectivamente el jabón neto, el jabón aglutinado, el nigre y el jabón ceroide. El eje de abscisas constituye por supuesto una región de fase única compuesta por electrolito, libre de jabón, pero que sólo existe en una sola dimensión.

Hay seis regiones de fase doble, representadas por C, E, F, I, K y M que aparecen sombreadas en la figura por las líneas de unión dibujadas. Es importante recordar que, cuando la composición del sistema se lleva a una de estas regiones, la composición de cada fase, por separada viene representada por los extremos de la línea de unión que pasa por dicha composición particular. Asimismo, se puede calcular la cantidad de cada fase determinada, midiendo la longitud de la línea de unión. Por ejemplo, si el sistema se lleva a la composición representada por Y de modo que la separación se efectúe entre el jabón ceroide y la lejía, la composición de estas dos fases estará representada por  $Y'Y''$  y la fracción de lejía por  $Y''/Y''Y'$  finalmente existen tres regiones triangulares de fase triple representadas por G, H y L en cada una de éstas, la composición de las tres fases, por separado es la misma en toda la región y se representa por los vértices del triángulo.

## SAPONIFICACION POR EBULLICION COMPLETA

Las sucesivas operaciones, llevadas a cabo en la fabricación para producir un jabón terminado, se denominan fases. La primera de éstas, destinada a saponificar la mayor parte de la materia grasa, se suele llamar fase de empaste, la cual se lleva a cabo hirviendo conjuntamente la grasa y el álcali con vapor directo. Como la grasa neutra y la solución acuosa alcalina son inmiscibles, la velocidad de reacción es al principio lenta, dependiendo sobre todo de la mag-

nitud de la interfase entre los dos líquidos. Sin embargo, en las últimas etapas se puede considerar la saponificación como una reacción esencialmente homogénea. La reacción primeramente lenta se acelera rápidamente a medida que aumenta la cantidad de jabón formado, disminuyendo su velocidad sólo al final.

En la práctica el jabón se suele hervir con nigre procedente de una ebullición anterior. La grasa fresca y el álcali añadido lentamente a la masa de jabón en ebullición, se saponifica de este modo más rápidamente. Sin embargo, debido al considerable calor desprendido en la reacción, es necesario controlar cuidadosamente la adición de grasa y lejía para evitar la ebullición y derrame de la carga fuera de la paila. Con el empleo de sublejías, la condensación del vapor de agua y la práctica de hervir el jabón con nigre y jabón de un proceso anterior, hace que al final de la saponificación el contenido de la paila en jabón éste en un 50%

Durante la operación de ebullición, es necesario mantener lo mejor posible la composición de la carga entre la porción del diagrama que comprende las superficies F', H e I (figura 1). Esto se puede llevar a cabo únicamente manteniendo un exceso de álcali durante la primera fase de la operación y añadiendo sal o salmuera concentrada, para incrementar la concentración del electrolito a medida que disminuye el álcali de la reacción. Si se deja que la composición esté comprendida dentro de las áreas B, C, E o G, puede ocurrir espesamiento o aglomeración de la masa al formarse el jabón aglutinado. Esta fase toma la forma de terrones muy viscosos y de aspecto de goma, difíciles de eliminar, una vez producidos en cantidad. Por otro lado, si se deja que la composición tome valores comprendidos en las áreas L o M, por existir un gran exceso de álcali, se separará jabón ceroide. Este jabón es un medio de reacción más inactivo que el jabón neto y por lo tanto retardará la saponificación, ya que el jabón neto es también mejor medio de reacción que el nigre, conviene mantener la composición en X representada en la Fig. 1.

Como las lejías agotadas o líquidos libres de jabón producidos en la fase de empaste se tratan directamente, para la recuperación del glicerol se acostumbra realizar esta operación, de manera que se obtenga al final una lejía prácticamente neutra y con un exceso de grasa sin saponificar, terminándose ésta en una operación subsiguiente.

#### *Lavado en contra corriente.*

En las instalaciones que disponen de pailas de cierta capacidad, se suele emplear el sistema llamado en contra corriente, para disminuir al mínimo la cantidad de agua que precise evaporar en la recuperación del glicerol. En este sistema de lavado se bombea directamente a la planta de recuperación de glicerina sólo lejía agotada rica en glicerol, producida en la fase de empaste. Las lejías más pobres de las fases sucesivas se emplean repetidamente en el lavado y se bombean de paila a paila en contracorriente con la masa jabonesa, enriqueciéndose progresivamente en glicerol. Con este sistema se logra recuperar el 95% de la cantidad teóricamente obtenible.

#### *Saladura y lavado.*

Después de la saponificación el jabón se sala añadiendo cloruro de sodio a la masa en ebullición. El modo de empleo de la sal varía algo en la práctica; algunos emplean sal en grano, mientras otros prefieren usar salmuera concentrada; el empleo de ésta hace que sea necesario evaporar más agua, en el proceso de recuperación de la glicerina.

El objeto de la saladura es llevar el sistema dentro de la región M. figura 1, para que se pueda separar el jabón de la lejía agotada rica en glicerol. El jabón asciende a la parte superior en forma de una masa bruta, llamada corrientemente jabón graneado. La mayor parte del glicerol se recupera de las sublejías separadas en la fase de empastado. Cuando se opera a no contracorriente, la lejía

agotada puede contener del 6 al 8% de glicerol. Sin embargo, es necesario llevar a cabo nuevos tratamientos con salmuera o lavados para que la recuperación sea casi completa. Estos lavados se realizan añadiendo más agua a la masa, hasta llevar la composición a la región líquida y salándola de nuevo, tal como fue descrito anteriormente. El número de lavados varía, pero no suele ser inferior a dos.

#### *Graneado con soda cáustica.*

Antes de terminar la ebullición del jabón es necesario asegurarse de que las pequeñas porciones de grasa neutra remanentes del empastado estén totalmente saponificadas. Esto se lleva a cabo por medio de la llamada granulación fuerte que se efectúa en la misma forma que los lavados descritos anteriormente, salvo que se efectúe con soda cáustica dándole a la carga una ebullición prolongada. En esta operación no se recupera glicerina y la lejía resultante se emplea en la saponificación de nuevas cargas de grasa.

#### *Operación de terminado.*

La fase de la ebullición del jabón es la operación llamada Terminado, que puede seguir directamente a la granulación con soda cáustica o a través de otro lavado intermedio, si se desea obtener un jabón puro terminado, con un contenido en álcali muy bajo, a expensas del contenido de sal.

En esta operación el jabón se licúa hirviéndolo y ajustando el contenido en agua y electrolito, para que la composición del sistema caiga en la región F (figura 1). Dejando la carga en reposo, se separa en una capa superior el jabón neto de el nigre. El objeto principal de la separación es la purificación del jabón neto; el nigre retiene la mayor parte de la suciedad, materias coloreadas, sales metálicas y otras impurezas indeseables de la carga, ade-

más de la sal disuelta el álcali libre. Puede verse en el diagrama de la figura 1, que, la porción del límite del jabón neto, adyacente al área F es estrecha y relativamente plana, por lo que la composición del jabón neto varía muy poco. Por otra parte la composición del nigre y las cantidades relativas de jabón neto y nigre pueden variar considerablemente.

La operación de Terminado es, pues, muy crítica y necesita el máximo de cuidado. El diagrama evidencia los límites muy estrechos entre los que se puede trabajar. La adición de ligeros excesos de agua o sal puede dar lugar a demasiada cantidad de nigre, disminuyendo el rendimiento de jabón neto.

Si por el contrario, se añade poca agua o sal, se producirá poco nigre, lográndose menos purificación que la deseada. Al adicionar un ligero exceso de agua de la necesaria por emplear menos cantidad de sal, o por no mezclarse bien a medida que se agrega, la composición del jabón puede quedar en las regiones G o E, con la consiguiente formación de jabón aglutinado. Ordinariamente, la cantidad de nigre que se forma en una paila es de un 15 a 20% del total y el contenido de jabón en éste es de un 30 a 40%. Después de la decantación, la capa superior de nigre tiende a enriquecerse en jabón, mientras que en la capa de jabón neto, la composición permanece prácticamente uniforme. Debido a lo complejo de la fabricación de jabón, no pudiendo reducir ésta a una serie de operaciones mecánicas, hace que se dependa en el cuidado y buen juicio del jabonero que con experiencia es capaz de controlar el transcurso de la operación por la observación del aspecto de la carga.

Al terminar o puntear pailas, se ha hecho necesario obtener un jabón neto de composición constante (AGT, NaCl, Na<sub>2</sub>O) de paila a paila y que la cantidad de nigre y su composición sea casi la misma. Un jabonero experimentado usando el método descrito anteriormente puede producir un jabón neto como el que se desea. Pequeñas

variaciones en el Terminado no afectan grandemente la composición del jabón neto. Por otro lado, el tamaño y la composición del nigre puede ser afectada notoriamente por pequeñas variaciones en la operación del Terminado. Siempre que estas variaciones en el nigre no sean grandes, no crearán problemas especiales aunque muchas pailas «malas» puedan ser atribuidas a ésto.

Sin embargo, con el advenimiento de separadoras centrífugas en esta fase del proceso, la situación ha cambiado. Se ha demostrado que el buen funcionamiento de ésta es sensible a la composición y cantidad de nigre producido en el terminado. Si la composición que se alimenta a la centrífuga no es exactamente la correcta, se tendrán serias dificultades para producir jabón neto (fase liviana) que esté dentro de las especificaciones indispensables para poder conseguir un jabón terminado de alta calidad. Al haberse logrado establecer condiciones para obtener un Terminado óptimo, se deberá tratar de conseguir siempre el Terminado de todas las pailas en la misma forma.

#### **INSTALACION DE LA SEPARADORA CENTRIFUGA EN UNA PLANTA CON PAILAS Y SU FUNCIONAMIENTO**

En el diagrama de la figura 2, se ilustra la forma de instalar una centrífuga a una paila, siendo posible conectarla con el resto de las mismas. La centrífuga con sus controles se instala en el nivel superior, quedando las bombas y la alimentación a ellas en la parte inferior. Para facilitar la limpieza y calentamiento de tubería, se necesita instalar vapor, además todas las líneas se deben de aislar perfectamente. Los líquidos que entran y salen de la separadora centrífugas pasan por ella en una forma completamente hermética, sin contacto con la atmósfera, por medio de sellos mecánicos hechos de materiales químicamente inertes; todas las partes en contacto con el jabón están hechas de acero inoxidable.

La alimentación a la centrífuga puede salir del fondo de la paila o por medio de un decantador, pasando en

seguida por un filtro antes de llegar a la bomba de alimentación, esta bomba posee un variador de velocidad a control remoto. Antes de la entrada a la centrífuga hay una llave de tres pasos con el fin de poder alimentar la centrífuga a poner a recirculación el jabón a la paila. Después de pasar por la centrífuga donde se efectúa la separación de jabón neto de nigre, lejía o nigre-lejía, según sea el caso, el jabón neto se regresa a la paila; al arrancar la planta y después de haberse hecho todos los ajustes necesarios al constatar que la planta trabaja en una forma satisfactoria, se envía a los tanques de almacenamiento de jabón neto. Lo mismo sucede con la fase pesada (nigre o lejía); cuando esta fase consiste de lejía agotada las dos llaves de tres pasos, que siguen a la centrífuga se ponen de tal manera que forman un by-pass a través de la bomba para la fase pesada. Cuando hay nigre como fase pesada se colocan estas llaves de forma que el nigre pase por la bomba que cuenta también con un control remoto de velocidad variable. Los dos variadores están conectados por una faja en V, cualquier variación en la alimentación a la centrífuga, será automáticamente corregida en la bomba de fase pesada, también es posible efectuar una variación de velocidad individualmente.

Como se mencionó antes este equipo se emplea en la separación de nigre y jabón neto o jabón neto y nigre y/o lejía. En el caso de jabón neto y nigre se corre el peligro de romper el sello líquido en la centrífuga debido a cambios de temperatura en el jabón de la paila, también hay que recordar que las diferencias en densidad entre las fases es muy pequeña. Esto se chequea por medio del manómetro que está inmediatamente después de la salida de la fase pesada; un incremento en la presión indica que la bomba no está bombeando la cantidad de nigre que sale de la centrífuga, se corrige por medio del variador de velocidad, hasta que la presión llegue de nuevo a su valor normal, al conseguirse éste, se estará bombeando el nigre de acuerdo a la cantidad producida en la separación. Al aumentarse la presión en la salida de la fase liviana (jabón neto) se

procede a reducir la contrapresión para lograr la restauración de las condiciones normales.

Para facilitar la formación del sello líquido al arrancar la centrífuga, se puede agregar electrolito por medio de la bomba para este fin. La centrífuga se calienta por medio de vapor antes del arranque, lo mismo se hace para efectuar la limpieza. Debido a la dificultad de mantener una temperatura uniforme del jabón, las pailas se aíslan perfectamente. Para poder obtener una homogenización de la masa se puede poner una bomba, pero requerirá una inversión más.

### PARTE EXPERIMENTAL

No es necesario tener un diagrama de McBain para un jabón en particular, se usa solamente para explicar el procedimiento y sirve de base para poder interpretar los resultados experimentales; aun contando con un diagrama para jabón de pailas, éste se puede usar con ciertas precauciones. Una paila de jabón está raramente en equilibrio, la temperatura cambia constantemente, existen gradientes de temperatura dentro de la paila y es sumamente difícil obtener muestras representativas, pero con el conocimiento del diagrama de fases se puede generalmente predecir el efecto de agregar lejía, adicionar agua, y por experimentación determinar las cantidades apropiadas para producir el efecto deseado. En general no es difícil saber en qué región del diagrama de fases queda una paila.

Al principio se trabajó la centrífuga con un jabón terminado en tres fases; jabón neto, nigre y lejía, con el resultado de que la separación no fue efectiva, ya que el jabón neto siempre salió con un contenido de  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$  y agua.

Al pasar por la centrífuga un jabón terminado en dos fases; jabón neto y lejía, se encontró la dificultad de que antes de lograr establecer las condiciones de operación, la suciedad e impurezas del jabón se acumularon en la centrí-

fuga, teniendo que parar para la limpieza, como se recordará en un jabón con una composición de esta naturaleza, por no haber nigre, que es la fase donde se suspenden las impurezas del jabón, la suciedad queda dispersa en la masa.

Nunco se pudo por los métodos descritos anteriormente obtener un jabón con una calidad similar a los obtenidos por medio de decantación por gravedad en la propia paila: el tiempo requerido para obtener jabón neto decantado por gravedad es de aproximadamente 36 — 48 horas. El jabón pasado por la centrifuga siempre necesitó un decantado por gravedad para alcanzar los contenidos correctos de  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$  y agua, éste decantado fue siempre de 36 -- 48 horas.

Aunque se sabía perfectamente la composición del jabón, era prácticamente imposible saber con exactitud los porcentajes de cada fase y de esta manera era difícil poder llegar a las condiciones ideales para lograr una separación satisfactoria en la centrifuga; aun logrando esto era imposible poder conseguir dejar siempre las pailas con un jabón terminado de la misma composición. Se podía dejar el jabón neto casi igual, pero no así las mismas cantidades de éste, de nigre y lejía, siempre se trabajó jabón de tres fases con los resultados anteriores.

Para lograr trabajar de tal forma que se pudiera controlar el porcentaje de cada fase, fue preciso adquirir una centrifuga de laboratorio, ordenada especialmente. Esta cuenta con calentamiento eléctrico, con un termostato para poder regular y controlar la temperatura y con un reóstato para poder centrifugar a las revoluciones por minuto que se desee.

Después de centrifugar las muestras, los tubos son enfriados, hasta que se logra una congelación completa, se procede a sacar la muestra, separándose las fases, para pesarlas y se hace el correspondiente análisis.

Para poder llegar a las condiciones necesarias para efectuar una buena separación por medio de la centrifuga de la planta, se hicieron varias pruebas lográndose conseguir una separación con las condiciones deseadas. Estas condiciones fueron las siguientes: la masa de jabón que se alimenta a la centrifuga tuvo un contenido de 35 a 36% de humedad, de 0.280 a 0.300% de alcalinidad libre expresada en % de NaOH y de 0.80 a 0.90% de cloruros; en estas condiciones después de centrifugar en el laboratorio la muestra de jabón terminado tiene una composición entre el 2 a 5% de nigre, 7 a 12% de lejía y 88 a 93% de jabón neto. Para poder conseguir que el terminado de jabón quedara siempre en las mismas condiciones se prepararon tanques con medidores para la solución de la soda, la salmuera y el agua, se hicieron análisis de cada paila antes del terminado y basándose en los resultados se procedió a calcular las cantidades necesarias que hay que agregar de soda cáustica, agua y sal. Después de ser adicionadas se homogeniza la paila y se toma una muestra para un nuevo análisis que nos servirá para comprobar si se consiguió dejar la paila en las condiciones necesarias para que se efectúe la separación. Las muestras se pasan por la centrifuga de laboratorio donde se trabajan a 100°C, 4000 revoluciones por minuto y por un tiempo de 20 minutos.

Al estarse efectuando la separación y después de haber hecho los ajustes necesarios, se analiza varias veces el jabón, para saber hasta qué punto se está llevando a cabo la separación del jabón neto. Cuando la centrifuga está en operación se hace variar la presión en la salida de jabón neto, por medio de una válvula que restringe el paso, esta válvula está accionada por presión de aire comprimido, al aumentar la presión en la salida de la fase liviana se consigue que el nigre separado fluya por la descarga de la fase pesada. Al hacer esto, se debe tener el cuidado de no incrementar demasiado la contrapresión, porque puede llegar a pasar algo de jabón neto por la fase pesada; por el contrario, si la contrapresión no es suficiente, entonces algo de nigre y lejía saldrá con el jabón neto. Para

lograr una buena separación se debe hacer un ajuste cuidadoso de las presiones.

Al terminar el jabón en tres fases se tiene la ventaja que el nigre, aunque en pequeña cantidad, permite una limpieza del jabón y no provoca la acumulación de impurezas y suciedad en la centrifuga. El jabón terminado en esta forma y después de efectuar la separación por medio de la centrifuga, pasó inmediatamente a las máquinas de secado y troquelado, sin necesidad de un decantamiento previo. Los resultados fueron los mismos que cuando se emplea un jabón decantado por gravedad en las pailas. Además se obtuvo la ventaja de que el jabón quedó más limpio debido a la remoción de las partículas sólidas que aún permanecen en cantidades ínfimas en un jabón decantado por gravedad.

De acuerdo con la regla de las fases, si el número de fases es tres y si se fijan las variables, temperatura y presión como en el caso de jabón, la fórmula quedará en la siguiente forma:

$$V = C - F$$

Los componentes son tres, agua, jabón anhidro y electrolito.

$$V = 3 - 3$$

$$V = 0$$

Los grados de libertad son cero, esto significa que al terminar un jabón en tres fases, la composición del jabón neto, el nigre y la lejía será siempre la misma. En la práctica hay pequeñas variaciones debido a que como se recordará hay diferencias en temperatura, además se toma como una fase el electrolito, siendo ésta la suma de NaCl y NaOH, etc., también influye que la muestra que se toma no sea representativa.

A continuación se ponen ejemplos de análisis de una paila sedimentada por gravedad, así como análisis de jabón antes y después de centrifugado, también se dan los métodos de análisis para la determinación de ácidos grasos totales, alcalinidad libre, cloruro de sodio y contenido de humedad.

#### ANALISIS DE PAILA SEDIMENTADA POR GRAVEDAD

##### *Ejemplo 1*

|      |       |   |       |   |
|------|-------|---|-------|---|
| AGT  | 63.0  | — | 62.5  | % |
| NaOH | 0.080 | — | 0.120 | % |
| NaCl | 0.30  | — | 0.35  | % |
| Agua | 29.0  | — | 30.0  | % |

#### ANALISIS ANTES DE CONTAR CON LA CENTRIFUGA DE LABORATORIO

##### *Ejemplo 1*

|      | Antes de centri-<br>fugar | Después de centri-<br>fugar |
|------|---------------------------|-----------------------------|
| NaOH | 0.208 %                   | 0.160 %                     |
| NaCl | 0.467 %                   | 0.410 %                     |
| Agua | 34.800 %                  | 33.00 %                     |

##### *Ejemplo 2*

|      | Antes de centri-<br>fugar | Después de centri-<br>fugar |
|------|---------------------------|-----------------------------|
| NaOH | 0.120 %                   | 0.112 %                     |
| NaCl | 0.585 %                   | 0.252 %                     |
| Agua | 33.5 %                    | 31.2 %                      |

No se tienen porcentajes de cada fase por no contar con los medios para su determinación, cuando se hicieron las experiencias. Como se puede notar, la paila centrifugada no llegaba a los límites de la paila sedimentada.

# EJEMPLOS DE ANALISIS CON LA CENTRIFUGA DE LABORATORIO, ANTES DE CONSEGUIR LAS CONDICIONES OPTIMAS DE TRABAJO

## *Ejemplo 1*

|               | Antes de<br>centrifugar | Después de<br>Centrifugar |
|---------------|-------------------------|---------------------------|
| NaOH          | 0.160 %                 | 0.100 %                   |
| NaCl          | 0.585 %                 | 0.41 %                    |
| Agua          | 33.2 %                  | 30.8 %                    |
| Jabón<br>neto | 81.10 %                 | 93.0 %                    |
| Nigre         | 14.11 %                 | 7.7 %                     |
| Lejía         | 3.90 %                  | 1.0 %                     |
| Sucio         | 0.89 %                  | 0.3 %                     |

# EJEMPLOS DE ANALISIS DESPUES DE HABER LOGRADO UNA BUENA SEPARACION

## *Ejemplo 1*

|      | Terminado<br>Antes del | Hirviente<br>Terminado | Centrifugada |
|------|------------------------|------------------------|--------------|
| NaOH | 0.160 %                | 0.280 %                | 0.096 %      |
| NaCl | 0.410 %                | 0.750 %                | 0.350 %      |
| Agua | 31.000 %               | 35.000 %               | 30.100 %     |

### Ejemplo 2

|      | Antes del<br>Terminado | Terminado<br>Hirviendo | Centrifugada |
|------|------------------------|------------------------|--------------|
| NaOH | 0.160 %                | 0.280 %                | 0.080 %      |
| NaCl | 0.410 %                | 0.950 %                | 0.350 %      |
| Agua | 31.800 %               | 36.000 %               | 30.200 %     |

Los porcentajes de nigre y lejía que existían en estas pailas fueron de 2 — 5% de nigre y de 7 — 12% de lejía. Cuando hubo más lejía y menos nigre fue más fácil la separación, pero hubo que limpiar la centrifuga mayor número de veces, por el contrario, cuando hubo más nigre fue más difícil la separación pero hubo menos limpiezas de la centrifuga.

## MÉTODOS DE ANALISIS

Método oficial AOCS Da 4a. — 48

### DETERMINACION DE ALCALINIDAD LIBRE

*Defención:* Este método determina la alcalinidad libre en la muestra.

*Aplicación:* Es aplicable a los jabones sódicos y productos de jabón sódico.

#### A. Aparatos

- 1.—Erlenmeyer de 25 ml.
- 2.—Vidrios de reloj.

#### B. Reactivos

- 1.—Alcohol etílico 95% USSD, fórmula 30 o 3 A, agregar una pequeña cantidad de solución indicadora de fenolftaleína, hervir y neutralizar con solución de NaOH antes de usarlo.

- 2.—Acido sulfúrico o clorhídrico 0.1 ó 0.25 M, exactamente estandarizado.
- 3.—Solución indicadora de fenolftaleína 1% en alcohol a 95%

#### C. Procedimiento

- 1.—Disolver la muestra en alcohol recientemente neutralizado, en baño de María.
- 2.—Titular inmediatamente con la solución de ácido estandarizada.

#### D. Cálculos

$$\% \text{ NaOH} = \frac{\text{Alcalinidad libre con \% de NaOH} \times \text{titulación de x N del ácido} \times 4}{\text{peso de la muestra}}$$

Método oficial AOCS Da 9-48

### CLORUROS

*Definición:* Este método determina los cloruros en la muestra.

*Aplicación:* Es aplicable a todos los jabones y productos de jabón.

#### A. Aparatos

- 1.—Beaker de 500 ml.

#### B. Reactivos

- 1.—Solución de nitrato de plata 0.1 N.
- 2.—Solución de ácido sulfúrico.
- 3.—Solución indicadora de cromato de potasio. Disolver 5 g.  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  en agua destilada y agregar solución de  $\text{AgNO}_3$ , hasta que se forme un ligero

precipitado rojo, filtrar y diluir a 100 ml. con agua destilada.

- 4.—Solución indicadora de fenolftaleína 1% en alcohol 95%
- 5.—Solución de nitrato de magnesio 20% Mg. (NO<sub>3</sub>) 2.6H<sub>2</sub>O en agua destilada, la solución debe ser neutra y libre de cloruros.
- 6.—Carbonatos de calcio grado A. C. S.

### C. Procedimiento

- 1.—Pesar 5 g. (e a 3 gr. para muestras que contengan 500 ml., agregar 300 ml. de agua destilada libre de cloruros, hervir si se necesita para efectuar la solución.
- 2.—Agregar un exceso de solución de Mg. (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, (usualmente 25 ml. de solución 20%) filtrar y lavar con agua destilada libre de cloruros, hasta remover todos los cloruros.
- 3.—Enfriar a temperatura ambiente (20 — 25 C). Si la solución es alcalina agregar fenolftaleína y después H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1. 0. N, hasta que quede incolora, evitando un exceso de más de una gota de ácido, agregar 1 ml. de indicador K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> por cada 100 ml. de solución y titular con AgNO<sub>3</sub> a la primera coloración roja permanente.
- 4.—Preparar un blank en un beaker de 500 ml. conteniendo el mismo volumen de agua destilada, solución de Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> e indicador, agregar suficiente CaCO<sub>3</sub> al blank para que tenga una turbidez equivalente a la muestra cuando ambas están en agitación.
- 5.—Usando el blank de comparación, continuar la titulación de la muestra hasta que ocurra un dé-

bil cambio de color. Al punto final el color de la solución de la muestra no debe ser obscuro, sino un poco diferente que el blank.

- 6.—Agregar suficiente  $\text{AgNO}_3$  0.1 N al blank para que las dos locoraciones, la del blank y la muestra queden iguales.

#### D. Cálculos

$$\% \text{ NaCl} = \frac{(\text{S}-\text{B}) \times \text{N} \times 5.85}{\text{Peso muestra}}$$

S = Titulación de la muestra

B = Titulación del blank

N = Normalidad del  $\text{AgNO}_3$

### DETERMINACION DE ACIDOS GRASOS TOTALES

#### METODO RAPIDO

##### *Aplicación:*

Este método es aplicable a un control de rutina y los valores que se obtienen son de una exactitud entre 0.1%

##### *Procedimiento:*

Pesar 10 gramos de muestra en un beaker de 300 ml. de agua destilada caliente y acidificar y calentar en baño María hasta que clarifiquen los ácidos grasos. Pesar 10 gramos de cera de abejas y agregarlas al beaker, calentar en baño María hasta que se clarifique la cara y se mezcle con los ácidos grasos, sacar el beaker y ponerlo a enfriar en baño de hielo, sacar el disco sólido de cera y ácidos

grasos, secarlo con papel filtro, secar las partículas adheridas al beaker y pesar.

*Cálculos:*

$$\% \text{ AGT} = (\text{peso del disco} - 10) \times 10$$

#### DETERMINACION DE PORCENTAJES DE HUMEDAD

Para este análisis se emplea el método por medio de un aparato Cenco, ampliamente conocido en laboratorios e industrias.

#### DISCUSION DE RESULTADOS

Cuando se encuentran diferencias en la relación de jabón neto, nigre y lejía, se debe principalmente a que la muestra no es representativa, conviene siempre tomar varias muestras para reducir las diferencias causadas por malas muestras al mínimo. Se suma a ésto la dificultad que hay al hacer los cálculos para el Terminado del jabón, al no conocer con exactitud la cantidad de jabón que hay en la paila.

Los límites del electrolito y humedad que dieron las condiciones ideales para trabajar eficientemente la centrifuga no son exactos. ya que lo que cuenta son los resultados obtenidos en la centrifuga de laboratorio. Para lograr una buena separación de jabón neto por medio de la centrifuga de la planta, es indispensable que las pailas queden siempre con la misma relación de jabón neto, nigre y lejía y se logra ésto únicamente con la ayuda de la centrifuga de laboratorio.

Los métodos de análisis empleados tienen una exactitud que para el trabajo que se efectuó dieron buenos resultados, pero como se comprenderá siempre hay ciertas varia-

ciones de poca significación, aún así éstas pueden ser corregidas al estar trabajando la centrífuga, pero siempre dentro de ciertos límites.

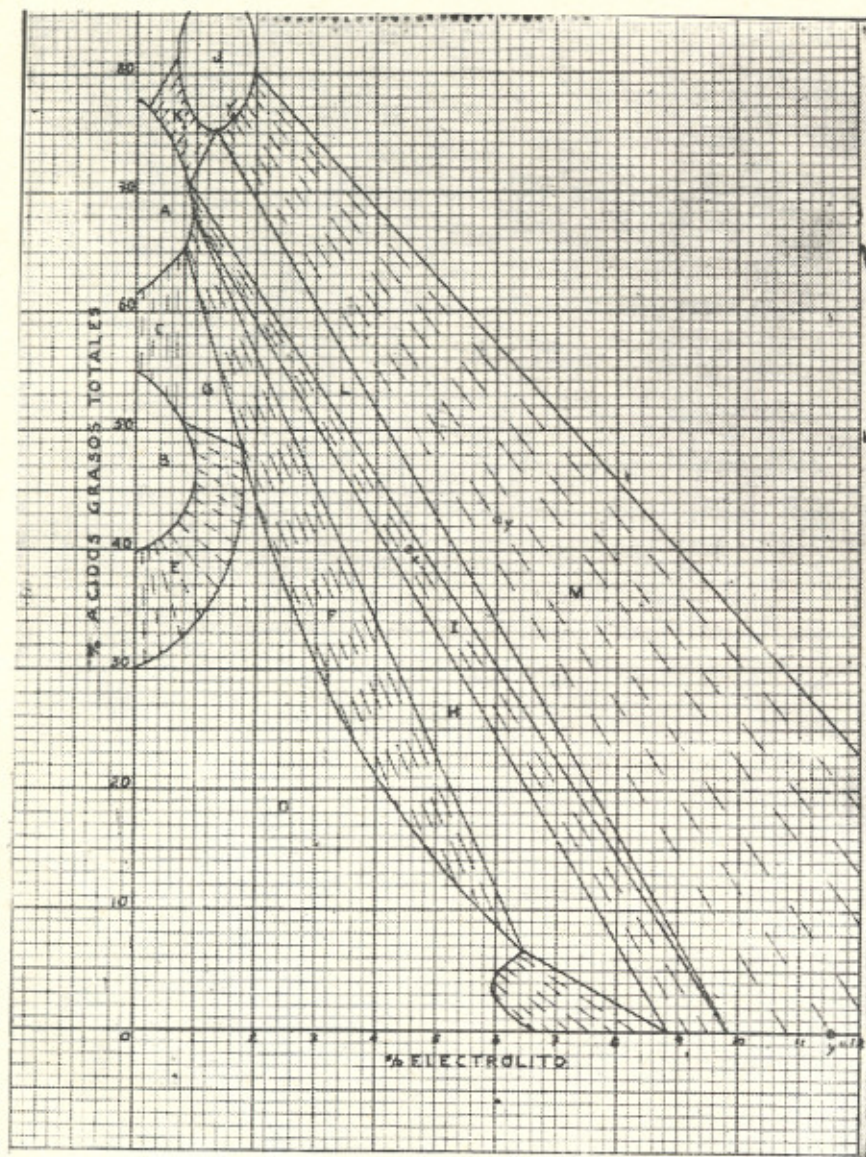
Resumiendo: con los datos obtenidos con la centrífuga de laboratorio se puede lograr una separación que se efectúa sin muchas dificultades y se obtienen los resultados esperados.

## CONCLUSIONES

- 1 La utilización de la centrifuga de laboratorio en la determinación de los porcentajes de las fases, asegura un Terminado siempre en la misma forma.
- 2 Se obtiene una cantidad mayor de jabón neto por paila, al no dejar parte de éste en la capa intermedia que sigue al nigre.
- 3 Se aumenta la capacidad de la planta al ahorrar el tiempo de sedimentación en la fase final del proceso.
- 4 La calidad del jabón mejora notablemente al eliminarse las partículas sólidas.
- 5 A pesar de que la mayor parte de las impurezas salieron con el nigre, siempre se queda una cierta cantidad en la centrifuga. Para evitar ésto se podría usar materias primas filtradas.

## DIAGRAMA DE LA INSTALACION DE UNA CENTRIFUGA

- 1 Entrada de vapor.
- 2 Paila.
- 3 Filtro.
- 4 Bomba de alimentación a la centrifuga.
- 5 Variador de velocidad de bomba de alimentación.
- 6 Bomba de electrolito.
- 7 Bomba de la fase pesada.
- 8 Variador de velocidad de la bomba de fase pesada.
- 9 Separadora centrifuga.
- 10 Salida jabón neto.
- 11 Salida de nigre o lejía.



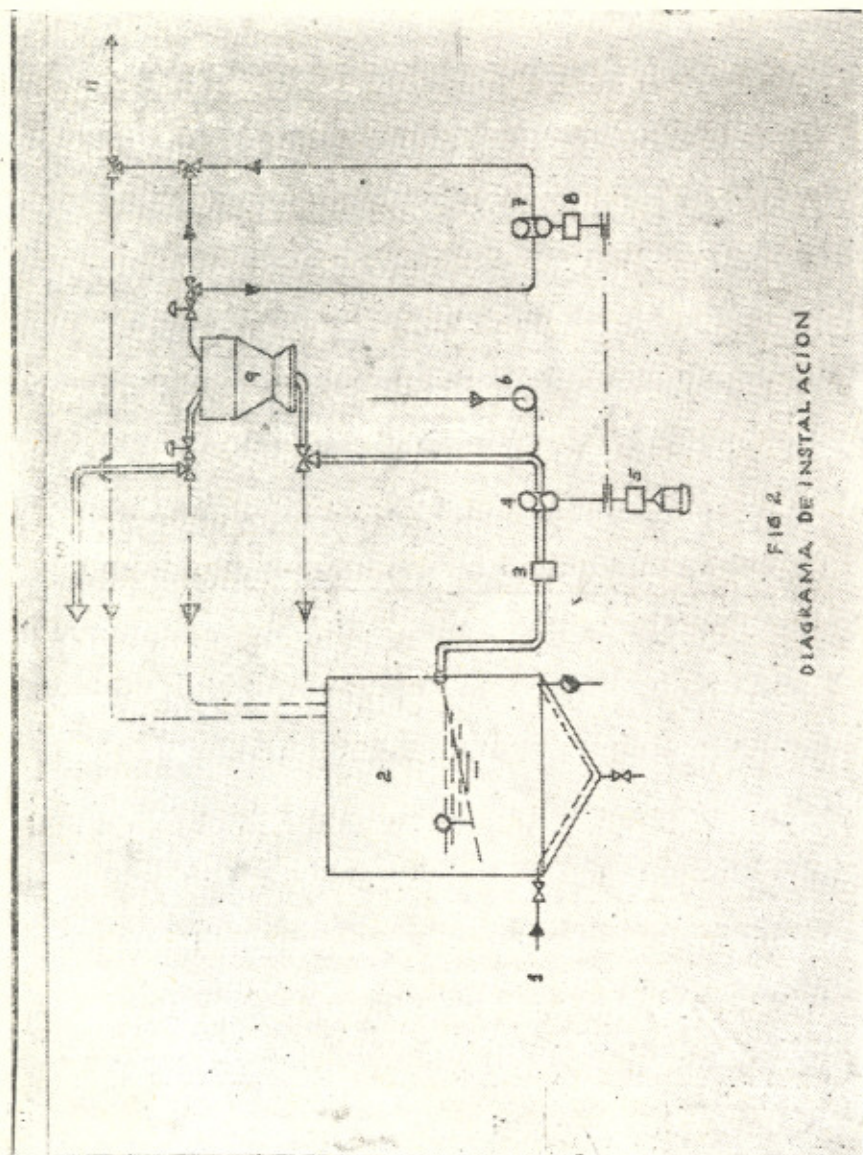


FIG. 2.  
DIAGRAMA DE INSTALACION

## BIBLIOGRAFIA

### *SOAP AND DETERGENTS*

E. G. Thomssen, PhD, and John W. McCutcheon,  
M. A. FECIC MacNair-Dorland Company, 1949.

### *SOAP MANUFACTURE VOLUME I*

J. Davidsohn, E. G. Better, A. Davidsohn.  
Interscience Publishers Inc., N. Y. 1953.

### *ACEITES Y GRASAS INDUSTRIALES*

Alton E. Bailey.  
Editorial Reverte, S. A., 1961.

### *METODOS OFICIALES DE ANALISIS DEL A. O. C. S.*

Segunda Edición, 1958.

---

Vo. Bo. Ing. CARLOS FARNER.

---

Vo. Bo. Ing. LEONEL FLORES.

Imprímase.

---

Ing AMANDO VIDES — Decano

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

# SEPARACION DE JABON TERMINADO POR MEDIO DE CENTRIFUGA

TESIS

*Presentada a la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería  
de la Universidad de San Carlos de Guatemala.*

POR

JUAN FRANCISCO MALDONADO CASTILLO

*En el Acto de su Investidura de*

**Ingeniero Químico**



BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGAL  
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

GUATEMALA, AGOSTO DE 1967.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Biblioteca Central