

Obtención del porcentaje óptimo de glicerol en el
jabón neto en una torre de extracción
de lavado a contracorriente.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Departamento de Química

**Obtención del porcentaje óptimo de glicerol en el
jabón neto en una torre de extracción
de lavado a contracorriente.**

Ximena Mercedes Canjura Guzmán

Trabajo de investigación presentado para optar
al grado académico de
Licenciada en Ingeniería Química

Guatemala

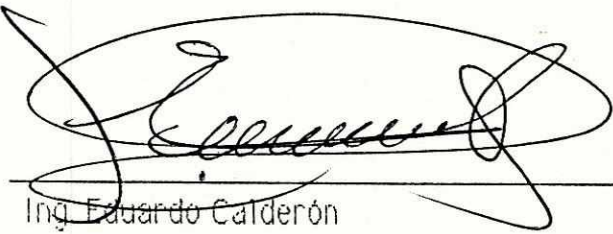
1991




Vo. Bo. :

(f) _____
Ing. Oscar Arriola
Asesor

Tribunal.

(f) 

(f) 

(f) 

Fecha de Aprobación: 4 de septiembre de 1991

CONTENIDO

		Páginas
	RESUMEN	vi
I.	INTRODUCCION	1
II	ANTECEDENTES	4
	A. Producción de jabón	.4
	1. Química orgánica y fisicoquímica del proceso de saponificación.	.4
	2. Etapas del proceso de saponificación.	9
	3. Lavado de lejía con extracción a contracorriente en la planta de saponificación continua.	14
	B. Recuperación de glicerina	15
	1. Propiedades físicas y químicas de la glicerina.	15
	2. Principales etapas en el proceso de recuperación de glicerina.	17
	3. Importancia y usos de la glicerina.	19
III.	OBJETIVOS	23
IV.	MATERIALES Y METODOS	24
V.	RESULTADOS	25
VI.	DISCUSION	26
VII.	CONCLUSIONES	31
VIII.	BIBLIOGRAFIA	32

	Páginas
APENDICES	33
A. Diagrama de fases del jabón	34
B. Sistemas de lavado	36
C. Diagrama de corrientes en la planta de saponificación continua	38
D. Determinación de glicerina por el método de ácido peryódico	40
E. Cálculo de la relación de lavado	42
F. Cálculo del costo de un kilogramo de glicerina blanqueada y destilada al 99%	44
G. Tablas y gráficas	48
H. Cálculo de la pérdida por el exceso de glicerol en el jabón neto	58

RESUMEN

El presente trabajo de investigación reúne los resultados del estudio realizado para establecer la relación óptima de lavado en la torre de extracción a contracorriente de la planta de saponificación continua instalada en COLGATE PALMOLIVE C.A. (S.A.). La relación de lavado se refiere a la razón entre la cantidad de aguas de lavado que entra a la columna y la cantidad de grasa saponificada. Se trabajó variando la relación de lavado en un rango desde 0.3 hasta 0.7 a intervalos de 0.05; todas las demás variables, temperatura, presión, masa de jabón que entra a la columna y velocidad de agitación permanecieron constantes.

A cada variación de la relación de lavado, se tomaron muestras de las corrientes de jabón húmedo y lejía cruda que sale de la torre, y se les hizo un análisis del porcentaje de glicerol a cada una de ellas. Con base en ésta información, se estableció la relación óptima de lavado, obteniéndose un valor de 0.58. Conociendo la concentración de glicerol de la lejía cruda a la relación de lavado establecida, pudo determinarse el costo de cada kilogramo de glicerina destilada y blanqueada al 99% obtenida con base en esta lejía, resultando un costo de Q 1.5608.

I. INTRODUCCION

La elaboración de jabón data de tiempos remotos. Se cree que fue en la época prehistórica donde se inició su producción; las primeras evidencias de jabón propiamente dicho fueron encontradas en cilindros de arcilla durante la excavación de la antigua babilonia (alrededor del año 2800 a.c.).

En un inicio la producción de jabón se llevó a cabo utilizando una mezcla de grasa animal y ceniza. Posteriormente los fabricantes de jabón fueron estableciéndose en Europa e implementaron el uso de grasas vegetales además de animales. También utilizaron cenizas provenientes de las plantas y además iniciaron el uso de perfumes en el jabón. Gradualmente vinieron más variedades de jabón y estuvieron disponibles diferentes de ellas para cada necesidad. Surgieron jabones para afeitarse, y para lavarse el cabello; así como para el baño y la lavandería.

Los mayores productores de jabón se situaron en Italia, España y Francia, por lo que los mayores adelantos en la técnica de producción también se desarrollaron en estos países. Así, en 1791, el químico francés Nicolas Leblanc procesó la sal común para producir soda ya que se combina con la grasa y formaba jabón. Este fue un gran paso para la producción de jabón en gran escala.

A mediados de 1800, el químico belga Ernest Solvay inventó el proceso de amonía, en el cual usando sal común se produce soda. El proceso Solvay, además de reducir el costo de la soda, vino a incrementar la calidad y cantidad de soda disponible para la manufactura del jabón.

Sin embargo, el mayor suceso en la tecnología del jabón vino en 1811; el químico francés Michel Eugene Chevreul descubrió que el jabón contenía

algunos distintos ácidos grasos. Sus estudios de estos ácidos grasos y de la glicerina establecieron las bases científicas para la química, tanto de la grasa como del jabón.

Estudios posteriores indicaron que las moléculas grasas usadas para la fabricación de jabón son los triglicéridos: es decir, una molécula de glicerina químicamente combinada con tres moléculas de ácidos grasos, llamados así por haberse encontrado en las grasas.

El proceso en el cual se convierten las grasas en jabón con el tratamiento de una base es llamado SAPONIFICACION. Un método de saponificación es aquel donde la grasa y el álcali se ponen a ebullición directamente bajo condiciones controladas. La grasa y el álcali reaccionan para formar jabón y glicerina. El otro método involucra dos etapas. En la primera, la molécula grasa es dividida en ácidos grasos y en glicerina, esto se hace mediante una hidrólisis. En la segunda etapa se combina la molécula de álcali y el grupo ácido proveniente de la molécula de ácido graso. En la molécula resultante, el grupo ácido es neutralizado por el álcali para formar una sal carboxilato, la cual es llamada comúnmente jabón.

Actualmente en la mayoría de industrias se utiliza la fabricación de jabón mediante el proceso de paila, es decir, el primero de los métodos de saponificación mencionados pero llevado a cabo a gran escala. A pesar de que un proceso continuo puede dar mejores resultados de producción, el alto costo de capital necesario lo hace muy limitado.

Sin embargo, en Guatemala la subsidiaria de COLGATE PALMOLIVE, ha implementado la planta de saponificación continua (SCN), la cual a pesar de su alto costo permite una producción mayor de jabón y, una recuperación de

glicerina muy significativa, que lo compensa de gran manera. Esta planta significa un salto muy grande en cuanto a tecnología se refiere, ya que en América Latina esta es una de las pocas plantas existentes.

En este trabajo se pretende mejorar las condiciones de operación de la planta encontrando la óptima relación de lavado que permita obtener un máximo contenido de glicerol en las aguas de lavado, de modo que se obtenga mayor cantidad de glicerina blanqueada y destilada que signifique una recuperación económica valiosa para poder justificar el alto costo inicial de la planta.

La elaboración de esta investigación se basa, asimismo, en el hecho de lograr un mayor conocimiento en el funcionamiento de la planta de saponificación continua y poder así establecer las mejores condiciones de trabajo; si se considera que debido a lo moderno de esta tecnología hay muy poca información disponible. Los aspectos que aquí se logren establecer serán de gran importancia y utilidad para aquellas personas que trabajan directamente en este tipo de planta.

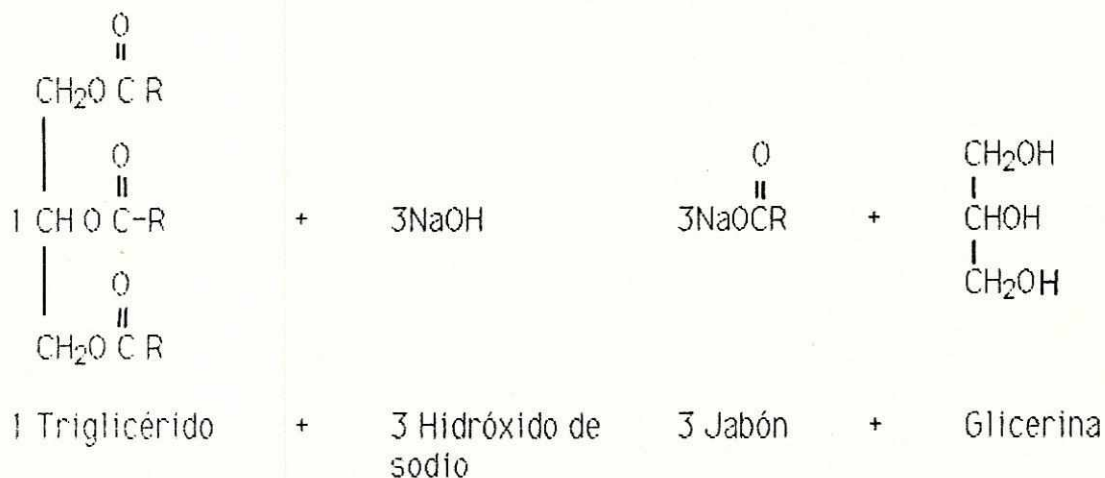
II. ANTECEDENTES

A Producción de jabón

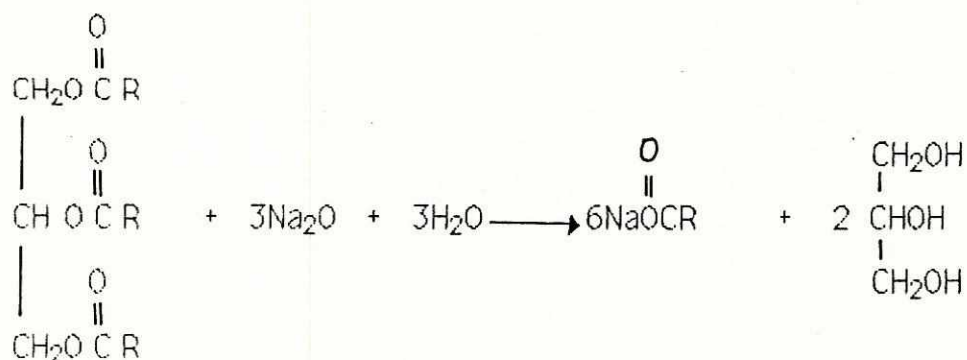
1. Química orgánica y fisicoquímica del proceso de saponificación.

La fabricación de jabón por saponificación de la grasa neutra implica a la química y a la fisicoquímica. Aunque la química orgánica involucrada en la reacción de las grasas y aceites con el electrolito hidróxido de sodio en agua es sencilla, la fisicoquímica es compleja. Esto se debe a que las mezclas de jabón, electrolito y agua --- presentes en cada etapa del proceso de saponificación de las grasas neutras --- existen en equilibrio en varias fases dependiendo de la concentración de jabón, electrolito y agua en el sistema total. En algunas fases, el jabón es relativamente fácil de procesar, mientras que en otras, difícil o imposible.

El jabón es la sal metálica de los ácidos grasos. En el jabón de tocador, el metal es el sodio. El jabón se produce por la reacción exotérmica de las grasas y aceites con hidróxido de sodio, reacción a la que se llama saponificación. Esta reacción se expresa por medio de la siguiente reacción:



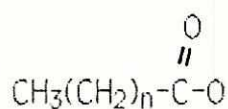
Otra alternativa es la siguiente ecuación:



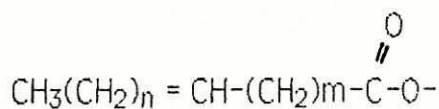
Los triglicéridos, ésteres de los ácidos grasos y glicerina, son los mayores componentes de las grasas y aceites. En las reacciones anteriores, la "R" ha sido usada como una abreviación de una variedad de largas cadenas de átomos de carbono porque los triglicéridos derivados de una fuente natural contienen una mezcla diversa de grupos de ácido graso (R-COO-). La distribución de los grupos "R" que se encuentran depende de las grasas y aceites usados.

El número de átomos de carbono en los grupos de ácido graso de los triglicéridos utilizados en la fabricación de jabones comerciales, varía de 12 a 18, pero se encuentran algunas pequeñas cantidades de cadenas de longitudes cortas y más largas. Un alto porcentaje de los grupos de ácido graso contiene un número par de átomos de carbono.

Los grupos de ácidos grasos en los cuales los átomos de carbono están enlazados mediante uniones sencillas, son saturados, mientras que aquellos que contienen una o más uniones dobles, son insaturados.



Saturado



Insaturado

El grupo de ácido laúrico, el principal grupo en el aceite de coco, contiene 12 átomos de carbono sin uniones dobles. Este es un ejemplo del grupo de ácido graso saturado.

El grupo de ácido oleico, el principal grupo en el sebo, contiene 18 átomos de carbono y una unión doble. Este es un ejemplo del grupo de ácido graso insaturado.

Los grupos de ácidos grasos poliinsaturados, aquellos que contienen dos o más uniones dobles como los grupos linoleico y linolénico, pueden encontrarse en los triglicéridos usados en la fabricación de jabón.

En el estudio de relaciones de fase en la fabricación de jabón, se puede asumir que están involucrados sólo tres componentes - jabón anhidro, electrolito y agua. Usualmente las relaciones de fase de un sistema de 3 componentes (o terciario) se muestran mediante un triángulo equilátero. Sin embargo, un sistema terciario puede representarse utilizando coordenadas rectangulares, práctica acostumbrada en las ilustraciones de los diagramas de fase del jabón.

En el diagrama típico de fases del jabón mostrada en la Fig 1, (Ver anexo) el porcentaje en peso del jabón anhidro se muestra a lo largo del eje vertical, y el porcentaje en peso del total de electrolito expresado como cloruro de sodio equivalente se muestra a lo largo del eje x horizontal.

Es muy importante apreciar la marcada influencia de pequeños cambios en el contenido de electrolito equivalente del sistema jabón/electrolito/agua en la configuración de la fase de jabón.

Los diagramas de fases del jabón son específicos para proporciones dadas de grasa/aceite y temperaturas dadas. La que se considera en este

caso esta dada para 75% sebo / 25% aceite de coco a una temperatura de 95°C. Para cualquier carga grasa / aceite, a medida que la temperatura aumenta, hay un desplazamiento general de las áreas hacia la derecha, reflejando en efecto, la necesidad de altas concentraciones de electrolito para lograr el graneado. Este término es empleado al referirse a insolubilizar o "cortar" el jabón; esta etapa del procesamiento del jabón es en la cual el electrolito, como sólido o una solución acuosa es agregada a la masa de jabón en suficiente cantidad para formar un sistema de 2 fases - jabón puro-lejía o jabón coagulado-lejía.

Cuando el porcentaje de aceite de coco en la carga se aumenta, incrementando así el porcentaje del jabón de peso molecular bajo en la mezcla, la posición relativa y la extensión de varias áreas identificadas en el diagrama de fases del jabón, se desplazan hacia la derecha, hacia las concentraciones más altas de electrolito. La concentración límite de lejía (CLL) para cualquier mezcla de sebo/aceite de coco puede calcularse a partir de la ecuación

$$\text{CLL (como NaCl)} = 7.0 + 0.136 * \% \text{ aceite de coco}$$

En el diagrama de fases del jabón pueden distinguirse claramente 3 tipos definidos de áreas:

1. AREAS DE FASE UNICA. Aquí se incluyen Jabón puro (A), Jabón medio (B), Nigre de jabón (N), y la isla parcialmente definida de Jabón coagulado (J). Las líneas límite de cada fase son las concentraciones límites del jabón anhidro, eléctrico y agua de cada muestra representando dicha fase.

2. AREAS DE DOS FASES. Estas incluyen el Area C que representa el sistema de Jabón puro-Jabón medio, Area E para el Jabón medio-Nigre de jabón, Area F para Jabón puro-Nigre de jabón, Area G para Nigre de jabón-Lejía, Area I para Jabón puro-Lejía, Area K para Jabón puro-Jabón coagulado, y el área M para Jabón coagulado-Lejía. Las estriás dentro de estas áreas representan líneas de unión entre las dos fases homogéneas.

3. AREAS DE TRES FASES. En los diagramas convencionales de fases de jabón, las áreas de 3 fases tienen forma triangular. En el diagrama de fases encontramos el área D para el Jabón puro-Jabón medio-Nigre de jabón, Area H para el Jabón puro-Nigre de jabón-Lejía, y el Area L para Jabón puro-Jabón coagulado-Lejía. Si la composición de una mezcla de jabón, electrolito, y agua cae dentro de un área triangular, se separaran 3 fases después de llegar a un equilibrio y decantarse. Las composiciones de las fases son aquellas de los vértices del triángulo que tocan las áreas de las fases únicas. Expresado de otra forma, todas las mezclas de jabón, electrolito y agua que caen dentro de la misma área triangular producirán fases (3 fases) de composición invariable. Sin embargo, el porcentaje en peso de cada fase varia de acuerdo a la composición de la mezcla.

En cada etapa del proceso de paila, la masa de la paila es decantada para permitir su partición en fases definidas, las cuales son separadas en procesamientos ulteriores. Jabón puro, nigre de jabón y lejía son las fases preferidas para una separación relativamente rápida y eficiente.

Otra aplicación práctica del diagrama de fases del jabón se relaciona con el procesamiento del nigre de jabón. Asumiendo que un nigre de jabón primario contiene cerca de un 22% de jabón anhidro y un 6% de electrolito.

Este jabón contiene una gran cantidad de material de alta calidad que puede ser recuperado solamente reduciendo el contenido de electrolito del jabón, y sometiéndolo a la etapa de acabado para producir jabón puro secundario que contiene niveles más bajos de electrolito y cuerpos de color/olor, y nigre de jabón secundario rico en estas impurezas. El contenido de electrolito puede reducirse convirtiendo el nigre de jabón a jabón puro. Esto se hace por el graneado. Al agregar la sal seca al nigre de jabón para granearlo, es importante no añadir demasiada de manera que la composición resultante de la masa se mueva dentro del área M del diagrama de fases (Área de jabón coagulado-lejía).

Después de decantar y remover la lejía, el jabón graneado ahora convertido en jabón puro es acabado, es decir, es dividido entre las fases de jabón puro y nigre de jabón. Esto se hace rociando agua caliente sobre la masa de jabón que ha sido llevada a un suave hervor. El rociado de agua caliente se continúa hasta que la composición de la masa sea ajustada a un punto apropiado en el área F del diagrama de fases, el área de Jabón puro-Nigre de jabón.

2. Etapas de proceso de saponificación

En las etapas iniciales del proceso, las grasa y aceites reaccionan con hidróxido de sodio contenido en la lejía y en la soda cáustica agregadas para formar el jabón y la glicerina. Para hacer un uso con reducción efectiva de costos de álcali disponible en la lejía y para obtener una reacción completa de la carga grasa/aceite, el proceso se lleva a cabo básicamente en 2 etapas: saponificación y terminación de la saponificación.

En la etapa de saponificación, cerca del 85% de la carga grasa/aceite se saponifica, consumiéndose prácticamente todo el hidróxido de sodio. En la etapa de terminación de la saponificación, lo que queda de la carga grasa / aceite es saponificada completamente, es decir , terminada, utilizando un exceso de hidróxido de sodio.

Aunque el término saponificación, por su definición, se refiere a la conversión de grasas y aceites en jabón, se ha hecho práctica común utilizarlo para la primera etapa del proceso de manufactura. La neutralización y el cambio de neutralización son terminos utilizados también para esta etapa del proceso, ya que el álcali libre en la lejía es neutralizado para todo propósito práctico.

La reacción de grasas y aceites con hidróxido de sodio para formar el jabón se lleva a cabo en 3 etapas diferentes. En la etapa inicial, la saponificación prosigue lentamente en la interfase de una emulsión débil del agua-en-aceite. La reacción, entonces, se acelera rápidamente a medida que el jabón recién formado emulsifica y solubiliza eficientemente las materias reactantes. En esta etapa, se dice que la reacción es autocatalítica; esta se lleva a cabo en solución donde los reactantes estan en contacto intimo. Eventualmente, la reacción disminuye a medida que la concentración de los reactantes decrece.

La saponificación y terminación de la saponificación deben completarse rápidamente para reducir la posibilidad a oscurecerse de la porcion no-saponificada de la carga grasa/aceite por la alta temperatura del proceso.

La ebullición durante la saponificación y terminación de la saponificación se logra por medio del uso de vapor cerrado y/o abierto. El vapor abierto hay que usarlo con cuidado para evitar el aumento del material en el volumen de la lejía. El aire no debe usarse para ayudar a mezclar ya que el oxígeno del aire causa degradación de porciones de la carga grasa/aceite antes de que la saponificación alcance su terminación.

SAPONIFICACION - En esta etapa debe recordarse que el jabón es un buen solvente, tanto para la carga grasa/aceite como para el hidróxido de sodio; por lo cual es conveniente que una porción de la lejía de terminación de la saponificación y la carga sean hervidas vigorosamente hasta que el jabón se forme. Los ácidos grasos libres en las grasas y aceites ayudan a iniciar la reacción de la saponificación porque éstos reaccionan rápidamente con el hidróxido de sodio para formar el jabón. Una pequeña cantidad de jabón residual proveniente de una ebullición inicial también ayudará solubilizando los reactantes y fomentando la saponificación.

Las corrientes de grasa/aceite y de lejía, entonces, son agregadas simultáneamente dentro de la mezcla pre-formada de jabón manteniendo el flujo de lejía ligeramente adelante que el de la grasa. Cargados de esta forma, la masa de jabón es retenida el mayor tiempo posible en el área F del diagrama de fases del jabón, Area Jabón puro-Nigre de jabón, donde la saponificación es rápida.

Si las corrientes de grasa/aceite y de lejía son agregadas desproporcionalmente, la saponificación no procederá satisfactoriamente.

Durante la adición de los reactantes , al inicio del proceso, debe mantenerse una ebullición vigorosa. Cuando la adición se ha completado, la

ebullición vigorosa se continúa hasta que la concentración del álcali libre permanece a no más de 0.1% Na_2O ; luego de esto, la ebullición se detiene y la masa se deja en reposo por 1 hora o más. La lejía gastada en el lavado es bombeada entonces a la planta de recuperación de glicerina dejando a la masa de jabón lista para la terminación de la saponificación.

ETAPA DE TERMINACION DE LA SAPONIFICACION - Mientras que en la etapa de saponificación se usó un exceso de grasa/aceite, en la etapa de la terminación de la saponificación es necesario un exceso de álcali libre para asegurar la conversión completa de la grasa/aceite no saponificada a jabón. Esta etapa finaliza cuando se logra verificar que el contenido de álcali libre ya no varía, en entonces cuando la ebullición se detiene y la masa de jabón se deja decantar. La lejía (lejía de la etapa de terminación de la saponificación), se bombea, entonces, fuera de la paila y la masa de jabón remanente está lista para el lavado por lejía.

ETAPA DEL LAVADO POR LEJIA - Al completarse la etapa de terminación de la saponificación, la masa obtenida es una mezcla de jabón, electrolito (sal y álcali libre), glicerina e impurezas. Los objetivos del lavado por lejía son los de extraer la glicerina e impurezas del jabón y ajustar su contenido de electrolito para el acabado apropiado. Las especificaciones de la lejía son seleccionadas de manera que el jabón se mantiene insoluble mientras se cumplen estos objetivos. (Es importante hacer notar que la función de estos lavados en las pailas la efectúa la torre de lavado en el caso de la planta de saponificación continua).

Es necesario hacer lavados repetitivos para extraer efectivamente la glicerina e impurezas de la masa de jabón.

Como resultado de un lavado completo, las impurezas y un gran porcentaje de la glicerina liberada en la reacción de la carga grasa/aceite con hidróxido de sodio son retiradas del sistema de paila en la lejía gastada.

La cantidad de glicerina retirada de la masa de jabón depende del número de lavados aplicados (en el caso del proceso de pailas), del volumen de lejía, contenido de glicerina en la lejía, y el eficiente contacto del jabón-lejía. Es evidente que la cantidad de glicerina retenida en el jabón disminuirá a medida que el lavado sea más efectivo.

Uno de los principales objetivos del lavado es el de preparar el jabón para el acabado. Por esta razón, es necesario que se ponga especial atención al último lavado.

ETAPA DE ACABADO - El acabado es el proceso en el cual la masa de jabón lavado es *^cerrada^* y traída dentro de la relación de fases jabón puro-nigre de jabón que es relativamente fluida. El nigre de jabón es más denso que el jabón puro por lo cual se decanta en el fondo de la paila. Al decantarse, se quitan los cuerpos colorantes y odoríferos que no fueron retirados en los lavados por lejía, purificando o lavando de este modo el jabón puro.

Las condiciones para el acabado se establecen durante el último lavado por lejía. En esta etapa, la seguridad de que la lejía del lavado cumple las especificaciones garantiza el contenido de electrolito del jabón lavado y permite que el acabado se realice solamente con la adición de agua. Idealmente, el uso de soluciones concentradas de electrolito se debe evitar a medida que el jabón se aproxima al acabado.

3. Lavado de lejía con extracción a contracorriente en la planta de saponificación continua.

En la planta de saponificación continua, el lavado de la masa saponificada se lleva a cabo en una torre de lavado mediante un proceso de extracción líquido-líquido a contracorriente.

El sistema de lavado por lejía contracorriente es preferible al concurrente por razones económicas relacionadas con el frecuente uso de lejía fresca en este último sistema (esto es tanto en proceso de pailas como en continuo).

Aunque el lavado concurrente requiere menos lavados, el lavado a contracorriente tiene numerosas ventajas que lo hacen mucho más favorable:

- Menos jabón arrastrado en la lejía
- Menos cáustica perdida en la lejía gastada
- Menos agua a evaporar en la recuperación de glicerina
- Menos sal a recuperar
- Un volumen más pequeño de lejía que requiere ser recalentada ya que la mayoría de las lejías son transferidas directamente desde una etapa del proceso a la siguiente.

(Ver fig.en el Apéndice B).

En la extracción líquido-líquido, llamada a veces extracción con disolventes, se trata una mezcla con un disolvente que disuelve preferentemente a uno o más componentes de la mezcla. La mezcla tratada de esta forma se llama refinado y la fase rica en disolvente recibe el nombre de extracto. El componente que se transmite desde el refinado hacia

el extracto es el soluto, y el componente que queda en el refinado es el diluyente.

En el caso de la torre de lavado del jabón, el refinado sería la masa de jabón con la glicerina, el extracto serían las llamadas aguas de lavado ; y el soluto que es el elemento clave sería el soluto.

En este proceso, el fundamental interés está en realizar un lavado óptimo, de tal modo que pueda obtenerse un máximo contenido de glicerol en las aguas de lavado y un mínimo contenido de glicerol en el jabón; si las lejías son ricas en glicerol podrá obtenerse mayor cantidad de glicerina pura al tratarlas; y, por consiguiente, una mayor recuperación económica. Para lograr un buen lavado, la clave está en encontrar la relación de lavado adecuada para la carga grasa/aceite que se está trabajando.

La relación de lavado se refiere a la cantidad de lejías frescas introducidas a la torre de lavado por kilogramo de grasa introducido, para obtener cierta cantidad de aguas glicéricas, que idealmente sería la máxima cantidad de ellas.

B. Recuperación de glicerina

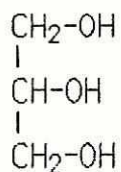
1. Propiedades físicas y químicas de la glicerina

La glicerina es un subproducto muy valioso de la saponificación de grasas y aceites naturales. Es también producida comercialmente al romper las moléculas de grasas y aceites en ácidos grasos y glicerina, además, resulta como producto en la síntesis de propileno.

La glicerina es un líquido claro, cristalino, viscoso, higroscópico y de un sabor un tanto dulce. Cuando es de alta pureza es un ingrediente

importante en la fabricación de dentífricos y productos medicinales. Grandes cantidades son también usadas en la industria de resinas sintéticas, cosméticos, tabaco, alimentos y explosivos.

La estructura química de la glicerina puede escribirse de la siguiente manera:



La glicerina es un triol, esto es un alcohol que contiene tres grupos "OH".

Excepto en reacciones con agentes oxidantes muy fuertes, ésta es susceptible a oxidación sólo por una catálisis a altas temperaturas. No es ni ácida ni básica y por tanto tampoco corrosiva.

Siendo un trialcohol, puede experimentar reacciones que deben controlarse durante su recuperación, tales como esterificación y deshidratación. Durante el proceso de recuperación, más y más agua es removida de las lejías de lavado y como el proceso alcanza altas temperaturas, las condiciones son favorables para la primera de estas reacciones. Algunos de los ésteres de la glicerina tienen presiones de vapor similares a los de la glicerina pura, por lo que pueden contaminar fácilmente la glicerina ya destilada. Algunos de estos ésteres causan problemas de olor y sabor en la glicerina destilada. Los mono-ésteres y di-ésteres tienen una superficie activa y pueden causar problemas de espuma durante la recuperación de glicerina.

La reacción de esterificación puede suprimirse por una remoción efectiva de los ácidos grasos del jabón en las primeras etapas de proceso, y por destilación de la glicerina bajo condiciones levemente alcalinas.

En cuanto a la reacción de deshidratación, esta puede ser intramolecular o intermolecular. La primera involucra la remoción de los elementos de dos moléculas de agua de una molécula de glicerina. El producto de la reacción es la acroleína, un químico de muy mal olor y muy difícil de separar de la glicerina destilada. Esta reacción puede suprimirse manteniendo el proceso de destilación levemente alcalino con una base muy débil y añadiendo un agente quelante, tal como el Na_4EDTA (etilendiaminotetraacetato de tetrasodio) antes de la destilación. Una base muy fuerte también suprime esta reacción de formación de acroleína, pero también puede promover una deshidratación intermolecular (o polimerización).

La deshidratación intermolecular involucra: la remoción de los elementos de una molécula de agua de dos moléculas de glicerina para formar un dímero, en el cual los residuos de las moléculas de glicerina se unen en un grupo etéreo; y además, la remoción de agua del par de moléculas de glicerina y la formación de varios grupos etéreos, pudiendo originar los llamados "poligliceroles". La reacción puede suprimirse evitando el uso de bases fuertes para así inhibir la esterificación y además la deshidratación intramolecular.

2. Principales etapas en el proceso de recuperación de glicerina.

Las principales etapas de este proceso posteriores a la saponificación son:

AJUSTE DE LA LEJIA - El propósito de esta etapa es separar y recuperar el jabón remanente de la lejía mediante un proceso simple y barato como es enfriar la lejía proveniente de la saponificación. Los materiales de superficie activa, incluidos los ácidos grasos y el jabón, deben removerse de la lejía para hacer mínima la formación de espuma durante la evaporación y destilación, y para obtener un buen color y olor en el producto final. El producto de esta etapa es la llamada lejía ajustada.

TRATAMIENTO DE LA LEJIA - Lo que se persigue en esta etapa es remover de la lejía ya ajustada el jabón residual que no ha sido separado durante el ajuste. Esto se hace a través de una serie de reacciones químicas, por las cuales el residuo de jabón se hace altamente insoluble. El producto de esta etapa es la lejía tratada.

EVAPORACION - El propósito de la evaporación es remover la mayoría del agua contenida en la lejía tratada, y así remover en forma cristalina mucha de la sal contenida en la lejía al evaporar el agua. El producto de éste proceso es la llamada glicerina cruda. Los cristales de sal que se han separado durante la evaporación, son lavados y secados y vueltos a usar en la saponificación.

DESTILACION - El propósito en esta etapa es separar el agua, la sal y las impurezas menores que aún tiene la glicerina cruda, esto se hace mediante una destilación de vapor y una condensación fraccionada. En la destilación de vapor, ambas glicerina y agua son volatilizadas; en la condensación fraccionada, la glicerina y el agua se condensan individualmente. El producto de este proceso es la glicerina destilada.

ACABADO - Los propósitos del acabado son básicamente dos:

- Blanquear la glicerina destilada usando carbon activado, para mejorar las condiciones de olor, color y sabor requeridas.

- Ajustar el contenido de glicerina en la glicerina blanqueada, mediante el uso de agua y así poder satisfacer las especificaciones requeridas.

El producto de esta etapa es la glicerina terminada.

3. Importancia y usos de la glicerina

Aunque la glicerina es principalmente un subproducto, su producción es, en general, un barómetro bastante bueno de la actividad industrial, porque interviene en gran número de procesos industriales.

Actualmente se venden en el mercado diversas calidades de glicerina, como glicerina de alta densidad, glicerina para dinamita, amarilla destilada y U.S.P. Por consiguiente, las especificaciones variarán según los consumidores y según el uso.

La glicerina se usa en casi todas las industrias. Además de sus usos en la fabricación de pinturas y resinas sintéticas, celofán, amolientes y demulcientes y como disolvente, entra en gran número de otros productos.

a. Productos alimenticios, medicinas y cosméticos - Para los productos usados en alimentos, medicinas y cosméticos, la no toxicidad es un requisito fundamental; por ello, la glicerina ha sido desde hace mucho tiempo un ingrediente importante. Se usa como disolvente, como agente humedecedor y es un ingrediente de jarabes. En los dulces y recubrimientos de dulces, la glicerina impide la cristalización del azúcar. En los helados, mejora la textura y permite el uso de menos azúcar. La glicerina se usa también en los extractos de vainilla naturales y sintéticos y como portador

de sabores y colores en alimentos. En las medicinas, la glicerina es un ingrediente de muchas tinturas y elixires, y en forma de glicérito de almidón se usa en jaleas y pomadas. En los cosméticos, la glicerina es muy empleada para conservar la piel suave y se usa en cremas y jabones para afeitar. Es el medio fundamental en el que se forman las pastas dentífricas y mantiene la pasta con la suavidad y viscosidad deseadas.

b. Tabaco - En la preparación del tabaco, la glicerina es una parte importante de la solución pulverizada sobre el tabaco antes de que se piquen o corten las hojas y se empaquen. El 3%, aproximadamente, del peso del tabaco es un humedecedor que impide que las hojas se hagan friables y se desmenucen durante el tratamiento. Permaneciendo en el tabaco, la glicerina ayuda a retener la humedad e impide que se seque el cigarrillo.

c. Lubricación - La glicerina puede usarse como lubricante en lugares donde un aceite lubricante no daría resultado. Se recomienda como lubricante en los compresores de oxígeno, porque resiste mejor la oxidación que los aceites minerales. Se usa para lubricar bombas y cojinetes expuestos al contacto de gasolina y benceno, que disolverían los lubricantes derivados del petróleo. La glicerina se usa como lubricante por su elevada viscosidad; su cualidad de permanecer fluída a temperaturas bajas hace que sea útil sin ninguna modificación. Su viscosidad puede disminuirse añadiéndole agua, alcohol o glicoles. Estos compuestos se usan en los manómetros y en las válvulas de alta presión. En el estampado de los metales con matrices se utiliza como lubricante una mezcla de glicerina y glucosa que no seca. En las operaciones de hilado, tejido de punto y tejido

ordinario de la industria textil, se utiliza con frecuencia la glicerina en relación con los llamados "aceites textiles".

d. Materiales para envolver - Las envolturas para carnes y algunos tipos especiales de papel, como papel glassine y el papel impermeable a la grasa, necesitan un plastificante para hacer que sean plegables y resistentes. En este caso la glicerina es completamente compatible con el material base, lo humedece y es adsorbido por él, no cristaliza y no tiene volatilidad apreciable.

e. Empaquetaduras y productos de corcho - Las láminas y las empaquetaduras hechas con corcho triturado y cola requieren un plastificante que tenga alguna acción humedecedora con el fin de que puedan ser plegables y resistentes. En este caso se usa la glicerina porque tiene una tensión de vapor baja, no es extraída fácilmente por los aceites y las grasas, es absorbida por el corcho y es compatible con la cola.

f. Usos diversos - La glicerina se emplea en líquidos anticongelantes para las instalaciones automáticas de lluvia contra incendios, para evitar la escarcha en el vidrio, para impedir la acumulación del hielo sobre superficies y en líquidos electrolíticos para hacer telas galvanizadas y pararrayos. Se emplea en líquidos hidráulicos, en líquidos refrigerantes y en líquidos para cortar y enfriar los metales. Entra en la fabricación del caucho, en los tratamientos del cuero y en el acabado y el apresto de los tejidos.

La glicerina se usa también en líquidos para embalsamar, en pinturas para ocultar y proteger superficies por pulverización, en compuestos para soldar, en empaquetaduras de alta presión para vástagos, en lubricantes para

frenos de aire, en la fabricación de termómetros de mercurio, manómetros para motores, equipo eléctrico y equipo para refinerías de petróleo; en materiales de limpieza, como jabones, detergentes sintéticos y agentes humedecedores; en emulsificadores, emulsiones de cera y protectores industriales para la piel; en trabajos de laboratorio e investigación para la fabricación de reactivos químicos, colorantes básicos y compuestos químicos e insecticidas diversos; en adelgazadores de alquitrán; en productos de asfalto, productos cerámicos y fotográficos, retardadores de incendios, tratamientos del cuero, arcilla para modelar y adhesivos.

III. OBJETIVOS

Establecer la óptima relación de lavado con la cual se pueda hacer mínimo el contenido de glicerol en el jabón neto y, asimismo, incrementarlo a su máximo en las lejías de lavado.

IV. MATERIALES Y METODOS

Para poder obtener la óptima relación de lavado, se varió ésta razón en un rango desde 0.3 hasta 0.7 en intervalos de 0.05 y para cada variación se hicieron pruebas de contenido de glicerol mediante el método de determinación con peryodato. Las muestras se tomaron en triplicado y para cada una de ellas se hizo un análisis individual, usando para los datos finales un valor promedio. Las muestras se tomaron de las corrientes saliendo de la torre, la de jabón húmedo y la de lejía destinada a la planta de recuperación de glicerina. El método de análisis utilizado puede encontrarse en el apéndice.

V. RESULTADOS

Los diferentes porcentajes de glicerol obtenidos, tanto para el jabón neto como para la lejía, correspondientes a cada relación de lavado; se graficaron (ver grafica 1 en el anexo), pudiéndose obtener un punto óptimo para una relación de lavado de 0.58. Este punto se escogió como óptimo luego de varias consideraciones tanto teóricas como experimentales de la planta continua de saponificación. Para ésta relación de lavado se obtuvieron porcentajes de glicerol de 19.8 y 0.46 en las corrientes de la lejía y del jabón húmedo respectivamente..

Sabiendo el porcentaje de lejía correspondiente a esa relación de lavado, se llevó a cabo un balance económico para estimar el costo aproximado de 1kg de glicerina 99% pura, destilada y blanqueada en ese punto. Se encontró que para una lejía de 19.8% (concentración en el punto óptimo), el costo del kilogramo de glicerina pura es de Q 1.5608. En la gráfica 4 del apéndice puede verse una curva que presenta la variación del costo en la extracción de glicerina pura, según la concentración de lejía utilizada para ello.

VI. DISCUSION

Para poder establecer el valor óptimo de la relación de lavado con la cual el jabón neto sale de la torre de extracción conteniendo una mínima cantidad de glicerol, y la lejía, por el contrario conteniendo un máximo, se definieron relaciones de lavado para la columna de extracción en un rango desde 0.3 hasta 0.7, con intervalos de 0.05. A cada diferente relación de lavado se tomaron muestras de las dos corrientes saliendo de la columna, es decir de jabón neto y de sublejía cruda; y se realizó un análisis del porcentaje de glicerol en cada una de ellas.

Posteriormente, se procedió a graficar los valores obtenidos del porcentaje de glicerol contra los diferentes valores de la relación de lavado a las que se trabajaron (ver gráfica 1, 2 y 3 en el apéndice). Para definir el punto óptimo de la relación de lavado se debieron hacer algunas consideraciones estudiando el comportamiento de las curvas a diferentes valores de esta variable.

El punto óptimo de la relación de lavado será aquel en el cual el valor del porcentaje de glicerol sea mínimo en el jabón, y máximo en la lejía. El alto porcentaje contenido en la lejía es de vital importancia, ya que es aquí donde se puede materializar la recuperación económica de la planta de saponificación, pues el valor de la glicerina al 99% destilada y blanqueada es tan grande que bien justifica la alta inversión en un equipo tan moderno en la producción de jabón. Mientras más glicerina se pueda obtener a partir de la sublejía cruda mayor será la eficiencia de la planta. Es esencial que la lejía a obtener no contenga cantidades de agua muy grandes, pues esto dificultaría el proceso de evaporación, y lógicamente aumentaría el valor de

la glicerina a obtener. En cuanto al porcentaje de glicerol existente en el jabón, existe un límite de 0.3% como máximo, que permite una mayor ganancia al asegurar que la sublejía a arrastrado la mayoría de éste. Sin embargo, un valor menor a este 0.3% puede disminuir las características deseadas del jabón.

Como puede apreciarse en las gráficas, para una relación de lavado de 0.3 el contenido de glicerol en la sublejía es de alrededor de 20%, sin embargo para el jabón se tiene un contenido de 1.2%, que es demasiado alto para los requerimientos mencionados y que, además, no permite una máxima recuperación de glicerina

Los valores de contenido de glicerol correspondientes a una relación de lavado de 0.35 varían considerablemente, ya que para la sublejía se tiene un promedio de 22%, que es un valor bastante atractivo ya que permitiría una recuperación de glicerina mayor, con su consiguiente disminución del costo. Pero también puede verse que esa misma relación de lavado se obtiene un 2% de glicerol en el jabón neto, el cual, además de pérdida de dinero, significa problemas de calidad. Por medio de experiencias anteriores se ha comprobado que altos contenidos de glicerol en el jabón neto dan problemas de rápido desgaste del mismo y, además una gran presencia de "babosidad" en la pastilla de jabón que significa una menor duración y por tanto una pérdida de dinero y de concepto de calidad de parte del consumidor; esto último es muy apreciable puesto que la presencia de glicerol en exceso causa una gran absorción de humedad. Debe recordarse que la glicerina es un agente humectante, lo cual provoca el rápido desgaste mencionado.

Este comportamiento es, hasta cierto punto, esperado, ya que un valor bajo en la relación de lavado implica una poca cantidad de aguas de lavado, que impiden una buena extracción del glicerol en el jabón recién saponificado.

Para una relación de lavado de 0.4, el porcentaje de glicerol en la lejía empieza a disminuir, es de alrededor de 20.8%, y en el jabón se presenta un 0.75%, estos son valores que se acercan un poco más a las condiciones requeridas. Puede verse que esta tendencia continúa, y mientras más cerca esté del 0.3% en el jabón, siempre y cuando el valor en la lejía no sea menor de 19%, las condiciones se van acercando a las ideales.

Para una relación de lavado mayor de 0.58 hay un cambio de pendiente bastante brusco, y los valores empiezan a descender rápidamente (debe recordarse que un valor bajo en la lejía significa menor recuperación económica). Por tanto, puede considerarse que el punto óptimo de la relación de lavado estará en 0.58, donde se tendrá en la lejía un contenido de glicerol de 19.8% y en el jabón un 0.46%. Este equilibrio en el contenido de glicerol en las dos corrientes es el mejor que puede encontrarse a través de este rango de experimentación, ya que será donde mejor se cumplen las condiciones requeridas en el proceso.

Si se continúa el estudio de la gráfica, puede verse que el contenido de glicerol empieza a descender en ambas corrientes y, aunque es lo que se desea en el jabón, no es lo requerido en la lejía. Cuando hay gran cantidad de aguas de lavado, casi todo el glicerol tiende a irse en la lejía dejando el jabón con contenido muy bajo, pero la lejía que se obtiene es altamente diluida, por lo que su manejo en la evaporación no es práctico.

Sabiendo cuanto será el contenido de glicerol en ambas corrientes, a la relación de lavado escogida, puede determinarse cuanto está costando el kilogramo de glicerina pura que se está obteniendo con esa lejía, y cuanto dinero se está dejando de ganar con el exceso de glicerol que se está dejando en el jabón.

Para obtener el precio del kilogramo de glicerina que se está procesando, se hizo una estimación económica de todas las etapas que esto involucra, incluyendo costo de materia prima, mano de obra, energía eléctrica y vapor utilizado en cada una de ellas. Se consideró la etapa de tratamiento de la lejía cruda, que se lleva a cabo luego de salir ésta directamente de la torre de extracción.; seguidamente, la etapa de evaporación de la lejía, donde se estará obteniendo una glicerina cruda de alrededor del 80%; posteriormente se estimó el costo de la destilación, donde la glicerina ya sale al 99%; y, finalmente, el blanqueo, donde se le termina de dar las estrictas condiciones requeridas a la glicerina. Debe considerarse que ésta es muy usada en productos de tocador, donde las características de olor, color y pureza son muy estrictas.

Teniendo los costos de la obtención del kilogramo de glicerina al 99%, se graficaron estos valores respecto al porcentaje de glicerol de la lejía de la cual se está obteniendo (ver gráfica 4 en el apéndice). Puede verse que a la relación de lavado de 0.58, establecida como óptima, se tiene un valor de Q 1.5608 por cada kilogramo de glicerina extraída, esto si se considera que a esa relación de lavado la lejía a procesar será de 19.8% de glicerol. Al trabajar con lejías más concentradas, el costo de la glicerina destilada y

blanqueada disminuye, pero debido al alto contenido de glicerol en el jabón que corresponde a éstas lejías, no es conveniente trabajar con ellas.

Se trazó además una gráfica (ver gráfica 5 del apéndice), en la cual se plotearon los valores del porcentaje de glicerol del jabón neto y los correspondientes a la lejía, tomando ambos a una misma relación de lavado. Se observa que tienen una relación directamente proporcional, donde al aumentar o disminuir la concentración de la lejía, igual comportamiento presenta la concentración de glicerol en el jabón neto.

Finalmente, se llevó a cabo un cálculo aproximado de la pérdida que se está teniendo al dejar exceso de glicerol en el jabón. Nuevamente esto indica la necesidad de trabajar a una relación de lavado óptima en la cual no se deje tanto glicerol en el jabón, pero la lejía permanezca siempre aceptable para procesarla. La gráfica 6 del apéndice muestra la relación que se obtuvo, a un mayor exceso de glicerol en el jabón mayor será la cantidad ahorrada al obtener la glicerina al 99% destilada y blanqueada.

Es importante recalcar lo significativo que es la recuperación de glicerina para esta planta, ya que aún al procesar las lejías de menor concentración no se obtiene un costo del kilogramo de glicerina destilada y blanqueada al 99% mayor de Q 2.00, mientras que en el mercado, este mismo kilogramo tiene un costo aproximado de Q 5.20. Por ello, el ahorro en la compra de la glicerina para los productos de tocador producidos, y la recuperación que la planta de saponificación continua puede tener con ello ha sido la principal causa de realización de este trabajo.

VII. CONCLUSIONES

A.- La relación de lavado óptima para la torre de extracción de lejía en la planta continua de saponificación considerada es de 0.58.

B.- Considerando una relación de lavado de 0.58, se obtienen porcentajes de glicerol de 19.8 y 0.46 en las corrientes de lejía y jabón húmedo respectivamente.

C.- El costo del kilogramo de glicerina destilada y blanqueada al 99%, procesada a partir de la lejía con 19.8% de glicerol, es de Q 1.5608.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Austin, G. Manual de procesos químicos en la industria. Editorial Mc-
1988 Graw Hill/Interamericana de México S.A. de C.V. México,
D.F. 962pp.
- Colgate Palmolive. MET Technical Information Letter. TIL k-750-01
1990 (SN) Fabricacion del jabon. 127pp
-
- _____ MET. Technical Information Letter. TIL k-755-00
1990 (PW). Glycerin. 89pp.
- Enciclopedia de Tecnología Química. Fondo Educativo Interamericano,
1975 S.A. Tomo VII. Mexico, D.F.
-
- _____ . Fondo Educativo Interamericano,
1975 S.A. Tomo VIII. México, D.F.
- Woolatt, E. The Manufacture of soaps, other detergents and glycerine.
1985 Ellis Horwood limited. Printed in Great Britain. 473pp.

APENDICES

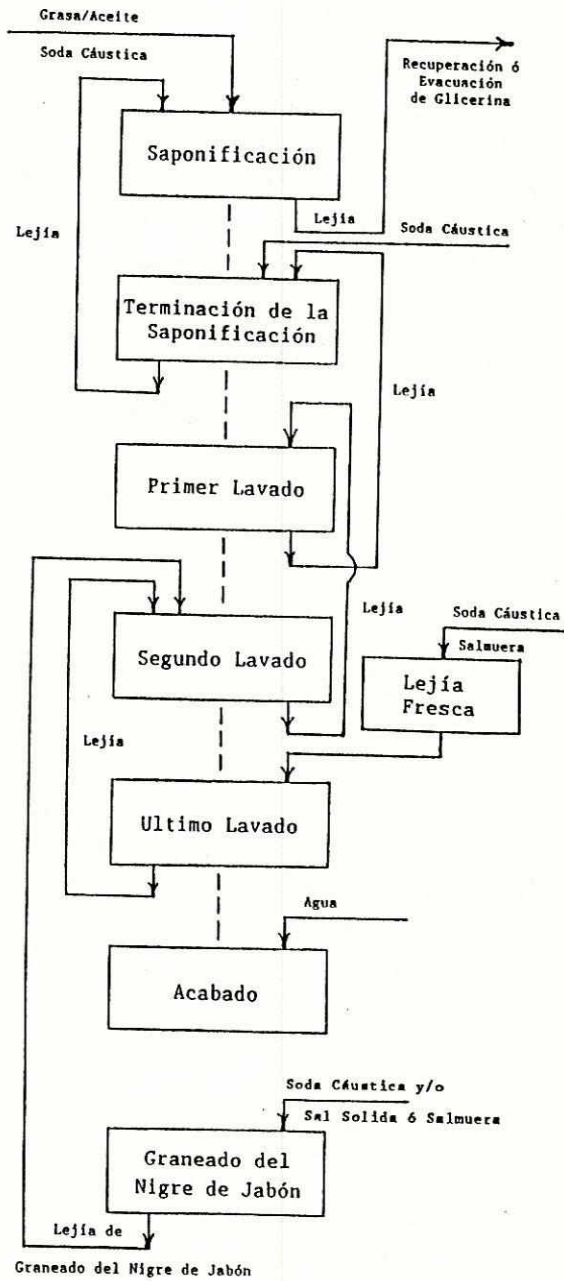
APENDICE A

Diagrama de fases del jabón

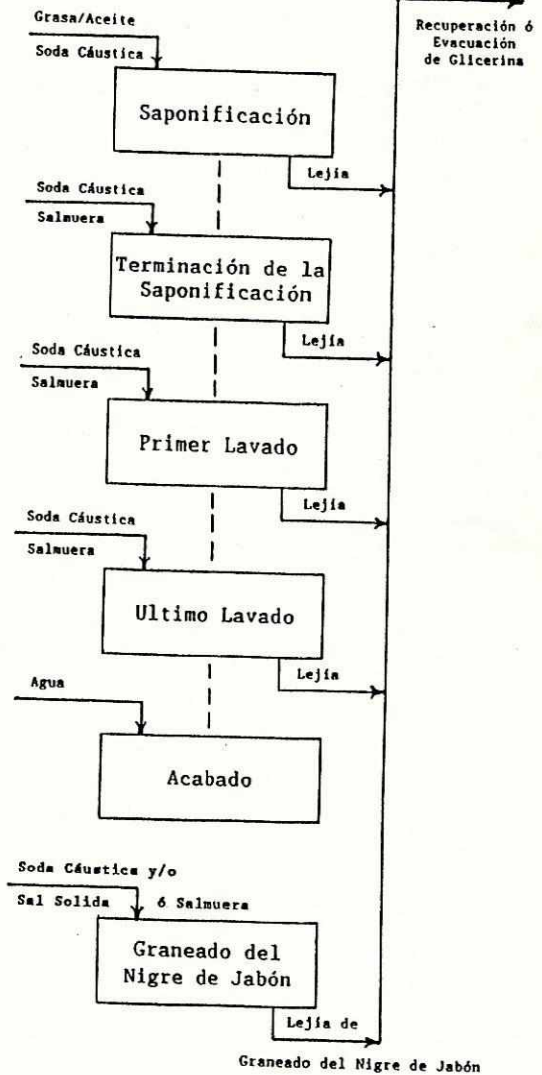
Figura IV-1

Esquemas de los Sistemas de Lavado por Lejía Contracorriente y Concurrente

Lavado Contracorriente



Lavado Concurrente

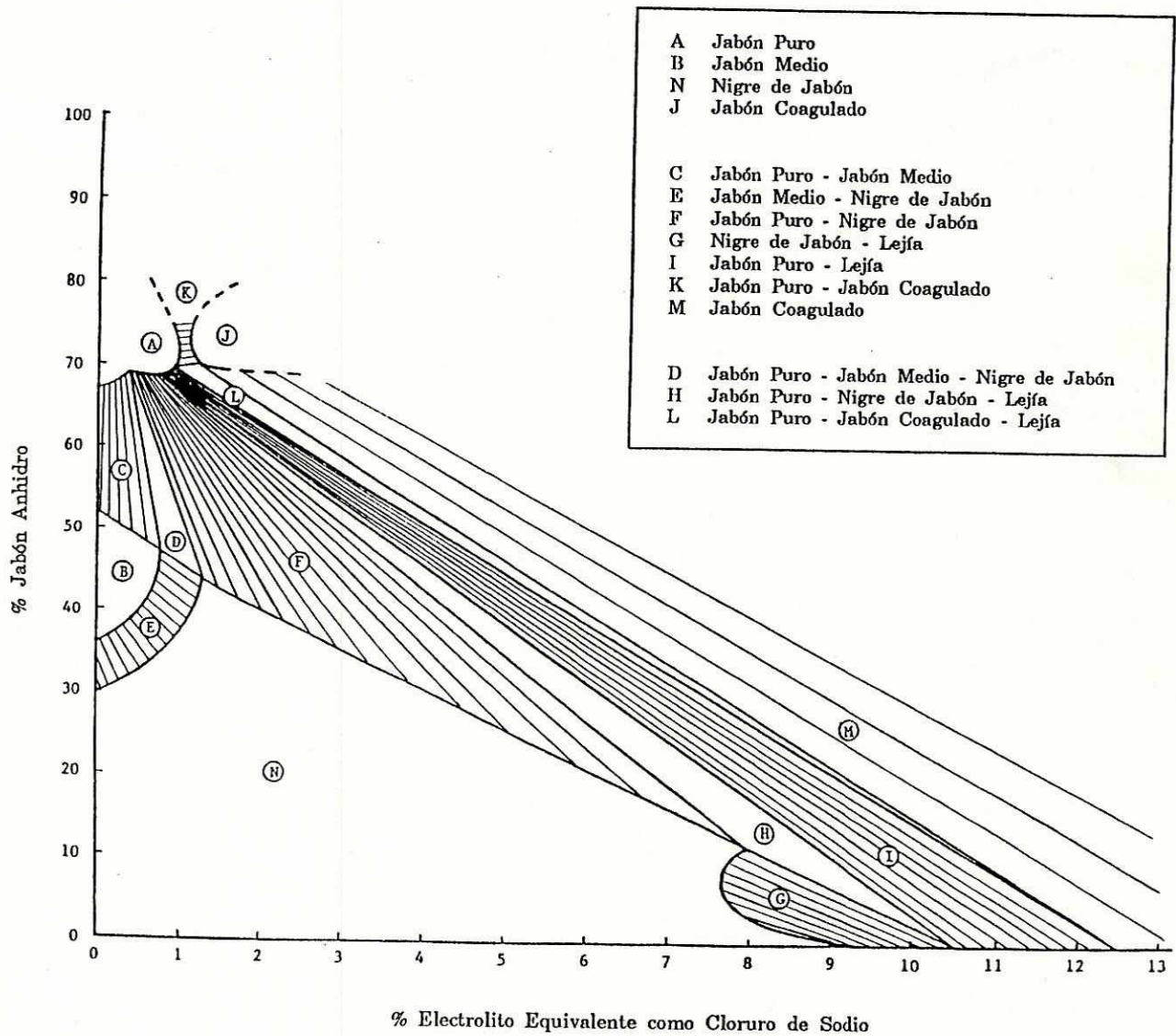


APENDICE B

Sistemas de lavado

Figure III - 1

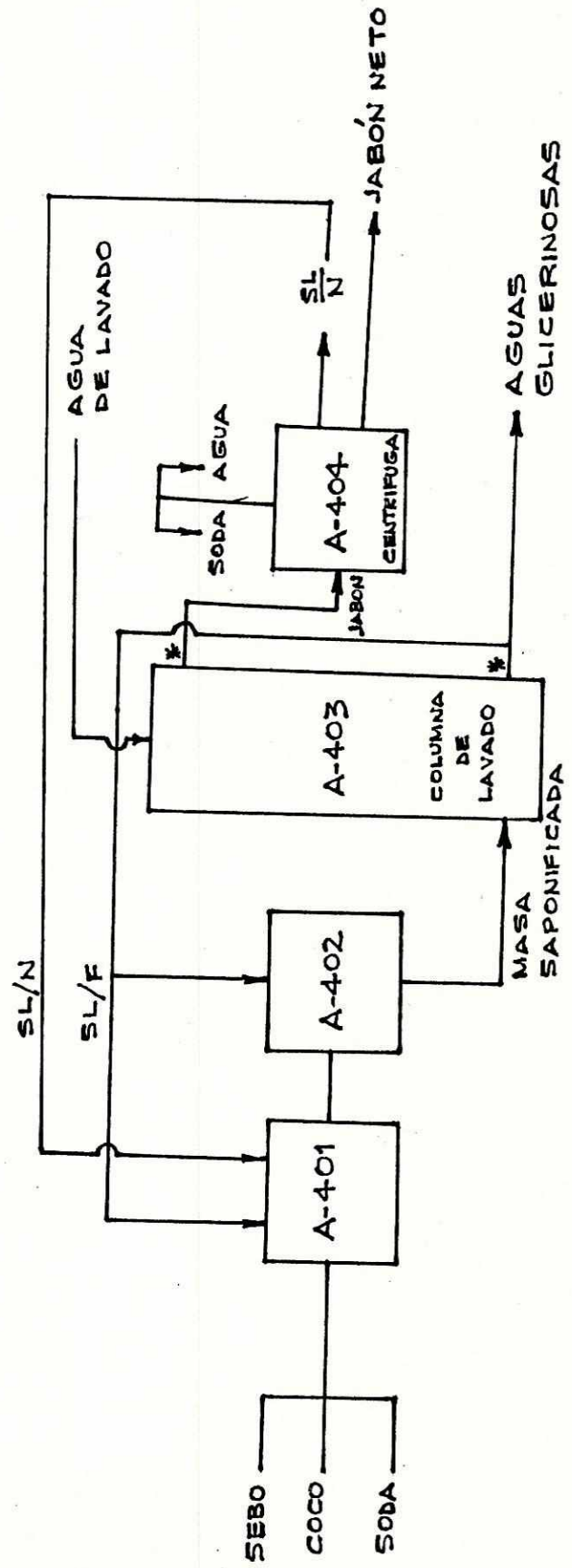
Diagrama de Fases del Jabón para una Carga de 75 Sebo/25 Aceite de Coco



APENDICE C

Diagrama de corrientes de la planta de
saponificación continua

PLANTA DE SAPONIFICACIÓN CONTINUA



* MUESTRAS DE JABÓN Y LEJÍA EN EQUILIBRIO

APENDICE D

Determinación de glicerina por el método de ácido peryódico

Este procedimiento se basa en la oxidación de la glicerina por el ácido peryódico en solución acuosa, y la subsiguiente determinación iodométrica del exceso de ácido peryódico. En este método, la muestra es disuelta en agua, acidificada y removidos los ácidos grasos. Una alícuota del agua conteniendo glicerina es tratada con ácido peryódico. Luego de la adición del exceso de yoduro con el exceso de ácido peryódico, el yoduro es liberado y titulado con solución estándar de tiosulfato de sodio. La diferencia entre los valores de titulación del blanco y de la muestra son una medida de la cantidad de glicerina en la muestra.

PROCEDIMIENTO

1. Pesar cerca de 20gr de la muestra y disolver en 150ml de agua, contenidos en un beaker de 500ml. Calentar con agitación constante hasta que la muestra esté completamente disuelto.
2. Añadir 30ml de ácido acético glacial, continuar el calentamiento hasta que los ácidos grasos formen una clara y aceitosa capa.
3. Remover el beaker del calentamiento, y colocar en baño de hielo hasta que la capa de ácidos grasos solidifique. Remover la capa, y lavarla con agua fría, recolectando esta última en el beaker.

4. Filtrar la solución hacia un balón volumétrico de 500ml. Mantener la solución fría para evitar que algo de ácido graso se vaya en el filtrado.

5. Permitir que la solución del balón alcance la temperatura ambiente.

6. Pipetear 25ml de ácido peryódico 1.1% a un beaker de 400ml. Preparar dos blancos añadiendo 100ml de agua a cada uno.

7. Pipetear una alícuota de 50ml de la solución muestra al beaker que contiene el ácido peryódico. Agitar suavemente para una leve mezcla.

8. Cubrir cada beaker con un vidrio de reloj y colocar en un lugar oscuro por 30 min.

9. Añadir 20ml de solución de yoduro de potasio al 15% a cada uno de los blancos y a la muestra, agitar. Dejar permanecer las soluciones no menos de un minuto pero no más de cinco.

10. Diluir con aproximadamente 200ml de agua, y titular inmediatamente con solución de tiosulfato de sodio 0.1N, añadiendo el titulante gradualmente hasta que el color café del yodo desaparezca. Añadir 2ml de solución de almidón y continuar la titulación hasta que desaparezca el color azul del yodo-almidón.

CALCULOS

$$\frac{(\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ para el blanco (promedio de dos determinaciones)}) - (\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ para la muestra})}{\text{peso de la muestra}} * N * 2.302 = \% \text{ Glicerol}$$

APENDICE E

Cálculo de la relación de lavado

La relación de lavado que se utilizó en la columna de extracción se fue variando desde 0.3 hasta 0.7, con incrementos de 0.05.

Para calcular la relación de lavado, se encontraron los kilogramos de agua y salmuera alimentados a la columna y se relacionaron con los kilogramos de grasa utilizados. Las grasas incluyen en este caso el 80% de sebo y el 20% de aceite de coco, esto representa una fórmula de jabón 80/20 que es la utilizada en la manufactura de jabones de tocador.

El cálculo del agua y de la salmuera se realizaron en base a la posición del pistón de la bomba que las dosifica. Para el agua, se sabe que a un 100% de la posición del pistón se bombean 714lt, así, por ejemplo, para un 29.9% de la posición del pistón se tendrá:

$$29.9\% \frac{714\text{lt}}{100\%} \frac{1\text{kg}}{1\text{lt}} = 213.48\text{kg de agua}$$

Se utilizó una densidad de 1kg/lt.

Para la salmuera será:

$$32.3\% \frac{714\text{lt}}{100\%} \frac{1.135\text{kg}}{1\text{lt}} = 261.76\text{kg de salmuera}$$

El total de las aguas de lavado será:

$$213.48 + 261.76 = 475.24 \text{ kg}$$

Considerando que en el momento de tomar las posiciones del piston de las bombas de agua y salmuera, la posición de la bomba dosificadora de

grasas esta en su máximo, es decir en 11.5%. A esta posición se dosifican 864 kg de grasa.

Calculando la relación de lavado:

$$\frac{475.24 \text{ kg de aguas de lavado}}{864 \text{ kg de grasa (sebo + coco)}} = 0.55$$

APENDICE F

Cálculo del costo de 1 kg de glicerina blanqueada y destilada al 99%

Tomando una lejía cruda al 20% de contenido de glicerol.

A. Tratamiento

Lejía con alcalinidad total	0.5% NaOH máximo
Lejía con alcalinidad libre	0.2% NaOH máximo
Lejía con cloruros	12.0 % NaCl
Lejía con glicerol	20.0%

Materiales

	<u>kg</u>	<u>costo (Q)</u>
Lejía al 20%	5.263	
HCl al 37%		
$\frac{06.5}{\text{kg}} \left(\frac{50\text{kg HCl}}{4000 \text{ kg lejía}} \right) (5.263 \text{ kg lejía})$	0.06579	0.4276
Sulfato de Aluminio		
$\frac{010.3}{\text{kg}} \left(\frac{15 \text{ kg Al}_2\text{SO}_4}{4000 \text{ kg lejía}} \right) (5.263 \text{ kg lejía})$	0.01974	0.2033
NaOH al 50%		
$\frac{01.143}{\text{kg}} \left(\frac{20 \text{ kg NaOH}}{4000 \text{ kg lejía}} \right) (5.263 \text{ kg lejía})$	0.02631	0.03008
Agua	0.0189	
		Q 0.66098

Mano de obra (considerando un salario promedio de Q 560/mes)

$$\frac{0.109 \text{ hrs.h.}}{100 \text{ kg lejía}} \left(5.263 \text{ kg lejía} \right) \left(\frac{Q 3.50}{\text{hrs.h}} \right) = Q 0.02008$$

B. Evaporación

Materiales

Sabiendo que hay una pérdida del 4% en la evaporación, y que se va a obtener una glicerina pura al 80%

$$\frac{5.263 \text{ kg lejía} \left(\frac{20 \text{ kg glicerol}}{100 \text{ kg lejía}} \right) \cdot 0.96}{0.8} = 1.260 \text{ kg glic. cruda } 80\%$$

entonces, hay una evaporación de $5.263 - 1.260 = 4.003$

Mano de obra

$$\frac{0.4862 \text{ hrs.h}}{100 \text{ kg glic. cruda}} (1.260 \text{ glic. cruda}) \left(\frac{Q 3.50}{\text{hrs.h}} \right) = Q 0.0214$$

Energía eléctrica (tratamiento y evaporación)

Para tratar y evaporar 100kg de lejía se consumen aproximadamente 1.67kw-h

$$\frac{1.87 \text{ kw-h}}{100 \text{ kg lejía}} (5.263 \text{ kg lejía}) \left(\frac{Q 0.27}{\text{kw-h}} \right) = Q 0.02657$$

Vapor

Sabiendo que para 100kg de lejía se consumen los kilogramos de vapor correspondientes a 1.64 galones de bunker alimentados a la caldera,

$$\frac{1.64 \text{ gal bunker}}{100 \text{ kg lejía}} (5.263 \text{ kg lejía}) \left(\frac{Q 3.40}{\text{gal.bunker}} \right) = Q 0.2935$$

C. Destilación

Materiales

	kg	costo (Q)
Glicerina cruda al 80%	1.260	
Soda al 50%	0.00364	0.004167
0.00364 kg $\left(\frac{Q 1.1432}{\text{kg}} \right)$		
	<u>1.2636</u>	<u>Q0.004167</u>

Considerando un rendimiento del 80% en el proceso de destilación, se tendrá:

$$1.2636 \text{ kg} (0.80) = 1.01088 \text{ kg glic al } 99\%.$$

Mano de obra

$$\left(\frac{0.669 \text{ hrs.h}}{100 \text{ kg glic. dest.}} \right) \left(\frac{Q 3.50}{\text{hrs.h}} \right) 1.01088 \text{ kg glic } 99\% = Q 0.02367$$

D. Blanqueo

Materiales

	<u>kg</u>	<u>Q/kg</u>	<u>costo (Q)</u>
glicerina destilada	1.01088		
carbon activado	0.006124	9.45	0.05787
Zélite	0.003062	14.0	0.04287
	<hr/>		<hr/>
	1.0201		Q 0.1007

esto tiene un rendimiento de 98.90%, es decir,

$$1.0201 (0.9890) = 1.0089 \text{ kg glic al } 99\%$$

Energía eléctrica (destilación y blanqueo)

Para destilar y blanquear, y obtener 100kg de glicerina al 99%, se consumen aproximadamente 10.2 kw-h,

$$\left(\frac{0.1288 \text{ kw-h}}{\text{kg glic}} \right) (1.0089 \text{ kg glic}) \left(\frac{Q 0.27}{\text{kw h}} \right) = Q 0.03510$$

Vapor (Destilación y blanqueo)

Para destilar y blanquear 1kg de glicerina se consumen los kilogramos de vapor correspondientes a 0.1125 galones de bunker:

$$\left(\frac{0.1125 \text{ gal bunker}}{1 \text{ kg glic } 99\%} \right) (1.0089 \text{ kg glic}) \left(\frac{Q 3.40}{\text{gal}} \right) = Q 0.3859$$

Resultando el **costo total**

Q 1.572 (suma de todas las etapas)
1.0089 kg glic a obtener

=

Q 1.5581/kg glic
destilada t blanq.

APENDICE G

Tablas y Gráficas

TABLA G.1

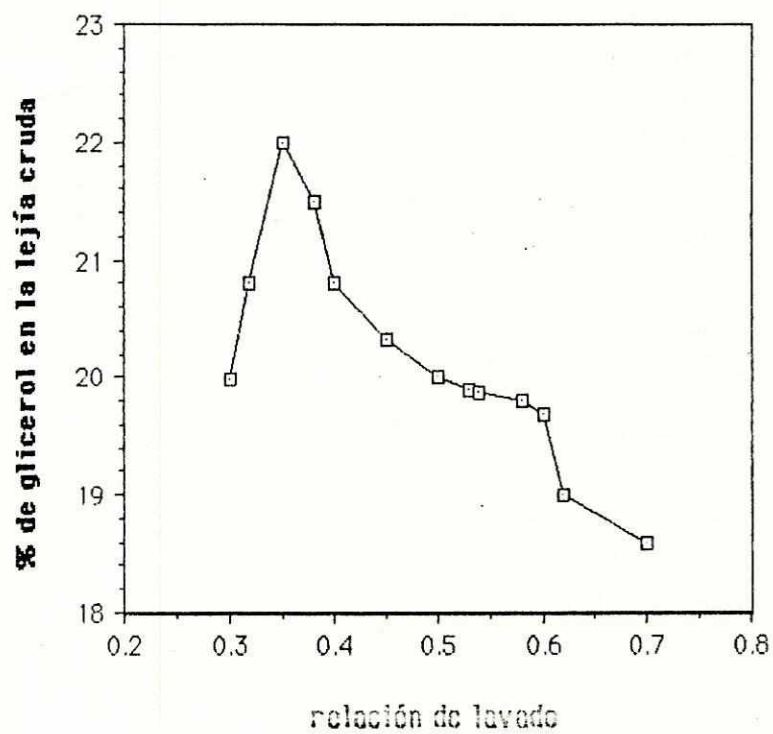
RELACION DE LAVADO	PORCENTAJE DE GLICEROL	
	JABON NETO	LEJIA
0.30	1.18	19.98
0.35	2.00	22.00
0.40	0.74	20.80
0.45	0.60	20.32
0.50	0.56	20.00
0.55	0.51	19.75
0.60	0.30	19.70
0.65	0.22	18.74
0.70	0.20	18.60

TABLA G.2

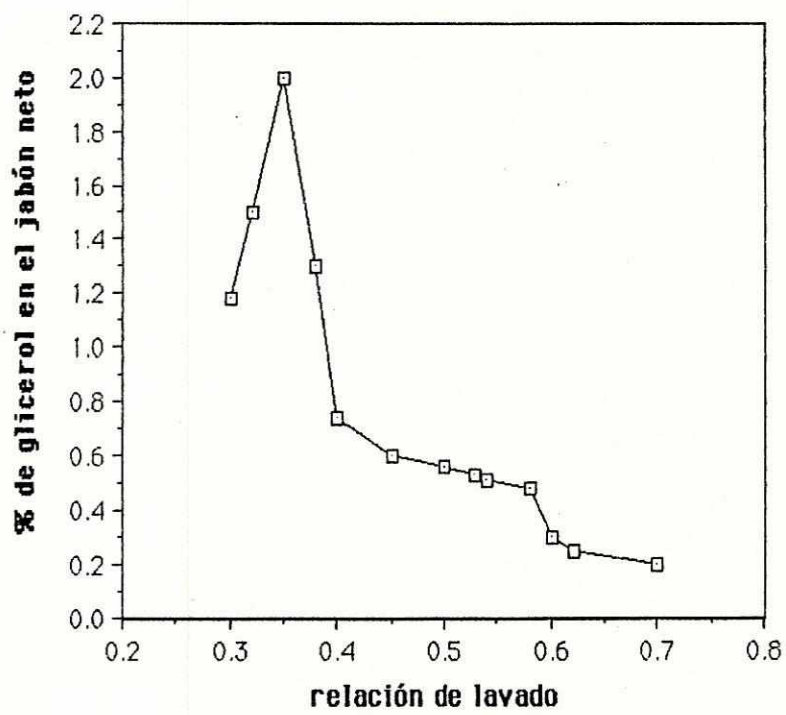
PORCENTAJE DE GLICEROL EN LA LEJIA COSTO KG GLICERINA 99% (Q)

18.60	1.6298
18.74	1.6222
19.70	1.5716
19.75	1.5685
20.00	1.5581
20.03	1.5581
20.91	1.5181
22.00	1.4653

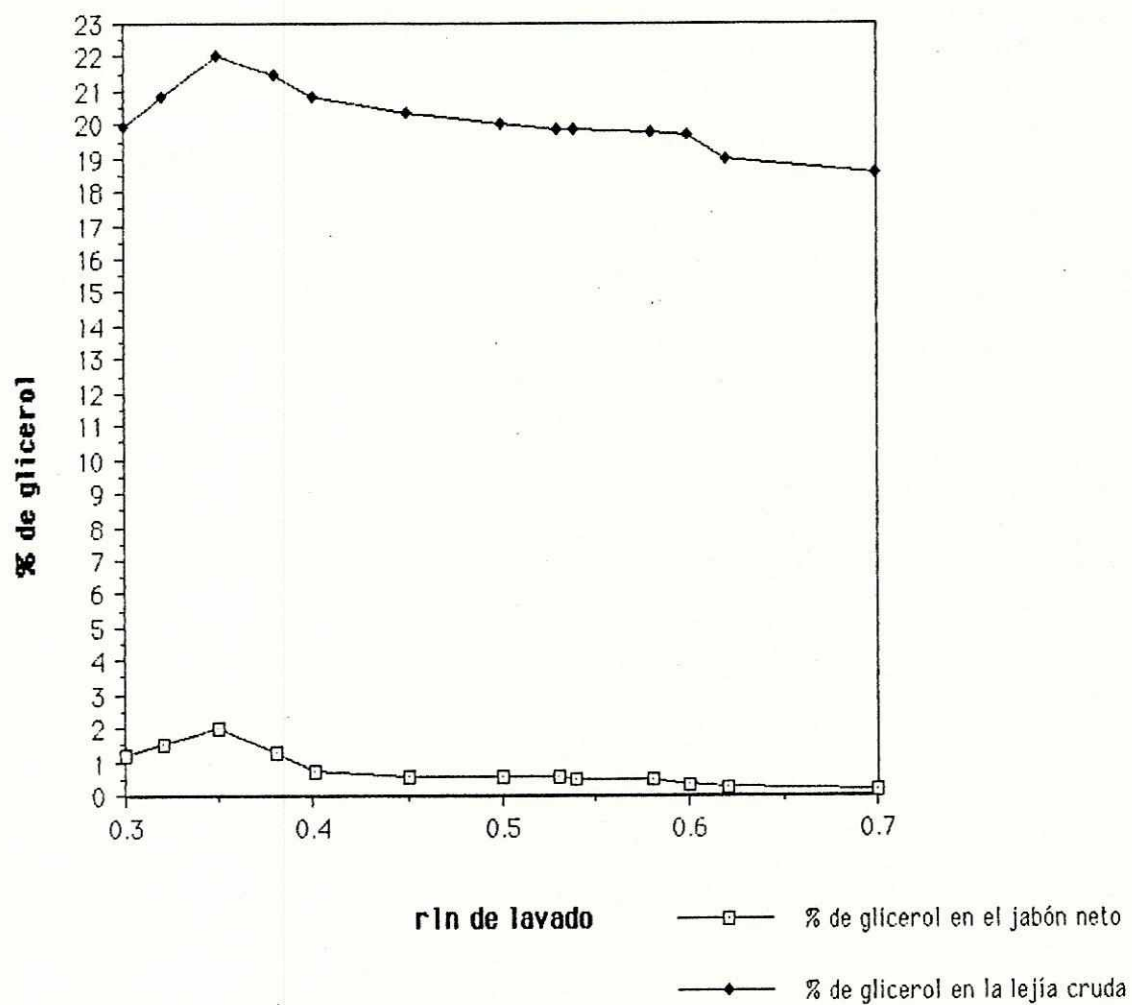
GRAFICA G-1



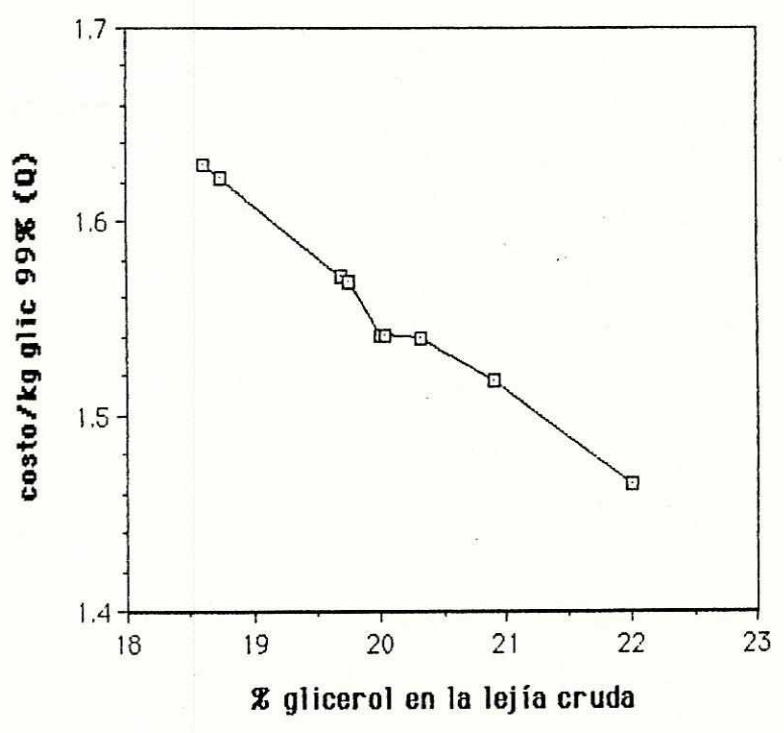
GRAFICA G-2



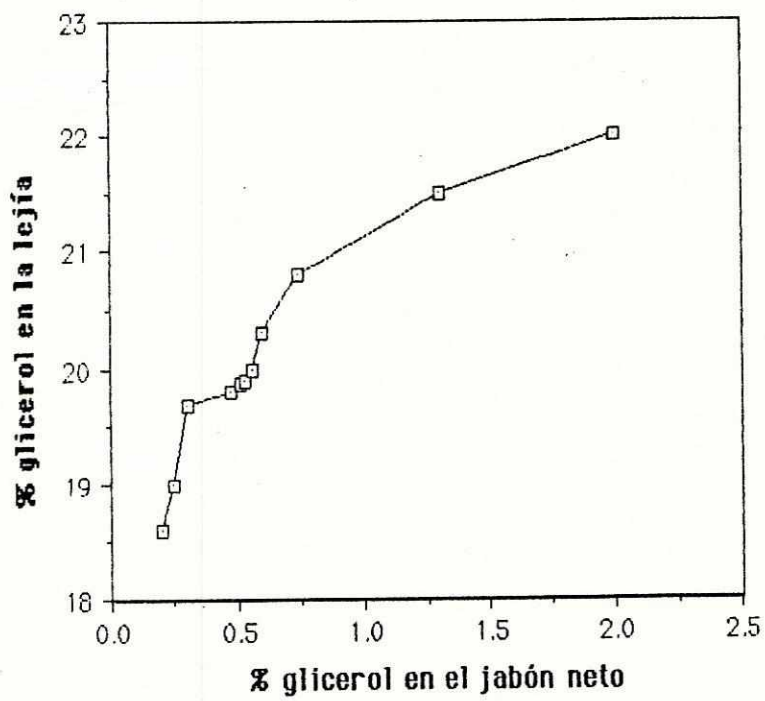
GRAFICA G-3



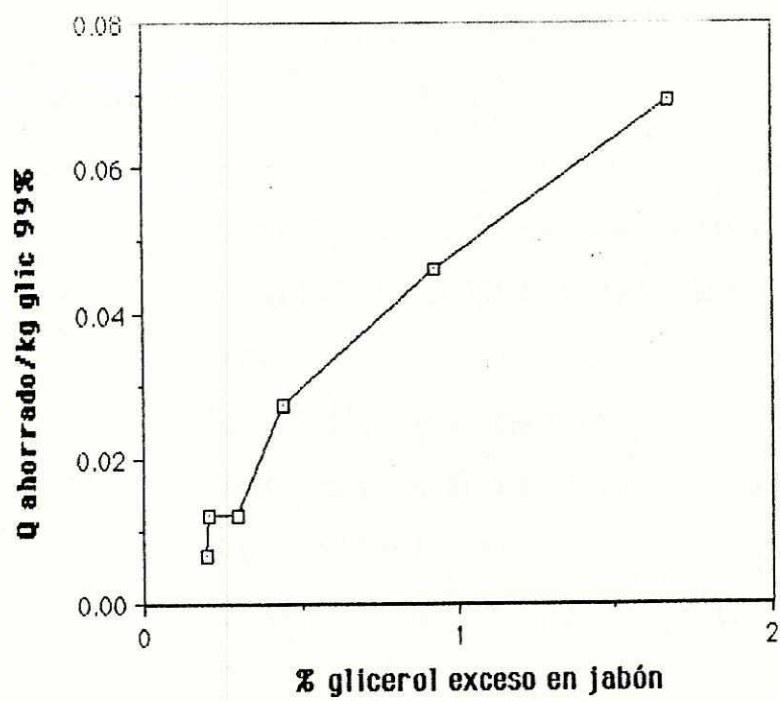
GRAFICA G-4



GRAFICA G-5



GRAFICA G-6



APENDICE H

Cálculo de la pérdida por el exceso de glicerol en el jabón neto.

Puesto que el contenido máximo aceptado de glicerol en el jabón neto es de 0.3%, el exceso que vaya en el jabón será una pérdida de dinero que podría transformarse en ganancia si éste pudiera extraerse en el lavado.

Por ejemplo, para una relación de lavado de 0.3, se obtiene un jabón con 1.125% de glicerol, es decir, con un 0.925% de exceso. Si este glicerol pudiera transferirse a las aguas de lavado, la lejía en vez de tener un 20% de glicerol, podría tener un 20.925%. Lo que significa que el costo del kilogramo de glicerina pura disminuiría en Q 0.0461, y al obtener un precio más bajo se estará percibiendo una mayor ganancia.

Se calculó la cantidad que se ahorraría para cada relación de lavado, y se graficó este valor respecto al porcentaje de glicerol en exceso en el jabón (ver gráfica 6 en el apéndice). Se obtuvo una curva que presenta un mayor ahorro conforme el exceso de glicerol aumenta.

