

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Diseño de una línea de producción de crema  
hidratante base agua en aceite, en un laboratorio  
farmacéutico, en Guatemala

Trabajo de graduación presentado por Edgar Rodolfo  
Grisolia para optar al grado académico de Licenciado en  
Ingeniería Química

Guatemala  
2006



Diseño de una línea de producción de crema  
hidratante base agua en aceite, en un laboratorio  
farmacéutico, en Guatemala

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA


Facultad de Ingeniería

Diseño de una línea de producción de crema  
hidratante base agua en aceite, en un laboratorio  
farmacéutico, en Guatemala


Trabajo de graduación presentado por Edgar Rodolfo  
Grisolia para optar al grado académico de Licenciado en  
Ingeniería Química


Guatemala  
2006

Vo.Bo.:

(f)   
Ingeniero Jorge Muñoz

Tribunal:

(f)   
Ingeniero José Eduardo Calderón

(f)   
Ingeniero Jorge Muñoz

(f)   
Ingeniero Jaime Rosales

Fecha de aprobación: 23 de mayo de 2006

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es diseñar una línea de producción de crema hidratante base agua en aceite, para la producción de 3,000 tarros por lote; con el fin de reducir costos de fabricación de este producto.

Para lograr este objetivo, se realizó un análisis comparativo entre el nuevo diseño y la actual línea de producción. Se efectuó un razonamiento técnico y económico con el fin de saber si el cambio de la línea era conveniente, se calcularon los costos variables de cada una de las líneas y se diseñó el equipo necesario para el tipo de emulsión determinada por el nuevo emulsificante, Lauril polietilen glicol polipropilen glicol-18/18 meticona.

Se encontró que es viable la implementación de la nueva línea de producción ya que se tiene una reducción de costo de fabricación del 12 % respecto a la línea de fabricación actual, debido a esto se puede alcanzar el punto de equilibrio con mayor rapidez, aumentando la utilidad neta de la línea. El proyecto es rentable, ya que se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 42.61%, recuperándose la inversión en dos años cinco meses.

## ABSTRACT

The primary target of this work is to design a production line of moisturizing cream base water-in-oil, for the production of 3.000 jars by lot, with the purpose of reducing manufacture costs for this product.

In order to obtain this objective a comparative analysis between the new design and the present line of production was made. A technical and economic research was made with the purpose of knowing if the change of the line was advisable, the costs of each production line were calculated and the necessary equipment was design for the type of emulsion determined by the new emulsifier, Lauryl polyethylene glycol polypropylene glycol-18/18 methicone.

Based on the analyses made it was found that the implementation of new line of production is viable since a reduction of cost is 12 % with respect to the present manufacture line, due to this is results it can reached the point of balance with greater rapidity, increasing the yield of the line. The project is profitable since an internal rate of return (TIR) of 42.61 % was obtained, recovering the investment in two years five months.

# ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
LISTA DE CUADROS .....	x
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	xii

Capítulos	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES .....	2
A. Emulsiones.....	2
B. Estabilidad de las emulsiones .....	5
C. Formulación de las emulsiones.....	13
D. Equipo.....	15
III. JUSTIFICACIÓN.....	18
IV. OBJETIVOS .....	19
A. General.....	19
B. Específicos.....	19
V. PROBLEMA A RESOLVER.....	20
VI. METODOLOGÍA.....	21
VII. RESULTADOS .....	22
A. Formulación.....	22
B. Maquinaria y equipo.....	22
C. Diagrama de flujo .....	30
D. Diseño de planta .....	31
E. Especificaciones del producto .....	32
F. Análisis económico.....	32
VIII. DISCUSIÓN .....	36
A. Comparación de los proceso.....	36

B. Formulación.....	37
C. Maquinaria y equipo.....	38
D. Análisis económico.....	39
IX. CONCLUSIONES .....	41
X. RECOMENDACIONES .....	42
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	43
XII. APÉNDICE .....	44
A. Análisis para el control de calidad del producto.....	44
B. Maquinaria y equipo.....	45
C. Proceso.....	49
D. Análisis económico .....	54

# LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Formulación general para la fabricación de crema hidratante.....	22
2. Maquinaria y equipo de la línea de producción .....	22
3. Dimensiones de los tanques .....	23
4. Accesorios del tanque .....	24
5. Especificaciones de la válvula de bola.....	24
6. Especificaciones del mezclador .....	25
7. Especificaciones del rodete.....	26
8. Especificaciones del soporte para el mezclador .....	27
9. Especificaciones de la llenadora .....	27
10. Especificaciones de la mesa de trabajo .....	28
11. Especificaciones de la banda transportadora.....	29
12. Especificaciones de materiales de empaque.....	32
13. Especificaciones del producto.....	32
14. Comparación de costos de producción anuales.....	32
15. Análisis económico de la nueva línea de producción.....	32
16. Comparación de punto de equilibrio .....	33
17. Proporciones del tanque agitado .....	49
18. Generalidades del proceso .....	49
19. Costo de mano de obra por lote del proceso actual.....	54
20. Prestaciones para cada empleado .....	54
21. Costos de energía eléctrica por lote del proceso actual.....	54
22. Costo de materiales por lote del proceso actual .....	55
23. Costos variables de fabricación para el proceso actual .....	55
24. Costo de mano de obra por lote del proceso nuevo.....	55
25. Costos de energía eléctrica por lote del proceso nuevo.....	56
26. Costo de materiales por lote del proceso nuevo .....	56
27. Costos variables de fabricación de la nueva línea.....	56
28. Planilla de la planta para la fabricación de un lote.....	57
29. Costos fijos de la empresa en planilla para la fabricación.....	57
30. Costos fijos en planilla subsidiados por la línea.....	57
31. Costos fijos de la planta .....	58
32. Costo fijo subsidiados por la línea .....	58
33. Inversión inicial .....	59

34. Periodo de depreciación para cada equipo .....	60
35. Tasa de depreciación SMARC .....	60
36. Depreciación anual.....	61
37. Condiciones económicas del mercado utilizadas en el flujo de caja .....	61
38. Flujo de caja de la nueva línea del año 1 al 5.....	62
39. Flujo de caja de la nueva línea del año 6 al 10.....	63

# LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
1. Tanques de fabricación .....	23
2. Válvula de descarga .....	24
3. Mezclador .....	25
4. Rodete tipo hélice.....	26
5. Soporte para el mezclador.....	26
6. Llenadora .....	27
7. Mesa de trabajo .....	28
8. Banda transportadora .....	28
9. Banda transportadora vista lateral.....	29
10. Línea de producción.....	30
11. Distribución de maquinaria y equipo .....	31
12. Punto de equilibrio para la línea actual de producción.....	34
13. Punto de equilibrio para la nueva línea de producción.....	35
14. Diseño tanque agitado.....	46
15. Vista frontal del tanque agitado .....	47
16. Tanque agitado en tres dimensiones .....	48
17. Diagrama de bloques del proceso .....	50
18. Diagrama de operaciones .....	52
19. Diagrama de actividades.....	53

# I. INTRODUCCIÓN

Las cremas hidratantes se fabrican por la formación de una emulsión de agua en aceite o aceite en agua. Una emulsión es básicamente un sistema bifásico en que un líquido está disperso como pequeñas gotas en el seno de otro, por lo que se reconoce una fase interna y una fase externa.

Actualmente se tiene una línea de producción de crema hidratante base aceite en agua, este trabajo proporciona un diseño de una línea de producción de crema hidratante base agua en aceite, utilizando como emulsificante Lauril polietilen glicol polipropilén glicol-18/18 meticona. El diseño se obtuvo con base a la formulación de la crema obtenida por experimentación y realizando los análisis correspondientes de estabilidad, a partir de esto se determinó el equipo necesario para la producción de crema a nivel industrial, la línea se dimensionó para la fabricación de lotes de 180 kg/d, con el fin de reducir costos de producción. También se proporciona un análisis económico de la línea diseñada y un análisis comparativo de costos entre los dos procesos de fabricación de la crema, por medio de estos se determinó que la nueva línea es más rentable.

El tema de emulsiones y sus distintas propiedades se presenta en los antecedentes, luego se justifica la necesidad y ventajas que implica el diseño de la línea de producción, además se presentan los objetivos que se cumplieron por medio de una metodología establecida para el desarrollo del trabajo. Así como también se presentan los resultados seguidos de la discusión de los mismos, acompañado de las conclusiones y recomendaciones obtenidas. Por último, se presenta el apéndice donde se encuentra información complementaria de los resultados.

## II. ANTECEDENTES

### A. Emulsiones

La emulsión es un sistema de dos fases que se prepara combinando dos líquidos miscibles, uno de los cuales se halla uniformemente disperso en el otro y consiste en glóbulos de diámetro igual o mayor al de las partículas coloidales más grandes. El tamaño de los glóbulos reviste una importancia crítica, por supuesto y debe ser tal que el sistema alcance una estabilidad máxima. Sin embargo, incluso en las mejores condiciones las dos fases se separan si no se incorpora una tercera sustancia, un agente emulsificante. Por lo tanto, la emulsión básica debe contener tres componentes, pero los productos que existen en el comercio pueden consistir en una cantidad de agentes terapéuticos disueltos en cualquiera de las dos fases del preparado.

La mayoría de las emulsiones se preparan de manera que incorporen una fase acuosa en una fase no acuosa (o viceversa), aunque también se pueden preparar emulsiones que prácticamente no son acuosas. Por ejemplo, las investigaciones acerca de los efectos emulsificantes de los tensoactivos aniónicos y catiónicos sobre el sistema no miscible y no acuoso: glicerina y aceite de oliva, revelaron que ciertas aminas y tres agentes catiónicos producen emulsiones estables. Esta ampliación de la definición básica del término emulsión es reconocida por la USP (Farmacopea de los Estados Unidos).

Una emulsión es un sistema bifásico en que un líquido está disperso como pequeñas gotitas en otro líquido. El líquido dispersado se conoce como fase interna o discontinua, en tanto que el medio dispersante se conoce como fase externa o continua. Cuando el aceite es la fase dispersa y la solución acuosa es la fase continua, el sistema es una emulsión de aceite en agua (Ac/Ag) y se puede diluir con facilidad y uniformizarla agregando agua. Por el contrario, si la fase dispersa es agua o una solución acuosa y el aceite o un material oleaginoso es la fase continua, el sistema es una emulsión de agua en aceite (Ag/Ac).

Para el caso de las emulsiones, se ha desarrollado en la práctica una terminología particular que será conveniente revisar brevemente. El término genérico aceite se usa para designar, casi siempre, la fase dispersa insoluble e inmiscible con la fase dispersante. Este término se usa sin tener en cuenta la naturaleza química de la fase y con esta idea genérica, el aceite puede ser: aceite de oliva, aceite de ricino, éter de petróleo, benceno, vaselina líquida, etc. Cuando dos o más glóbulos de la fase líquida dispersa se unen entre sí para formar un solo glóbulo mayor, se dice que los glóbulos coalescen y este fenómeno se denomina coalescencia. Este proceso de unión de los glóbulos puede tener lugar en distintos grados y su límite, es la unión de todos los glóbulos para formar otra fase líquida continua y netamente separada de la fase dispersante. Cuando esto ocurre, se dice entonces que la emulsión se ha cortado o destruido ya que se observan entonces dos fases continuas.

En ciertas emulsiones se observa que los glóbulos, de la fase dispersa, mantienen su individualidad como tales, se acumulan en la parte superior de la emulsión. Este proceso que se debe a la menor densidad de los glóbulos de la fase líquida dispersa y que corresponde, por lo tanto, a una sedimentación hacia arriba se conoce como la formación de crema y es de manera habitual un proceso fácilmente reversible. Cuando los glóbulos de la fase dispersa se acumulan en la parte inferior de la emulsión, se dice que la emulsión ha sedimentado y este proceso que es también fácilmente reversible corresponde al normal efecto de la fuerza gravitatoria cuando la densidad de los glóbulos de la fase dispersa es mayor que la densidad de la fase dispersante. En los sistemas farmacéuticos, la mayor parte de las emulsiones contienen agua como una de las fases, la cual puede a veces ser la fase dispersa o bien la fase dispersante. Cuando en una emulsión la fase dispersa discontinua es el aceite, y la fase dispersante continua es el agua, se dice que esta es una emulsión de aceite en agua. Cuando por el contrario la fase dispersa discontinua es el agua, y la fase dispersante continua es el aceite se dice entonces que la emulsión es de tipo agua en aceite. Toda emulsión acuosa en los instantes iniciales de su formación es una mezcla de estos dos tipos, esto es, aceite en agua y agua en aceite. Existen tres métodos muy sencillos que permiten definir con rapidez el tipo de emulsión.

- El primero de ellos consisten en agregar una pequeña cantidad de la emulsión contenida en sendos tubos de ensayo agua a uno y un solvente del aceite al otro. Si la emulsión es de tipo aceite en agua se observaría que en el tubo al que se le agregó agua, la emulsión original se ha diluido uniformemente manteniendo su fase discontinua inalterada. El tubo al que se le agregó el disolvente del aceite mostrará una neta separación en dos fases líquidas continuas. Por el contrario, si se trata de una emulsión de agua en aceite, el tubo al que se le agregó el agua mostrara una separación de las fases líquidas continuas, mientras que el tubo al que se le agregó el disolvente del aceite mantendrá, las características de la emulsión original.
- Un segundo método consiste en agregar a la emulsión un colorante que sea soluble en el aceite o bien que sea soluble en el agua. El colorante se difundirá homogéneamente en la fase dispersante continua coloreándola de manera uniforme. Si a una emulsión aceite en agua se le agregan unas gotas de una solución de un colorante soluble en el aceite, se podrá observar que la emulsión no se colorea uniformemente y sólo lo hacen los pequeños glóbulos de la misma.
- El tercer método consiste en la medida de la conductividad de la emulsión y la comparación del valor obtenido con el que corresponde a la conductividad del agua pura o a la conductividad del aceite. La conducción de corriente eléctrica se produce a través de la fase continua y en general, la resistencia eléctrica de los aceites que forman varios ordenes de magnitud superior a la resistencia del agua pura. (Helman, 1984:347).

1. **Propiedades de las emulsiones.** Sus propiedades más importantes son su utilidad y el aspecto que ofrecen al consumidor, ya sea éste el industrial o el consumidor final. Las propiedades que son más evidentes y por lo general más importantes son: facilidad de dilución (de ordinario con agua, aunque acaso sea con algún disolvente selectivo), viscosidad dinámica, color, estabilidad y, si se forma la emulsión en el lugar donde se usa finalmente, su facilidad de formación. Para un tipo dado de emulsificación, estas propiedades dependen de lo siguiente:

- Las propiedades de la fase continua.
- La relación entre la fase interna y la externa.
- El tamaño de partícula de la emulsión.
- La relación entre la fase continua y las partículas (incluso las cargas iónicas).
- Las propiedades de la fase discontinua.

En una emulsión determinada, las propiedades dependen del líquido que forme la fase externa, o de si la emulsión es oleoacuosa o hidrooleosa. El tipo de emulsión que resulte depende:

- Del tipo, cantidad y calidad del emulsificante.
- De la razón entre ingredientes.
- Del orden en que se añaden los ingredientes al mezclarlos.

La dispensabilidad (solubilidad) de una emulsión es determinada por la fase continua; si la fase continua es hidrosoluble, la emulsión puede ser diluida con agua, si la fase continua es oleosoluble, la emulsión se puede disolver en aceite. La facilidad con que se puede disolver una emulsión se puede aumentar si se reduce la viscosidad de la emulsión. La viscosidad de una emulsión cuando hay exceso de fase continua es virtualmente la viscosidad de dicha fase. Al aumentar la proporción de la fase interna aumenta la viscosidad de la emulsión hasta un punto en que la emulsión deja de ser líquida. Cuando el volumen de la fase interna sobrepasa el de la externa, se aglomeran las partículas de la emulsión y la viscosidad aparente es parcialmente viscosidad estructural. Teóricamente, el volumen máximo, que puede ser ocupado por partículas esféricas uniformes en la fase dispersa de una emulsión es 74 % del volumen total. Se pueden preparar emulsiones que tengan hasta 99 % de la fase interna. En estos casos hay considerable deformación en comparación con la forma ordinaria de partículas de la fase dispersa. Se puede regular la viscosidad de una emulsión de la siguiente manera:

a. Para reducir la viscosidad dinámica:

- Se aumenta la proporción de la fase continua.
- Se reduce la viscosidad de la fase continua.
- En las suspensiones, se agregan agentes de actividad superficial para aumentar la lubricación.

b. Para aumentar la viscosidad dinámica:

- Se agregan espesantes, como geles de jabones, gomas y gel de alúmina a la fase continua.
- Se aumenta la proporción de la fase interna.
- Se reduce el tamaño de partícula de la emulsión o se reduce la aglomeración de las partículas existentes.
- Se incorpora aire en estado de división fina como tercera fase.

La regulación de la viscosidad dinámica de las emulsiones tiene aplicación a la preparación de lociones cosméticas. El objeto es preparar una loción que parezca ser espesa; esto es que tenga alta viscosidad aparente, pero que se conserve líquida al permanecer en reposo durante un largo tiempo. Una dificultad más importante con que se tropieza en estas formulaciones es que en las variables condiciones de almacenamiento varía la estructura del gel y con frecuencia fragua el producto y se vuelve semi sólido de manera que no puede fluir.

La estabilidad de una emulsión depende de los siguientes factores: el tamaño de partícula, la diferencia de densidad de ambas fases, la viscosidad de la fase continua y de la emulsión acabada, las cargas de las partículas, la naturaleza, la eficacia y cantidad del emulsificante, y las circunstancias de almacenamiento, o sea, las temperaturas altas y bajas, la agitación y vibración, la dilución o evaporación durante el almacenamiento o el uso. Puesto que las partículas de una emulsión están suspendidas libremente en un líquido, obedecen a la ley de Stokes si no están cargadas. Para muchos fines industriales la definición de estabilidad incluye forzosamente la no coalescencia de las partículas de la emulsión y la no sedimentación. La incorporación de aire en una emulsión puede tener como consecuencia la reducción notable de la estabilidad.

La ley de Stokes se refiere a la fuerza de fricción experimentada por objetos esféricos moviéndose en el seno de un fluido viscoso en un régimen laminar de bajos números de Reynolds. En general la ley de Stokes es válida en el movimiento de partículas esféricas pequeñas moviéndose a velocidades bajas.

La condición de bajos números de Reynolds implica un flujo laminar lo cual puede traducirse por una velocidad relativa entre la esfera y el medio inferior a un cierto valor crítico. En estas condiciones la resistencia que ofrece el medio es debida casi exclusivamente a las fuerzas de rozamiento que se oponen al deslizamiento de unas capas de fluido sobre otras a partir de la capa límite adherida al cuerpo.

La ley de Stokes se ha comprobado experimentalmente en multitud de fluidos y condiciones. Si las partículas están cayendo verticalmente en un fluido viscoso debido a su propio peso puede calcularse su velocidad de caída o sedimentación igualando la fuerza de fricción con la fuerza de gravedad.

$$u_t = \frac{gd_p^2(\rho_p - \rho)}{18\mu}$$

donde:

$u_t$  = es la velocidad de caída de las partículas (velocidad límite).

$g$  = es la aceleración de la gravedad.

$\rho_p$  = es la densidad de las partículas.

$\rho$  = es la densidad del fluido.

$\mu$  = viscosidad del fluido.

El tamaño y la distribución de tamaños de las partículas de una emulsión son gobernados por la cantidad y la eficacia del emulsificante, el orden de la mezcladura y la clase de agitación que se haga. Si se reduce poco a poco el tamaño de las partículas de la emulsión, varían el color y el aspecto de ésta. Se presentan excepciones en lo tocante al aspecto y el color de las emulsiones cuando se agregan colorantes y pigmentos y cuando ambas fases tienen índice de refracción similar. En este último caso se forma una emulsión transparente sea cual fuere el tamaño de la partícula.

Se puede disminuir el tamaño de partícula por los siguientes medios:

- Aumentando la cantidad de emulsificante.
- Mejorando el equilibrio hidrófilo-lipófilo del emulsificante.
- Preparando la emulsión mediante la inversión de fases para obtener una " fase interna extendida".
- Mediante mejor agitación.

La conductividad eléctrica de una emulsión depende de la conductividad de la fase continua. La facilidad de formación es modificada en mayor grado por la eficiencia y la cantidad del emulsificante y por las propiedades inherentes de ambas fases.

## B. Estabilidad de las emulsiones

1. **Relación entre energía superficial y estabilidad.** Una emulsión es un sistema termodinámicamente inestable que, debido al valor negativo de su energía libre superficial tendrá de manera espontánea a destruirse para alcanzar el equilibrio termodinámico que corresponde a la separación neta en dos fases continuas. En el caso de las emulsiones existen diferencias notables cuando se comparan sus características termodinámicas con las de las suspensiones. En primer lugar, los líquidos presentan en general una tensión superficial y en consecuencia una energía libre superficial menor que las interfases sólido-líquido (Helman, 1984:347).

En segundo lugar, las características líquidas de la fase dispersa permiten que, a través de un proceso de disolución de ciertas sustancias en los glóbulos de la fase dispersa, se pueda reducir aún más la tensión superficial en la interfase del glóbulo líquido con la fase dispersante (Helman, 1984:347).

Las sustancias que producen la disminución de la energía libre superficial de la interfase líquido-líquido se conocen con el nombre genérico de emulgentes (emulsificantes). Mediante la selección adecuada del agente emulsificante, puede llegar no solamente a un valor igual a cero para la tensión superficial de una interfase líquido-líquido, sino que puede llegar a obtener valores negativos de la tensión superficial. Un valor negativo de la tensión superficial corresponde a un valor positivo de la energía libre superficial lo que significa que el sistema muestra una tendencia espontánea a la emulsificación (Helman, 1984:347).

2. Estabilidad de las emulsiones. A menos que se den las condiciones necesarias para la formación de una microemulsión, las emulsiones son más estables que las suspensiones, siguen siendo termodinámicamente inestables. Las mismas fuerzas y factores que actúan sobre la estabilidad de las suspensiones también afectan las emulsiones (Helman, 1984:314).

3. Relación entre estabilidad y tipo de emulsión. Durante el proceso de la emulsificación se producen en el sistema heterogéneo los dos tipos posibles de emulsión aceite en agua y agua en aceite. Se prepara una emulsión de aceite en agua mediante un método mecánico adecuado y en presencia de un emulsificante no iónico. En principio se pueden formar los dos tipos de emulsión. La estabilidad del tipo aceite en agua puede considerarse que será función de la cantidad de agente emulgente adsorbido sobre el glóbulo de aceite. Si la coalescencia de este tipo de emulsión se debe a la paulatina adsorción del emulgente desde la fase oleosa a la fase acuosa continua.

En la que  $Ac/Ag$  es una constante. Hidrodinámica que contiene el volumen de la fase oleosa y también la viscosidad de la fase acuosa. Puede demostrarse que la velocidad de coalescencia de una emulsión de agua en aceite debida a la desorción del emulgente de la fase oleosa continúa a la fase acuosa de los glóbulos de agua. Durante el proceso de emulsificación los dos tipos de emulsiones tienen estadísticamente la misma posibilidad de formarse. El tipo de emulsión que al final resulte dependerá de la estabilidad relativa de cada uno de ellos (Helman, 1984:349).

Si la velocidad del tipo agua en aceite es mayor que la velocidad de coalescencia del tipo aceite en agua, es lógico que el resultado final sea una emulsión en agua (Helman, 1984:349).

4. Formación y ruptura de gotitas líquidas dispersas. Una emulsión existe como resultado de dos procesos competidores, que son la dispersión de un líquido a través de otro en forma de gotitas y la combinación de estas últimas para volver a formar los líquidos con su volumen inicial (Helman, 1984:351).

El primer proceso aumenta la energía libre del sistema y el segundo la reduce, es más espontáneo y continúa hasta la ruptura total o sea hasta que las fases vuelven a formarse en su volumen original.

De poco sirve formar una emulsión bien dispersada si se rompe. Si no se cuida de lograr una dispersión óptima durante su preparación la estabilidad de un sistema de emulsión puede quedar comprometida desde el principio (Helman, 1984:351).

5. **Proceso de dispersión para formar gotitas.** Se consideran dos fases líquidas no miscibles en un tubo de ensayo. La fase más pesada está por debajo del segundo líquido y el sistema es termodinámicamente estable. Para dispersar un líquido en gotitas dentro de otro; la interfase entre los dos líquidos debe agitarse y expandirse en grado suficiente para que hebras de un líquido pasen al segundo y viceversa. Estas hebras son inestables y forman várices o globos. Estos se separan y se hacen esféricos. Según la velocidad de agitación utilizada, las gotitas más grandes también se deforman para dar pequeñas hebras que, a su vez, producen gotas más pequeñas. El tiempo de agitación es importante. En condiciones normales el tamaño medio de las gotitas disminuye rápidamente en los primeros segundos de agitación. El tamaño límite se alcanza generalmente de uno a cinco minutos y resulta de gotas que se unen por coalescencia y sean equivalentes al de nuevas gotas formadas.

Los líquidos pueden agitarse o cortarse de varias maneras. Se emplea generalmente la agitación cuando los componentes tienen poca viscosidad. La agitación intermitente es con frecuencia más eficiente que la continua, posiblemente porque el breve intervalo entre las agitaciones permite a la hebra que atraviesa forzosamente la interfase pueda dividirse en gotas que quedan aisladas en la fase opuesta. La agitación continua y rápida tiende a dificultar esta división y formación de gotas. Se obtienen buenos resultados cuando se utilizan mezcladores de alta velocidad, molinillos coloidales, homogenizadores, etc.

El fenómeno de emulsificación espontánea se produce sin ninguna agitación externa. Hay un cambio de una agitación interna debida a procesos físicoquímicos que afectan a la interfase entre los dos líquidos.

6. **Coalescencia de gotas.** Es generalmente rápida cuando dos líquidos no miscibles se agitan juntos porque no hay una gran barrera energética que impida la fusión de gotas y la nueva formación de las fases originales. Cuando se agrega al sistema un agente emulsificante puede haber floculación (formación de grupos o masas de partículas), pero la coalescencia se reduce a un grado que depende de la eficacia del agente emulsificante para formar una película interfacial coherente estable. La coalescencia de las gotas es imposible debido a la presencia de una capa delgada de la fase continua entre las partículas agrupadas.

7. **Tipo de emulsión.** Para que una molécula, un ion, un coloide o una partícula sean activos como agentes emulsificantes deben tener alguna afinidad por la interfase entre la fase dispersa y el medio de dispersión. Con las películas monocapa y multicapa el emulsificante está en solución y por ende debe ser soluble en cierto grado en una u otra fase. Al mismo tiempo no debe ser demasiado soluble en ninguna de ellas, porque si lo es queda en la parte principal de esa fase y no se adsorbe a la interfase.

8. **Propiedades de los emulsificantes.** Los emulsificantes se emplean en la formulación de emulsiones para facilitar la emulsificación y dar estabilidad a la emulsión. Estos efectos se producen por la reproducción de la tensión interfacial entre las dos fases y por acción coloidal protectora, respectivamente. De ordinario, los emulsificantes son sustancias muy complejas y parecen que cuanto más complejas, con mayor eficiencia funcionan. Esto se tiene en cuenta en la práctica de formulación y con frecuencia se usan combinaciones de dos o más emulsificantes. Los emulsificantes se pueden dividir en iónicos y no iónicos. El emulsificante iónico consta de un grupo lipófilo orgánico y un grupo hidrófilo. Los emulsificantes iónicos se subdividen en aniónicos y catiónicos, según sea la naturaleza del grupo activo. Ordinariamente se considera que la porción lipófila de la molécula es la porción de actividad superficial. Como es de suponer, no son mutuamente compatibles los agentes aniónicos y catiónicos de actividad superficial, pues en virtud de las cargas iónicas tienden a neutralizarse entre sí y se nulifica su actividad superficial. Los emulsificantes no iónicos son totalmente covalentes y no tienen ninguna tendencia a la ionización. Por consiguiente, puede asociarse con otros agentes no iónicos de actividad superficial y con agentes aniónicos o catiónicos. Los emulsificantes no iónicos son más inmunes contra la acción de electrolitos que los agentes aniónicos de actividad superficial.

De las diversas propiedades de los emulsificantes, una de las más importantes es el equilibrio hidrófilo-lipófilo. Este es una expresión de atracción simultánea relativa de un emulsificante con respecto al agua y al aceite. El equilibrio hidrófilo-lipófilo de un emulsificante determina el tipo de emulsión que tiende a ser formada. La solubilidad de un emulsificante es de suma importancia en la preparación de concentrados emulsionables. Es preciso que el emulsificante permanezca disuelto en cualesquiera condiciones de almacenamiento. Con frecuencia es posible aumentar la solubilidad de un emulsificante con algún coemulsificante. También son usuales diversos disolventes como conjugadores o codisolventes.

La tensión interfaseal es la fuerza que se requiere para romper la superficie entre los líquidos no miscibles; es de interés en la emulsificación en virtud de que cuanto menor es la tensión interfacial entre las dos fases de una emulsión, tanto más fácil es la emulsificación. El coeficiente de extensión (C.E.) se calcula con la tensión superficial (T.S.) y la tensión interfacial (T.I.) (para un aceite determinado) según la siguiente fórmula:

$$CE = TS_{aceite} - \left( TS_{solución} - TS_{aceite/solución} \right)$$

Cuanto mayor es el coeficiente de extensión (más positivo), tanto mayor es la potencia humectante y difusiva. Puesto que la emulsificación no es una ciencia exacta, son necesarias ciertas generalizaciones fundadas en la experiencia de tanteos. Las emulsiones no siempre alcanzan el estado de equilibrio en corto tiempo, y como consecuencia frecuentemente experimentan alteraciones con el tiempo. En tales circunstancias es de reconocer que las generalizaciones no son leyes rigurosas, sino que se han de considerar con relación a la clase de producto que se trate.

a. **Formación de película.** El principal requisito que debe cumplir un agente emulsificante potencial es la rápida formación de una película alrededor de cada gotita de material disperso. El propósito de ésta es formar una barrera que impide la coalescencia de gotas en contacto mutuo. Para que la película sea una barrera eficiente debe poseer cierto grado de elasticidad superficial y no adelgazarse, ni romperse cuando está presionada entre dos gotas. Si se rompe debe ser capaz de volver a formarse rápidamente.

b. **Concentración de emulsificante.** El principal objetivo de un agente emulsificante es formar una película condensada alrededor de la gota de la fase dispersa. Una concentración inadecuada no impide la coalescencia. Aumentando la concentración de emulsificante más allá del nivel óptimo tampoco aumenta apreciablemente la estabilidad. Aparte de un posible aumento de viscosidad, de poco sirve que haya un gran exceso y esto puede incluso producir efectos indeseable como la formación de espuma. En la práctica lo importante es usar la cantidad mínima capaz de producir una emulsión satisfactoria.

c. **Potencial eléctrico.** En lo que se refiere a las emulsiones, la presencia de una carga bien desarrollada sobre la superficie de la gota es importante porque promueve la estabilidad causando repulsión entre las gotas cercanas. Este potencial puede aumentar cuando se emplea un agente emulsificante ionizado.

**9. Tensión superficial.** Se denominan fenómenos superficiales a los fenómenos físicos en los que intervienen fundamentalmente las moléculas que se encuentran en la superficie de separación entre dos medios no miscibles. En particular, estos medios diferentes serán en esta práctica un líquido y la atmósfera. La energía de las moléculas del interior del líquido es diferente de la energía de las moléculas de la superficie, pues estas últimas sólo están ligadas a otras moléculas del propio líquido por un lado de la superficie divisoria. De este modo, las partículas que están en la capa superficial de un líquido poseen exceso de energía con relación a las que están en el interior: dentro del líquido cada partícula está rodeada por vecinas próximas que ejercen sobre ella fuerzas intermoleculares de cohesión; por simetría estas fuerzas se ejercen en todos sentidos y direcciones por lo que la resultante es nula. La tensión superficial es el trabajo necesario para variar en una unidad la superficie de la interfase.

La expresión de la tensión superficial es:

$$\frac{W}{\Delta A} = \gamma$$

donde:

$W$  es trabajo

$\Delta A$  es la diferencia entre cambio de área de superficie

## 10. Tipos de agentes emulsificantes y tensoactivos

a. Aniónicos. Los agentes tensoactivos aniónicos se caracterizan por poseer un grupo polar capaz de ionizarse en solución acuosa, adquiriendo una carga negativa. En este grupo están los jabones, sulfonatos y sulfatos como componentes principales.

b. Catiónicos. Los agentes tensoactivos catiónicos se caracterizan por poseer un grupo polar hidrofílico capaz de ionizarse en solución acuosa adquiriendo una carga eléctrica positiva. Existen dos grandes grupos: el primero comprende aquellos en que el grupo polar es una mina primaria, secundaria o terciaria, en cuyo caso son solubles solamente en soluciones ácidas.

c. Anfóteros. Los agentes tensoactivos anfóteros se caracterizan por poseer en el grupo polar hidrofílico un grupo de carácter catiónico. El mejor ejemplo de este tipo de grupo polar hidrófilo es el de los aminoácidos que posean una larga cadena hidrocarbonada que constituye, en este caso, el grupo hidrofílico de estos compuestos.

d. No iónicos. Son tal vez los más usados en formulaciones farmacéuticas debido a sus características de compatibilidad, estabilidad y en general bajo potencial de toxicidad. Entre estos destacan los alcoholes de cadena larga, ésteres de glicerol, ésteres de ácidos grasos con otros alcoholes, alcanolamidas alifáticas (Helman, 1984:357).

- Alcoholes de cadena larga: El grupo polar en este tipo de compuestos es el hidroxilo del grupo alcohólico primario la cadena hidrocarbonada constituye la porción hidrofóbica. Son todos ellos insolubles en el agua, pero solubles en aceites. Los más utilizados: Láurico, cetílico y esteárico.
- Ésteres de glicerol: Estos agentes tensoactivos no iónicos son también insolubles en el agua y comprenden los mono, di y triésteres del glicerol con ácidos grasos de cadena larga.
- Ésteres de ácidos grasos con otros alcoholes: Son insolubles en agua, o bien, muy poco solubles. Entre los alcoholes utilizados en la esterificación se pueden mencionar el propilenglicol, sorbitán, etc.
- Alcanolamidas alifáticas: La porción hidrofóbica está constituida por la cadena hidrocarbonada del ácido graso. La porción polar hidrofílica es la que corresponde a la amida.

11. Selección de agentes emulsificantes. La selección del o los agentes emulsificantes es fundamental para la buena formulación de una emulsión. Además de sus propiedades emulsificantes, el farmacéutico debe asegurarse de que el material elegido no sea tóxico y de que su sabor, olor y estabilidad química sean compatibles con el producto. Un agente emulsificante que es totalmente apropiado para su

inclusión es una crema cutánea puede ser inaceptable en la formulación de una preparación oral, debido a su toxicidad potencial (Lachman; Lieberman & Kanig, 1986:735).

12. Clasificación de los emulsificantes. Los agentes emulsificantes pueden clasificarse de acuerdo al tipo de película que forman en la interfase entre las dos fases:

a. Películas monomoleculares. Los agentes tensoactivos capaces de estabilizar una emulsión lo hacen formando una monocapa de moléculas o iones adsorbido a la interfase aceite/agua. Según la ley de Gibbs la presencia de un exceso interfacial requiere una reducción de tensión interfacial que a su vez asegura una emulsión más estable debido a la reducción proporcional de energía libre superficial. Esta reducción no es probablemente el factor principal que promueve la estabilidad. Lo más importante es que las gotas estén rodeadas por una monocapa coherente que impide la coalescencia entre gotas cercanas. Si el emulsificante que forma la monocapa está ionizado, la presencia de gotas fuertemente cargadas que se repelen mutuamente aumenta la estabilidad del sistema.

b. Películas multimoleculares. Los coloides liófilos hidratados forman películas multimoleculares alrededor de las gotas de aceite disperso. El uso de estos agentes ha declinado en los últimos años debido al gran número de agentes tensoactivos sintéticos en venta, que poseen propiedades emulsificantes definidas. Estos pueden considerarse tensoactivos no reducen apreciablemente la tensión superficial, sino que su eficacia depende de su capacidad para formar películas multimoleculares fuertes y coherentes que requieren las gotas y las hacen muy resistentes a la coalescencia, incluso en ausencia de un potencial superficial bien desarrollado.

c. Películas de partícula sólidas. Las partículas sólidas pequeñas humectadas hasta cierto punto por fases líquidas acuosas y no acuosas obran como agentes emulsificantes. Si las partículas son demasiado hidrófilas permanecen en la fase acuosa. Si son demasiado hidrófobas se dispersan completamente en la fase oleosa. Un segundo requisito es que las partículas sean pequeñas con relación a las gotas de la fase dispersa (Lachman; Lieberman & Kanig, 1986:740).

También pueden clasificarse por emulsificantes naturales y químicos:

a. Emulsificantes químicos. Los emulsificantes también pueden clasificarse en términos de su estructura química, hay cierta correlación entre esta clasificación y la que se basa en su mecanismo de acción. La mayoría de los emulsificantes que forman películas monomoleculares son materiales orgánicos sintéticos. La mayoría de los emulsificantes que forman películas multimoleculares se obtienen de fuentes naturales y son orgánicos. Un tercer grupo se compone de partículas sólidas, invariablemente inorgánicas,

que forman películas compuestas por partículas sólidas finamente divididas. Según esto la clasificación adoptada divide a los agentes emulsificantes en sólidos sintéticos naturales y finamente dispersados. Un cuarto grupo, los materiales auxiliares son emulsificantes débiles. (Lachman; Lieberman & Kanig, 1986:743)

b. Agentes emulsificantes naturales. Los más utilizados son los derivados de diferentes animales y vegetales como: gelatina, lecitina, acacia y colesterol. La acacia es una goma, un hidrato de carbono soluble en agua que forma emulsiones aceite/agua. Las emulsiones preparadas con acacia son estables en amplios límites de pH. Porque es un hidrato de carbono las emulsiones de acacia deben preservarse contra los ataques microbianos mediante el uso de un conservador apropiado (Lachman; Lieberman & Kanig, 1986:759).

La gelatina, una proteína, puede tener dos puntos isoeléctricos. La llamada tipo A, derivada de un precursor tratado con ácido, tiene un punto isoeléctrico entre pH siete y nueve. La tipo B obtenida de un precursor tratado con álcali, tiene un punto isoeléctrico de pH de cinco aproximadamente. La tipo A actúa mejor a un pH de tres donde tiene carga positiva, y la gelatina B se utiliza mejor a un pH de ocho donde tiene carga negativa.

Las cargas positivas y negativas son fundamentales para la estabilidad de la emulsión cuando hay otros agentes emulsificantes cargados. Para evitar incompatibilidad todo debe ser del mismo signo (Lachman; Lieberman & Kanig, 1986:759).

La lecitina es un fosfolípido que por su índole hidrófila produce emulsiones aceite/agua. Sensible al ataque microbiano y tiende a oscurecerse con el tiempo (Lachman; Lieberman & Kanig, 1986:759).

El colesterol es un componente importante de los alcoholes de madera, forma una emulsión agua/aceite. (Lachman; Lieberman & Kanig, 1986:759)

## C. Formulación de emulsiones

1. Preparación. En primer término el formulador debe determinar las características fisicoquímicas del componente activo. Debe conocer lo siguiente:

- Fórmula estructural.
- Punto de fusión.
- Solubilidad.
- Estabilidad.
- Dosis.
- Incompatibilidades químicas específicas.

En esta etapa debe decidir el tipo de emulsión que se requiere. Las emulsiones lavables son del tipo Ac/Ag y las no lavables del tipo Ag/Ac. En general, las emulsiones Ac/Ag contienen más del 70 % de agua. Las emulsiones Ag/Ac suelen contener concentraciones mayores de aceites y ceras. Con el consiguiente procedimiento se pueden preparar formulaciones experimentales:

- Agrúmense los componentes de acuerdo con su solubilidad en fase acuosa y no acuosa.
- Determine el tipo de emulsión necesaria y calcúlese un valor HLB aproximado.
- Mézclase un emulsificador de bajo HLB con otro de HLB alto de acuerdo con el valor calculado. Para fórmulas experimentales empléese una concentración más grande de emulsificador (e.g. 10 a 30 % de fase oleosa) que la necesaria para obtener un producto satisfactorio. En general los emulsificadores deben ser químicamente estables, atóxicos y débiles en cuanto a olor y sabor. El emulsificador se elige con estas características, con el tipo de aparato que se usa para mezclar los componentes y las características de estabilidad del producto final. Las emulsiones no deben coalescer a temperatura ambiental, al congelar y descongelarlas repetidas veces, ni a temperaturas altas de hasta 50 °C. El aporte de energía mecánica varía según el tipo de aparato que se usa para preparar la emulsión. A mayor aporte de energía, menores demandas se imponen al emulsificador. Las variables del proceso y de la formulación pueden afectar la estabilidad de la emulsión.
- Disuélvase los componentes liposolubles y emulsificadores en el aceite y si es necesario, caliéntese hasta unos 5 a 10 °C por encima del punto de fusión del componente que funde a mayor temperatura o hasta una temperatura máxima de 70 a 80 °C.
- Disuélvase los componentes hidrosolubles (salvo ácidos y sales) en suficiente cantidad de agua.
- Caliéntese la fase acuosa a una temperatura de tres a cinco veces mayor que la fase oleosa.
- Añádase la fase acuosa a la fase oleosa con agitación apropiada.
- Si se emplean ácidos o sales, disuélvase en agua y agréguese la solución a la emulsión fría.
- Examínese la emulsión e introdúzcanse ajustes en la fórmula si el producto es inestable. Puede ser que haya que agregar más emulsificante, cambiar por otro emulsificante que tenga un valor HLB algo más alto o más bajo o usar uno de características químicas distintas.

La preparación de una emulsión requiere trabajo para reducir la fase interna a pequeñas gotitas y dispersarla por toda la fase externa; esto puede hacerse con mano y mortero o un emulsificante de alta velocidad. La adición de agentes emulsificantes no sólo reduce este trabajo, sino que también estabiliza la emulsión final. Las emulsiones se pueden preparar con cuatro métodos principales:

a. Adición de fase interna a la fase externa. Este suele ser el método más satisfactorio para preparar emulsiones porque siempre hay un exceso de fase externa que promueve el tipo de emulsión que se desea. Si la fase externa es agua, y la interna es aceite, las sustancias hidrosolubles se disuelven en el agua y las liposolubles se mezclan en el aceite. La mezcla oleosa se agrega en porciones al preparado acuoso agitando mientras tanto. A veces, para mejorar la acción de corte durante la preparación no se

mezcla toda el agua con el agente emulsificante hasta que se forma la emulsión primaria con el aceite y después se agrega el agua restante.

b. Adición de fase externa a fase interna. Tomando como ejemplo una emulsión de aceite en agua, la adición de agua (fase externa) al aceite (fase interna) promueve la formación de una emulsión aceite en agua por la preponderancia de la fase oleosa. Luego de haber más agua tiene que producirse la inversión de la fase a una emulsión de aceite en agua. Este método es de particular utilidad y eficacia cuando se usan agentes hidrófilos como acacia, traganto y metilcelulosa, que primero se mezclan con el aceite y efectúan la dispersión sin mojar. Se agrega el agua y finalmente se forma una emulsión de aceite en agua. Este método de la goma seca es rápido para preparar pequeñas cantidades de emulsión. La relación de cuatro partes de aceite, dos de agua y una de goma provee la acción de corte máxima sobre los glóbulos de aceite en el mortero. Luego la emulsión se puede diluir y triturar con agua a las concentraciones apropiadas.

c. Mezclado de ambas fases después de calentar cada una. Este método se usa cuando se emplean ceras u otras sustancias que deben fundirse. Se funden los agentes emulsificantes liposolubles, aceites y ceras y se los mezcla bien. Los componentes hidrosolubles disueltos en el agua se calientan a una temperatura apenas mayor que a la de la fase oleosa. Las dos fases se mezclan y remueven hasta que se enfrían. Por razones de conveniencia, pero no necesariamente, la solución acuosa se agrega a la fase oleosa. Este método se usa a menudo para preparar ungüentos y cremas.

d. Adición alternada de las dos fases al agente emulsificante. Primero se agrega una porción del aceite, si se prepara una emulsión de aceite en agua, a todo el agente emulsificante liposoluble mientras se remueve y luego se añade una cantidad igual del agua que contiene a todos los agentes emulsificantes hidrosolubles mientras se remueve hasta que se forma la emulsión. Luego se agregan porciones adicionales del aceite y el agua hasta que se forma el producto final. La gran concentración del agente emulsificante en la emulsión original hace que la emulsificación inicial sea más probable y la gran viscosidad provee una acción de corte eficaz que conduce a la formación de gotitas pequeñas en la emulsión. Muchas veces este método se emplea con eficacia en jabones.

## D. Equipo

Para preparar emulsiones hay que consumir energía para formar una interfase entre las fases oleosa y acuosa. Los aparatos emulsificadores comprenden por lo tanto, una amplia variedad de agitadores, homogenizadores, molinos coloidales y dispositivos ultrasónicos. Por lo general, para prepara emulsiones en gran escala se debe consumir una considerable cantidad de energía para calentar y mezclar.

La cuidadosa consideración de estos procesos ha conducido al desarrollo de la emulsificación de baja energía empleando una temperatura de emulsificación baja y haciendo el calentamiento selectivo de los componentes. Este proceso entraña la preparación de una emulsión concentrada que después se diluye con la fase externa a temperatura ambiental.

1. **Agitadores.** Puede hacerse agitación ordinaria para preparar la emulsión. Este método se emplea a menudo en la farmacia, en particular para emulsionar aceites de baja viscosidad que se dispersan fácilmente. En ciertas condiciones la agitación intermitente es mucho más eficaz que la agitación común continua. La agitación continua tiende a romper, no sólo la fase que se está dispersando, sino también la dispersión del medio, y de este modo dificulta la emulsificación. Para la producción de emulsiones en pequeña escala se pueden emplear agitadores de laboratorio. El mortero y su mano se usan mucho en las farmacias para la preparación extemporánea de emulsiones. Este elemento tiene sus limitaciones muy definidas, porque su utilidad depende en gran medida de la viscosidad del agente emulsificante. La mano y el mortero no se pueden usar para preparar una emulsión si el agente emulsificante no es viscoso. Estos agentes sólo producen emulsiones estables si se usan otros tipos de aparatos para mezclar los componentes y el agente.

Pueden usarse pequeñas mezcladoras eléctricas para preparar emulsiones en el laboratorio de prescripciones. Estas mezcladoras ahorran tiempo y energía y producen emulsiones satisfactorias cuando el agente emulsificante es acacia o agar, pero no se las puede usar si es gelatina. El mezclador comercial generalmente produce una buena dispersión mediante la acción de corte de hojas que giran a gran velocidad. Esta mezcladora transfiere gran cantidad de energía e incorpora aire en la emulsión. Si se produce primero una emulsión con una mezcladora de este tipo, el formulador debe recordar que las características de la emulsión que obtiene en el laboratorio no habrán de concordar con lo que obtenga con agitadores para producción en gran escala.

Los agitadores en gran escala comprenden hélices de gran potencia sumergidas en un tanque o en unidades individuales con sistemas de hélice y paleta. Estas unidades suelen estar construidas de manera que el contenido del tanque pueda calentarse o enfriarse durante el proceso de producción. Muchas veces el tanque tiene unos dispositivos que acrecientan la eficiencia de la agitación.

2. **Molinos coloidales.** El molino coloidal hace pasar las fases mezcladas de la fórmula de una emulsión entre un estator y un rotor de alta velocidad a unas 2000 a 18000 rpm. La separación entre el rotor y el estator es ajustable, pero suele ser de 0.025 mm o más. La mezcla de emulsión, al pasar entre el motor y el estator, es sometida a una enorme acción de corte que produce una dispersión fina. Las fuerzas de corte aplicadas en el molino coloidal pueden generar un aumento de la temperatura dentro de la emulsión, de modo que puede ser que haya que refrigerar el aparato mientras se produce la emulsión.

3. **Homogenizadores.** En el homogenizador las fases mixtas pasan entre una válvula y su asiento finamente fresadas a gran presión. Esto produce atomización que es potenciada por el impacto que la mezcla atomizada recibe al chocar con la cabeza de la válvula. Este tipo de aparato funciona a presiones de 66.6 a 333.3 atmósferas y produce las dispersiones más finas que se pueden obtener de una emulsión. Los homogenizadores pueden usarse de dos maneras: los componentes de la emulsión se mezclan y se hacen pasar por el homogenizador para obtener el producto final o bien se preparara una emulsión de alguna otra manera y después se la hace pasar por el homogenizador para reducir el tamaño de las partículas y obtener mayor uniformidad y estabilidad.

Los homogenizadores de dos etapas están contruidos de modo que, después del tratamiento en el primer sistema válvula, la emulsión pasa directamente a otro donde recibe un segundo tratamiento. Una sola homogenización puede producir una emulsión que, aunque tiene partículas pequeñas, tiende a apelmazarse o formar aglomeraciones. Las emulsiones de este tipo exhiben mayor tendencia a formar crema. Esto se corrige haciendo pasar la emulsión por la primera etapa de la homogenización a gran presión (200 a 333.3 atmósferas) y después por la segunda etapa a una presión muy reducida (por ejemplo: 66.6 atmósferas). De este modo se rompe toda aglomeración que se haya formado en el primer paso.

### III. JUSTIFICACIÓN

El proceso actual de producción de crema hidratante en un laboratorio farmacéutico de Guatemala en el área de cosméticos, se realiza mediante una emulsión base aceite en agua y se utiliza un emulsificante que es importado. La producción se realiza en pequeños lotes, el problema del proceso es la cantidad de emulsificante mínima requerida para ser traído a Guatemala, muchas veces es desechado por su fecha de vencimiento, por lo que se tiene una pérdida considerable de costo en la producción. Con el fin de hacer una reducción de costos de producción dentro de la empresa se realizará un diseño nuevo para la fabricación de una emulsión agua en aceite utilizando un emulsificante que se puede adquirir en menor cantidad. Con ello se podrá tener en bodega de materia prima cantidades acordes a los lotes de producción de la crema, lo que permitirá menor inversión en inventario y por ende un ahorro en el costo del producto terminado.

## IV. OBJETIVOS

### A. General

1. Diseñar una línea de producción de crema hidratante dentro de una empresa guatemalteca en el área de cosméticos, mediante la formación de una emulsión base agua en aceite utilizando como emulsificante Lauril polietilen glicol polipropilen glicol-18/18 meticona, para proponer una nueva alternativa de producción a temperatura ambiente de cremas cosméticas a un menor costo.

### B. Específicos

1. Determinar la formulación para lograr la emulsión deseada, elaborando análisis de estabilidad a las pruebas.

2. Diseñar el proceso necesario para la elaboración de la emulsión, tomando en cuenta los parámetros y condiciones de operación.

3. Balancear la masa y la energía en el proceso de fabricación de la crema hidratante.

4. Elaborar el diagrama de flujo para la línea de producción.

5. Dimensionar el equipo necesario para la línea de producción.

6. Estimar los costos de inversión para la nueva línea de producción y el costo de operación para la fabricación del producto terminado de crema hidratante, así como la rentabilidad y tiempo de recuperación de la inversión.

7. Analizar los costos de producción entre el actual proceso de fabricación de una emulsión aceite en agua y el nuevo proceso de fabricación de una emulsión agua en aceite para obtención de una crema hidratante.

## V. PROBLEMA A RESOLVER

Actualmente en un laboratorio farmacéutico en Guatemala se fabrica una crema hidratante base aceite en agua utilizando un emulsificante, que hace la producción costosa, poco repetitiva e inestable.

## VI. METODOLOGÍA

A. Formulación y determinación de condiciones para la fabricación. Determinar la formulación y agitación adecuada para la obtención de una crema con las mismas características físicas de la crema que se produce actualmente dentro de la empresa. Se realizan pruebas con los distintos componentes que lleva la crema actual únicamente sustituyendo el emulsificante, hasta lograr la formación de la emulsión con una viscosidad elevada similar a la crema actualmente fabricada, estas pruebas realizadas a escala por lo que se necesita de un diseño a escala para las pruebas de laboratorio.

B. Realizar un análisis de estabilidad de la emulsión. Se llevan a cabo primero el análisis de viscosidad de la emulsión, luego se centrifuga para saber si se separa y, por último, se hacen tres muestras para exponerlas a dos temperaturas una baja y una alta para saber si la emulsión no se descompone fácilmente.

C. Diseño del equipo. Conforme al tamaño de lote establecido de producción dentro de la empresa, se dimensiona el equipo necesario para la fabricación, por lo que se diseñará un equipo adecuado a la capacidad de producción utilizando la tecnología con el fin de hacer más efectivos cada operación dentro de la producción.

D. Análisis económico. Se realizará un análisis económico de la línea de producción a partir de la materia prima y el costo de operación, incluyendo también inversión inicial necesaria, por lo que se harán cotizaciones para cada uno de los componentes y, además, un análisis económico comparativo con el proceso de fabricación actualmente utilizado con el fin de poder respaldar la decisión a tomar dentro de la empresa.

E. Diseño de la línea de producción. Diagrama de maquinaria y equipo necesario para la fabricación de la crema, donde se especifica el equipo necesario y la distribución del mismo dentro del área de producción.

## VII. RESULTADOS

### A. Formulación

Cuadro No. 1: Formulación general para la fabricación de crema hidratante

COMPONENTES	PORCENTAJE % (MASA)
EMULSIFICANTE: Lauril polietilen glicol polipropilen glicol-18/18 meticona	2.0
ESPELANTE: Alcohol cetílico y manteca de cacao	5.0
ACTIVO (EMOLIENTE Y HUMECTANTE): Lanolina Anhidra	4.0
MEZCLA DE ESTERES (EMOLIENTES Y LUBRICANTES): Isopropil miristato con dimeticona	9.0
SILICONAS	3.0
VITAMINA E	5.0
CLORURO DE SODIO	1.0
HUMECTANTES (GLICOLES)	5.0
NEOCIDE PLUS (PRESERVANTE) diazolidinilurea + Iodopropilbutilcarbamato	0.6
AGUA (SUAVIZADA FILTRADA)	65.4

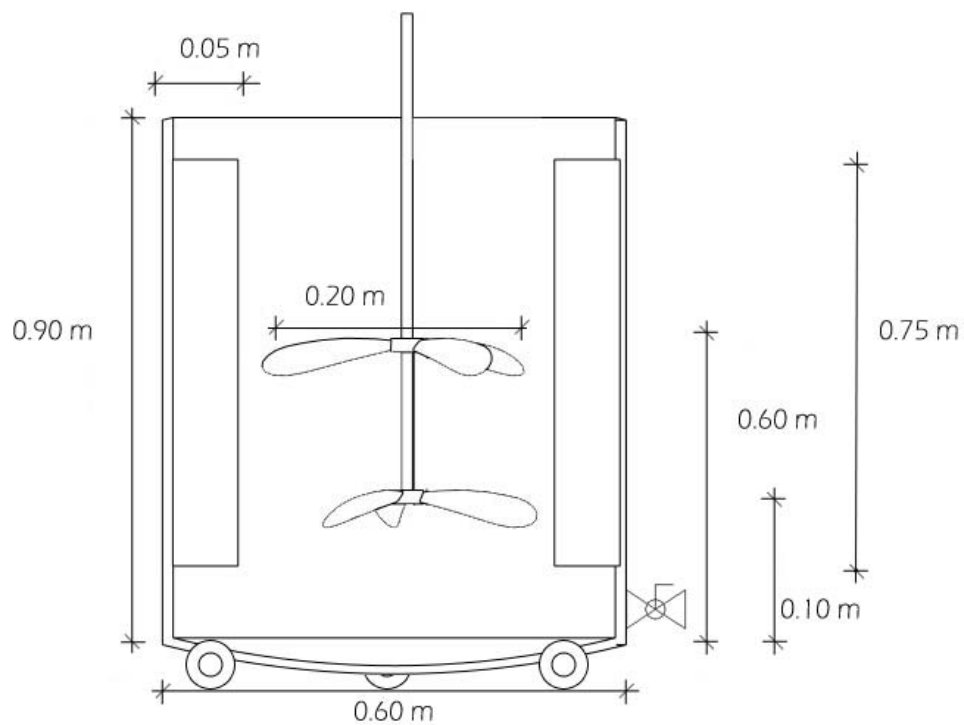
### B. Maquinaria y equipo

Cuadro No. 2: Maquinaria y equipo de la línea de producción

CANTIDAD	MAQUINARIA Y EQUIPO
2	TANQUES DE 250 L
1	SOPORTE METÁLICO PARA EL MEZCLADOR
1	MEZCLADOR
1	RODETE TIPO HÉLICE
1	MESA DE TRABAJO
1	LLENADORA

## 1. Tanques

Ilustración No. 1: Tanques de fabricación



sin escala

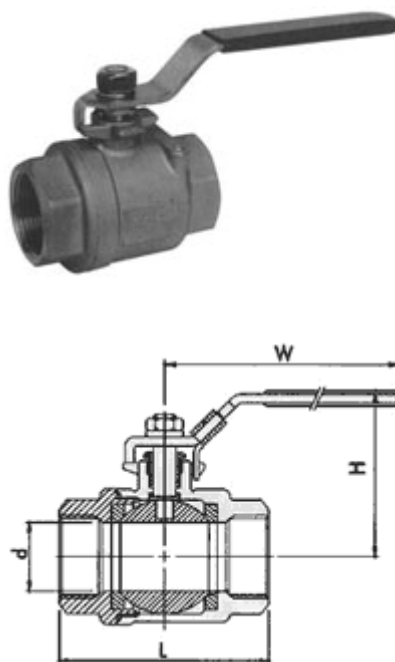
Cuadro No. 3: Dimensiones de los tanques

TANQUE	DIÁMETRO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
Fase acuosa	0.60	0.90	0.250
Fase oleosa	0.60	0.90	0.250
Material	Acero inoxidable 304		

Cuadro No. 4: Accesorios del tanque

ACCESORIOS	CANTIDAD	DIÁMETRO (m)	MATERIAL
Rodos	3	0.15	Caucho
Válvula de bola	1	0.065	Acero Inoxidable 304

Ilustración No. 2: Válvula de descarga



Cuadro No. 5: Especificaciones de la válvula de bola

Diámetro interno $d$ (m)	Longitud $L$ (m)	Longitud $W$ (m)	Altura $H$ (m)
0.065	0.156	0.215	0.130

## 2. Mezclador

Ilustración No. 3: Mezclador



Cuadro No. 6: Especificaciones del mezclador

MEZCLADOR INDUSTRIAL BATCH LIGHTNIN CÓDIGO EW-50323-22	
Reducto con rango de velocidad	90 a 1800 rpm
Torque máximo	0.101 kg-m
Motor	0.186 kW (1/4 hp)
Tipo de motor	Eléctrico
Dimensiones	0.29 m x 0.17 m
Longitud del eje	0.81 m
Diámetro del eje	0.02 m
Material	ACERO INOXIDABLE 316

### 3. Rodete

Ilustración No. 4: Rodete tipo hélice



Cuadro No. 7: Especificaciones del rodete

RODETE DE ALTA EFICIENCIA LIGTHNIN A-310	
Diámetro de rodete	0.20 m
Largo de paleta inclinada a 45°	0.019 m
Material	Acero inoxidable 316

### 4. Soporte para mezclador

Ilustración No. 5: Soporte para el mezclador



Cuadro No. 8: Especificaciones del soporte para el mezclador

SOPORTE LIGHTNIN CÓDIGO A-04600-10	
Altura mínima	0.76 m
Altura máxima	2.14 m
Material	Acero al carbón

## 5. Llenadora

Ilustración No. 6: Llenadora



Cuadro No. 9: Especificaciones de la llenadora

LLENADORA DE PISTÓN MODELO ADG MARCA A PACKAGING SYSTEMS (APS)	
Material	Acero Inoxidable 316
Capacidad de llenado	0.00001 m <sup>3</sup> hasta 0.0011 m <sup>3</sup> (10 hasta 1100 mL).
Operación	Neumática
Caudal y presión de aire	0.002 m <sup>3</sup> /s a 560 kPa
Características	Incluye pedal Llenado de volúmenes ajustables Velocidad de llenado ajustable
Espacio requerido	0.80 m x 1.00 m

## 6. Mesa de trabajo

Ilustración No. 7: Mesa de trabajo



Cuadro No. 10: Especificaciones de la mesa de trabajo

MESA DE TRABAJO MARCA WHITEHAUS	
Alto	1.53 m
Ancho	0.76 m
Largo	0.90 m
Material	Acero inoxidable 304

## 7. Banda transportadora

Ilustración No. 8: Banda transportadora

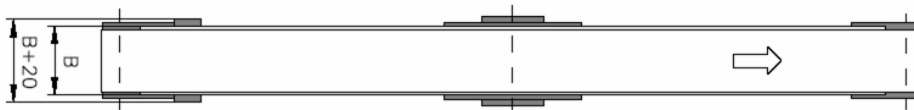
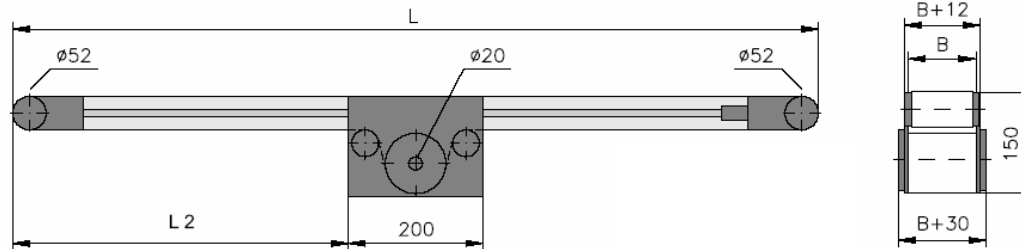


Ilustración No. 9: Banda transportadora vista lateral

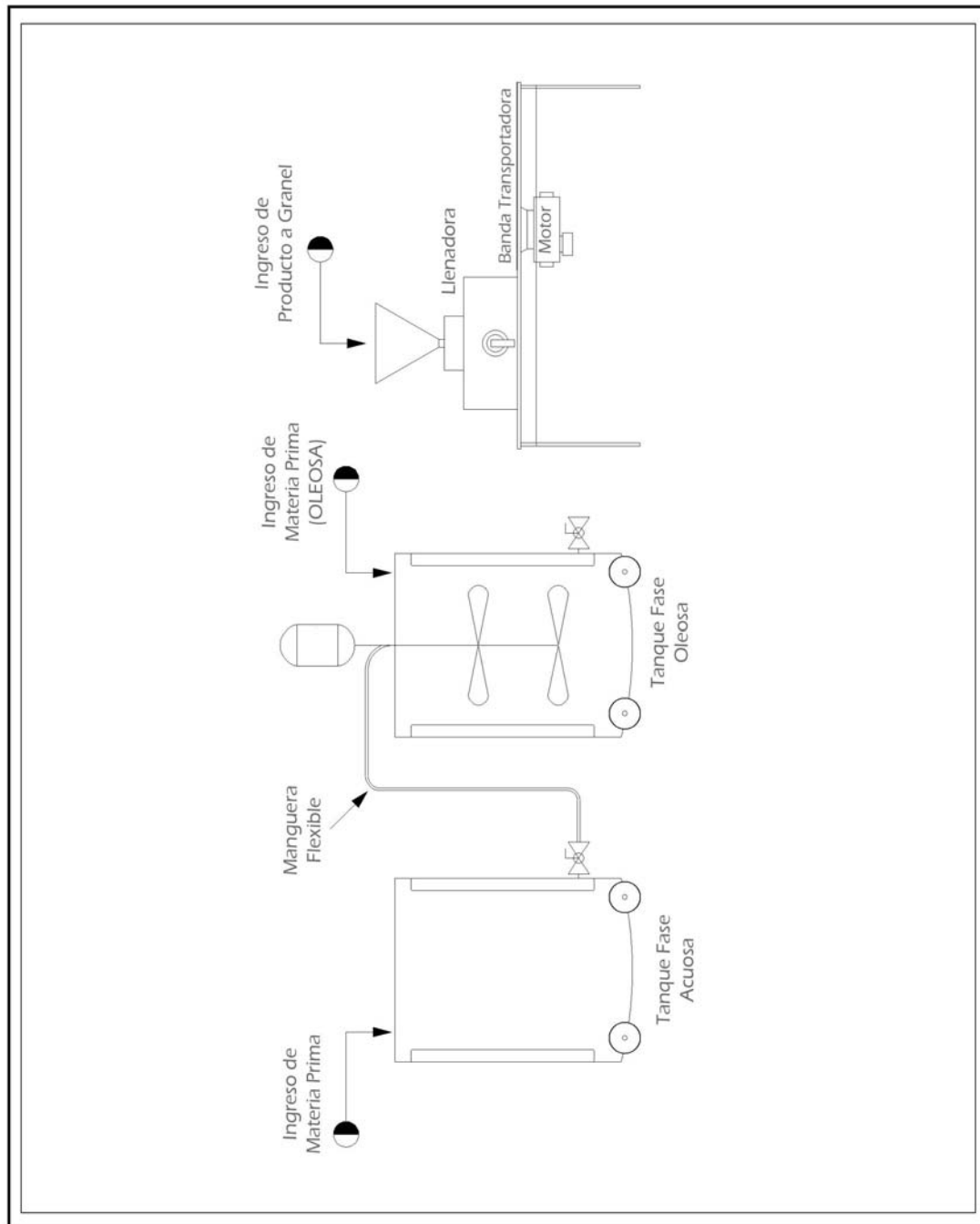


Cuadro No. 11: Especificaciones de la banda transportadora

LONGITUD DE BANDA (L)	1.5 m
ANCHO DE LA BANDA (B)	0.30 m
ANCHO DE FAJA	0.28 m
CAPACIDAD	75 kg
MOTOR	0.186 kW (1/4 hp)

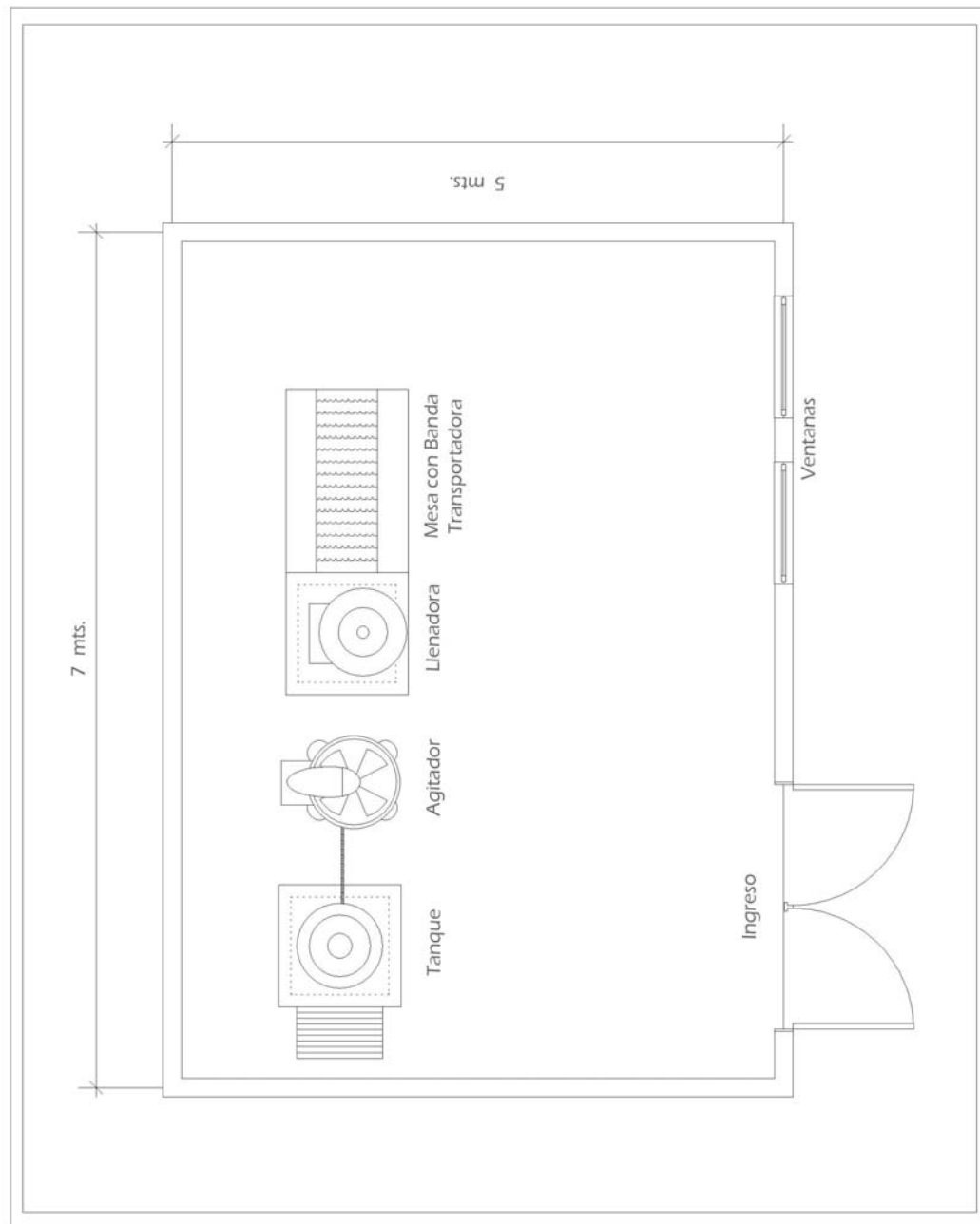
## C. Diagrama de Flujo

Ilustración No. 10: Línea de producción



## D. Diseño de planta

Ilustración No. 11: Distribución de maquinaria y equipo



## E. Especificaciones del producto

Cuadro No. 12: Especificaciones de materiales de empaque

PRESENTACIÓN	0.06 kg (2 onz)
TARRO	PS-Cristal alto impacto pigmentado blanco
TAPA	Poliestireno de color
LAINER	Poliestireno pigmentado blanco

Cuadro No. 13: Especificaciones del producto

VISCOSIDAD DINÁMICA (cP)	10,000 a 30,000
COLOR	Blanco

## F. Análisis económico

Cuadro No. 14: Comparación de costos de producción anuales

MATERIALES	AHORRO (Q)
Materia prima	6,269.28
Mano de obra	3,270.47
Energía eléctrica	839.03
TOTAL	10,378.78

Cuadro No. 15: Análisis económico de la nueva línea de producción

INVERSIÓN INICIAL	Q 193,230.00
TIR	42.61 %
VAN	Q 437,498.24
TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	dos años cinco meses

Cuadro No. 16: Comparación de punto de equilibrio

PUNTO DE EQUILIBRIO LÍNEA ACTUAL	5,302 unidades
PUNTO DE EQUILIBRIO NUEVA LÍNEA	4,896 unidades

Ilustración No. 12: Punto de equilibrio de la línea actual de producción

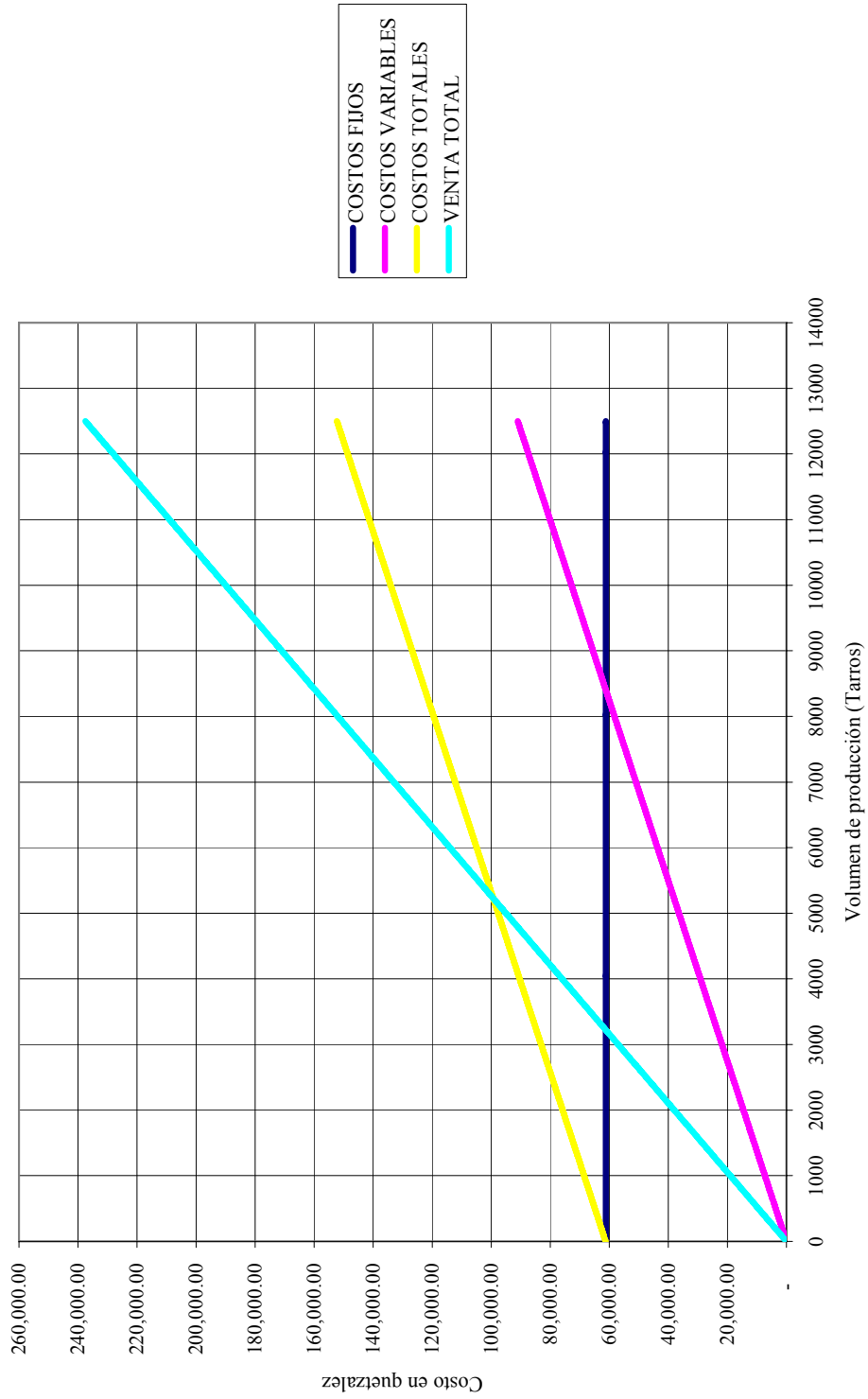
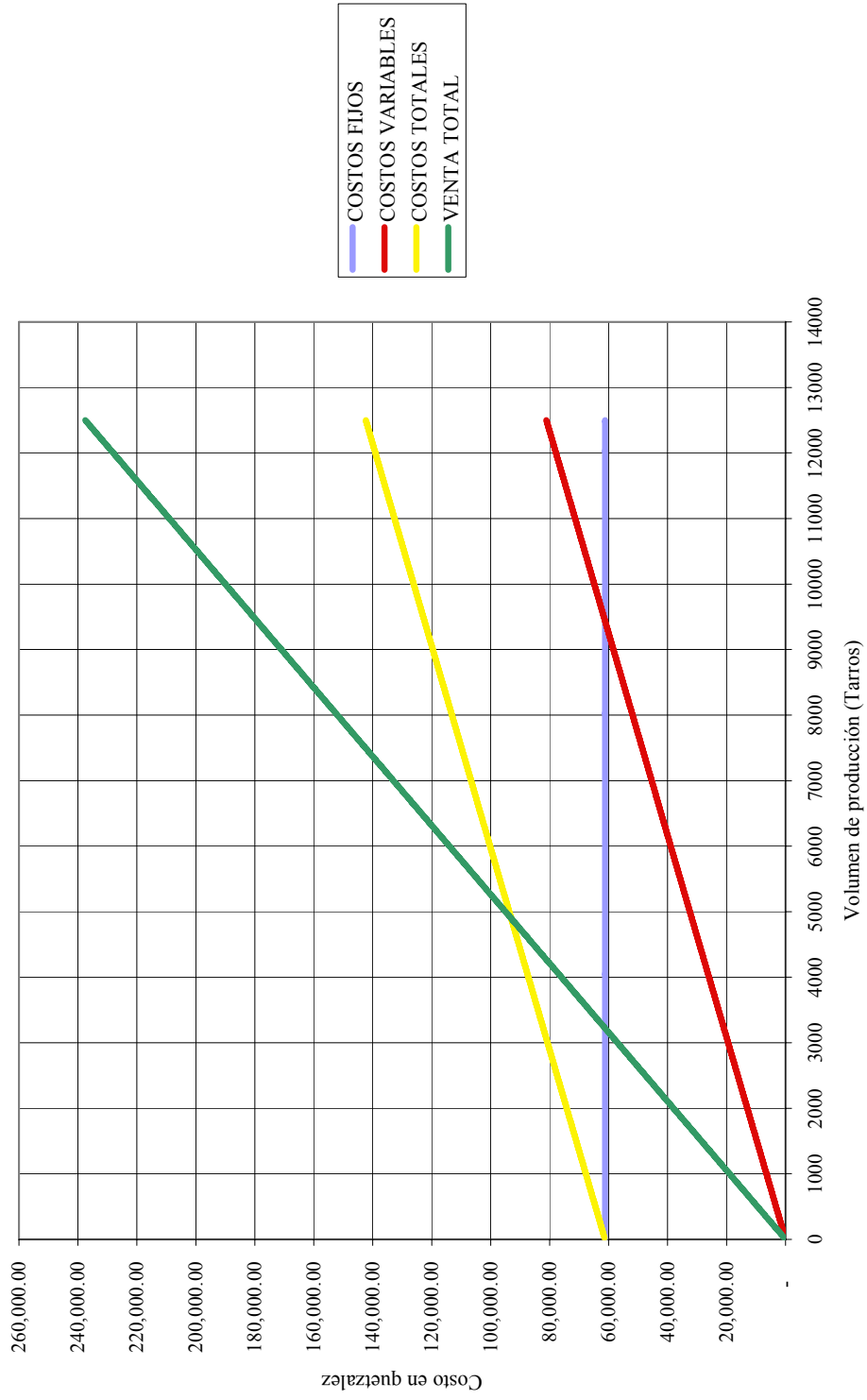


Ilustración No 13: Punto de equilibrio para la nueva línea de producción



## VIII. DISCUSIÓN

En este trabajo se realizó el diseño de una línea de producción de crema hidratante utilizando un emulsificante con distintas propiedades del utilizado actualmente, se realizó el estudio económico para la fabricación, también lo hace más estable y repetitivo obteniendo una emulsión base agua en aceite en un proceso de fabricación a temperatura ambiente con una formulación que puede hacer una reducción en los costos.

Por medio del diseño se definió, por las características del emulsificante, que se pueden trabajar lotes más grandes (180 kg/d) para poder tener un inventario de tres meses, además se tiene el ahorro en el inventario por el emulsificante que se puede pedir en menor cantidad y además a un mejor precio sin afectar la calidad del producto.

### A. Comparación de los procesos

Los procesos de fabricación de crema hidratante son muy distintos, actualmente se realiza una emulsión base aceite en agua mientras que con la nueva línea se fabrica una emulsión base agua en aceite, esta diferencia es básicamente determinada por el emulsificante utilizado en cada uno de los procesos.

Para el proceso actual se utiliza un emulsificante el cual requiere de un calentamiento para poder formar la emulsión, por lo que es necesaria una marmita. Desde que se inició la fabricación de este producto se utilizó esta formulación por lo que la capacidad instalada del área es únicamente para fabricar lotes de 60 kg, el equipo que se utiliza es el siguiente: dos marmitas que utilizan vapor de la caldera y un mezclador planetario. Para la nueva línea de producción se puede fabricar la crema a temperatura ambiente por las características del emulsificante, el equipo necesario para la fabricación son dos tanques de acero inoxidable 304 y un mezclador con dos rodets tipo hélice de alta eficiencia, por ser una nueva línea de producción se realizó el diseño del equipo para una capacidad de fabricación de tres lotes de 60 kg con el fin de reducir los costos de producción.

Otra diferencia entre los procesos es la estabilidad. El proceso actual es poco repetitivo e inestable, esto se debe a la materia prima utilizada, especialmente al emulsificante ya que al tener una pequeña variación en el proceso de fabricación la emulsión no se forma, por lo que hace necesario el paso de la misma por un homogenizador para poder obtener el producto deseado incrementando el costo de fabricación, además se debe de tener una persona especializada en la fabricación de esta crema para poder así poder repetir la producción para cada lote sin correr el riesgo que este tenga un valor agregado por el paso en el homogenizador aunque esto conlleva a tener un operador para la fabricación de la crema más caro. Además, la marmita se utiliza durante todo el proceso con un flujo de vapor moderado por la capacidad de la misma por lo que hace al proceso lento y costoso.

La nueva línea de producción es mucho más sencilla de fabricar ya que la emulsión se realiza a temperatura ambiente, lo que sí es necesario es una buena agitación al momento de agregar la fase acuosa a la oleosa, para este proceso se diseñó un tanque para obtener una agitación eficiente. Se necesita agitar todo el tiempo que es agregada la fase acuosa hacia la oleosa para la formación de la emulsión, se debe mezclar poco a poco para que se forme la emulsión, este es el paso que determina la estabilidad de la emulsión ya que la agitación provoca que la fase acuosa se separe en pequeñas gotas y sea cubierta por el dispersante o fase oleosa, este proceso no se ve afectado por pequeñas variaciones en la fabricación como en el proceso actual. El tiempo de fabricación se ve favorecido por la agitación, si se realiza correctamente el proceso solo depende del tiempo al agregar la fase dispersa, al terminar este paso correctamente se obtiene una emulsión estable con un tamaño de partícula homogéneo. El último paso en la fabricación de la crema como producto terminado es el empaque en tarros de 0.06 kg, el equipo que se utiliza es la misma llenadora para ambos procesos ya que el producto tiene las mismas propiedades.

La nueva línea de fabricación da como producto una crema hidratante más fácil de aplicar, por la utilización del emulsificante Lauril polietilén glicol polipropilén glicol-18/18 meticona ya que por su composición hace que la emulsión sea más suave al tacto del consumidor, con esto se pueden obtener beneficios en la ventas por la aceptación de nuevos consumidores aumentando las utilidades de este producto dentro de la empresa.

## B. Formulación

La emulsión agua en aceite formulada tiene las siguientes características, crea una barrera protectora, una sensación de mayor protección, es antitranspirante. Para la fabricación de la crema hidratante se necesita la formación de dos fases, la dispersa que la constituye la fase acuosa y la continua que es la fase oleosa. Para la formulación de la crema hidratante se utilizó el emulsificante Lauril polietilén glicol polipropilén glicol-18/18 meticona el cual está hecho a base de silicón; por lo que se puede obtener una emulsión agua en aceite utilizando un porcentaje mayor de fase acuosa en el proceso. En el proceso se mezcla primero la fase acuosa en un tanque; esta fase constituye el 65.4 % del producto, en esta fase se mezclaron los activos y los preservantes, esta fase contiene todos los componentes necesarios para que la crema haga el efecto de hidratación en la piel del consumidor, esta mezcla se realiza a temperatura ambiente con agitación hasta disolver las materias primas, en agua que se utiliza en el proceso de fabricación debe ser suavizada para poder evitar cualquier tipo de contaminación de la crema y que esta pueda perder su estabilidad, además esta es el vehículo para las sustancias activas con el colágeno por que debe estar libre de contaminación.

En la fase oleosa, se encuentran el resto de componentes para la emulsión incluyendo el emulsificante, éste hace una formulación sencilla de repetir ya que proporcionó mayor estabilidad al producto y mayor extensibilidad haciendo un producto suave para la aplicación en la piel. Los emolientes, lubricantes se

encuentran en esta fase los cuales le dan las propiedades a la crema, además se agregó un porcentaje de agentes humectantes los cuales cumplen con la función de evitar que el producto pierda agua y en el consumidor el efecto de mantener la humedad efecto de la transpiración de la piel.

### C. Maquinaria y equipo

El equipo y maquinaria utilizada para el diseño de la línea de producción se seleccionó a partir del volumen del lote que se va a fabricar, se utilizarán 180 kg de materia prima obteniendo un producto con una densidad de  $0.97 \pm 0.03$  kg/L. Se necesitan dos tanques de acero inoxidable 304, ya que es un material resistente a la corrosión que puede ser provocada en el proceso de fabricación. Uno de los tanques consta de una base de acero al carbón en el cual se realiza la mezcla de la fase acuosa, ambos tanque tiene tres rodos para su manejo, el segundo es donde se mezcla la fase oleosa y posteriormente se forma la emulsión. Se necesitan tanques con la capacidad de 250 litros ya que el tamaño del lote es de 192 litros de crema hidratante, según el diseño del tanque se necesita ese volumen para poder así obtener una emulsión estable y que el vortice provocado por el mezclador no haga que el producto se derrame fuera del tanque, por ser el 65.4 % de producto la fase acuosa se necesita de este tanque para que se pueda hacer una buena emulsión por medio de la agitación adecuada. El primer tanque debe estar sobre una plataforma de acero al carbón con el fin de poder trasladar la fase acuosa hacia el otro tanque por gravedad por medio de una manguera flexible. Para el tanque de la fase oleosa se necesita este volumen ya que es en éste donde se realiza la mezcla de materias primas de esta fase y posteriormente es donde a esta fase se le agrega la fase acuosa con el fin de formar la emulsión, obteniendo el producto en este tanque, además debe de cumplir con los parámetros establecidos en el diseño para utilizar el mezclador y evitar el derrame del producto.

Se seleccionó un mezclador marca LIGHTNIN con un código de referencia en el catálogo de Cole-Parmer C-50310-70 de acero inoxidable 316 para la mezcla de la fase acuosa y oleosa, éste tiene la capacidad de alcanzar la velocidad de 1800 rpm la cual es necesario al momento de realizar la emulsión agua en aceite para poder obtener la viscosidad deseada del producto. El mezclador tiene un reducto con rango de velocidad de 90 a 1800 rpm esto es necesario para la formación de una emulsión estable ya que al inicio de la fabricación la adición de la fase acuosa hacia la oleosa debe ser lenta y con una velocidad de agitación baja para luego cambiar en forma ascendente la velocidad y llegar hasta las 1800 rpm la cual es la velocidad necesaria para el paso final de la emulsificación. El mezclador incluye un rodete tipo hélice de alta eficiencia A-310 de 0.20 metros de diámetro total. Se necesita un soporte marca LIGHTIN con un código de referencia en el catálogo de Cole-Parmer A-04600-10 para el mezclador de acero al carbón, ajustable cada 0.025 metros y alcanza una altura máxima de 2.14 metros se ajusto al proceso ya que la altura del tanque que se encuentre sobre la plataforma es de 1.70 metros.

El mezclador necesita de un segundo rodete tipo hélice de alta eficiencia de 0.20 metros de diámetro total el cual se determino al momento que se diseño el tanque para la crema, se seleccionó una marca LIGHTNIN modelo A-310 de acero inoxidable 316 para evitar la corrosión, este tipo de rodete proporciona el flujo necesario para la formación de la emulsión, proporciona un flujo axial uniforme por lo que hace una mejor dispersión de las partículas, además reduce la potencia requerida para la velocidad de flujo requerida haciendo posible la utilización de un mezclador con poca potencia. También es necesaria la implementación de deflectores dentro del tanque para evitar la turbulencia ya que impiden el flujo rotacional sin interferir con el flujo radial o longitudinal producido por los rodetes, estas son placas verticales perpendiculares a la pared del tanque, se necesitan de cuatro deflectores para evitar la formación de vórtices. Los rodetes dirigen el líquido hacia el fondo del tanque donde la corriente se esparce radialmente en todas las direcciones hacia la pared, asciende a lo largo de la pared y retorna desde la parte superior hasta el punto de succión del impulsor requiriendo un fondo del tanque semiesférico para lograr esta agitación y evitar que la mezcla sea homogénea, este fondo es práctico para la limpieza del equipo. Otra herramienta necesaria en los tanques es la válvula de descarga, la cual es una válvula de bola ya que se necesita un servicio de conducción con pocas fugas y que opere con las viscosidades del proceso.

Ya fabricada la crema se debe trasladar por medio de recipientes de acero inoxidable hacia la tolva de la llenadora esta actividad la realizará el encargado de fabricación. Se utiliza una llenadora la cual es de acero inoxidable 316, marca APS, modelo ADG, todas las partes de la misma son de este material, trabaja por medio de aire comprimido por que su funcionamiento es de pistón, consta de un pedal para activar la llenadora, se puede utilizar en distintos volúmenes y distintas velocidades trabajando a viscosidades elevadas, además el proveedor designa a esta llenadora para productos cosméticos y se adecua para la crema hidratante. Para trabajar en las mejores condiciones se necesita la mesa de trabajo de acero inoxidable ya que se necesita el espacio para poner las materias primas en el transcurso de la fabricación y luego del proceso de producción se incorpora la llenadora para el empaque del producto que se coloca en la misma mesa. Además, se necesita una mesa con una banda transportadora para que se pueda tener una actividad de empaque en línea. Todos los servicios auxiliares de producción para esta maquinaria son los actualmente instalados en la planta.

## D. Análisis económico

Se realizó el análisis económico de los costos de producción para cada uno de los procesos de fabricación de la crema hidratante, se obtuvo resultados para la fabricación de un lote, por lo que se calculó el costo unitario del producto, de un año de producción y se observó la variación de costo de los procesos.

Los costos de producción son los costos directos de fabricación que son los siguientes: materia prima, mano de obra directa, material de empaque y energía eléctrica utilizada en el proceso de fabricación.

El costo de fabricación por lotes tiene una gran variación entre los métodos ya que con el fin de obtener un menor costo para la crema se diseñó una línea de producción con una capacidad de fabricación tres veces mayor que la que tiene la actual, por lo que se obtuvo un incremento en el costo de fabricación de un lote para el nuevo diseño, pero con la ventaja que se necesita trabajar un lote cada tres meses, lo que significa que en un año si se tiene una venta normal del producto se fabricaran cuatro lotes y no 12 lotes que se fabrican actualmente. Por lo que con el análisis económico anual se llegó a conocer que se tiene un ahorro total Q 10,378.78, esto se debe a la reducción de costos en la materia prima, como se utilizó un nuevo emulsificante esto hizo que la formulación de la crema cambiara fabricando una emulsión agua en aceite, esta emulsión tiene como fase dispersa la fase acuosa y la continua la oleosa pero cubriendo estas dos fases se tiene otra fase acuosa por lo que se obtuvo una emulsión con un porcentaje de agua muy elevado reduciendo así los costos en la materia prima. Además, se obtiene un ahorro considerable en la mano de obra ya que el tiempo del proceso de fabricación es casi el mismo con el actual con la diferencia que se fabrica mayor cantidad lo que hace que el costo de la mano de obra se reduzca mensualmente. La mano de obra y la materia prima son los factores más significativos ya que ocupan el mayor porcentaje en el precio del producto, con este ahorro se consiguió un producto ochenta centavos más barato. La diferencia de costos de producción de los procesos es de un 12 %, haciendo un ahorro significativo en los gastos variables para la fabricación de la crema y esto hace viable poner en marcha la implementación de la nueva línea de producción.

Para la nueva línea de producción se requiere de una inversión inicial de Q 193,230.00, se optó por la obtención de un equipo nuevo ya que por ser una empresa farmacéutica es apropiada la división de las áreas de fabricación de cosméticos y productos farmacéuticos para evitar la contaminación de los productos. Para el análisis económico se utilizó el porcentaje de costos fijos de planta que este producto debe subsidiar, siendo el 0.2 % si se toma como periodo contable un año, este porcentaje es relacionado a las unidades producidas de todos los productos por lo que los 12,000 tarros producidos en un año deben pagar este porcentaje de los costos fijos en la planta. Dentro de los costos fijos se tienen los sueldos administrativos que se determinan por el porcentaje y el tiempo que dura la fabricación de este producto. Tomando en cuenta este porcentaje se realizó un flujo de caja; por lo que se obtuvo una utilidad neta positiva mayor a la que se obtiene actualmente, esto se debe al ahorro generado por los materiales y mano de obra, los gastos fijos de la empresa son los mismos en ambos procesos ya que las cantidades producidas no varían. Se obtuvo el punto de equilibrio en ambos procesos, para el proceso actual es necesario vender 5,302 unidades, para la nueva línea se necesitan 4,896 unidades se obtuvo una disminución en el mínimo de ventas por 406 unidades. Con el flujo de caja de la nueva línea se determinó el TIR de 42.61 % y el tiempo necesario para la recuperación de la inversión inicial de dos años cinco meses por lo que se hace un proyecto atractivo ya que se resuelve el problema del emulsificante. Este diseño permitió la compra de todo el equipo y maquinaria relacionado con este producto, ya que se obtiene una utilidad neta anual suficiente para tener un corto periodo de recuperación de la inversión con utilidades a 10 años mayor a las que se pueden obtener con la actual línea de producción.

## IX. CONCLUSIONES

- A. El nuevo emulsificante hace más estable y repetitiva la fabricación de la crema hidratante, obteniendo una emulsión agua en aceite.
  
- B. La formulación en porcentaje de masa es: emulsificante 2.0 %, espesantes 5.0 %, activos 4.0 %, lubricante 9 %, siliconas 3.0 %, vitamina E 5.0 %, cloruro de sodio 1.0 %, humectante 5.0 %, preservantes 0.6 %, agua 65.4 %.
  
- C. El nuevo diseño de la línea producción reduce los costos de fabricación en un 12 %.
  
- D. El proyecto es rentable, se tiene una TIR de 42.61 % recuperando la inversión inicial de Q 193,230 en dos años cinco meses.
  
- E. El punto de equilibrio de la nueva línea es menor, se necesitan vender 4,896 unidades al año.

## X. RECOMENDACIONES

- A. Realizar un estudio de mercado para el lanzamiento del producto hacia nuevos horizontes para aprovechar la base instalada y la economía a escala.
- B. Utilizar la tecnología del proceso para la fabricación de otros productos cosméticos.
- C. El equipo de la nueva línea de producción puede ser utilizado para la fabricación de otros tipos de cremas cosméticas que requieren de un proceso a temperatura ambiente.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Helman, J. 1984. *Farmacotecnia teórica y practica*. Tomo II. CIA Editorial, Continental, S.A. de C.V. México.
- Remington. 1995. *The science and practice of pharmacy*. 19<sup>th</sup> Edición. Volumen I y II. Mack Publishing Company. Estados Unidos.
- Lachman, L., Lieberman, H., Kanig, J. 1986. *The theory and practice of industrial pharmacy*. Tercera Edición. Estados Unidos.
- Maison G. deNavarre. 1975. *The chemistry and manufacture of cosmetics*. Volumen III, Segunda edición. Continental Press, Estados Unidos.
- Ralph G. Harry. 1975. *The principles and practice of modern cosmetics*. Volumen I, Sexta edición. Leonard Hill Books, Londres.
- Gershon D. Balsam. 1972. *Cosmetics, science and technology*. Segunda edición. Wiley-Interscience, Estados Unidos.
- Goldermberg Robert. 1978. *Advances in cosmetic technology*. Volumen 1. Harcourt Brace Jovanovich, Inc, Estados Unidos.
- Quiroga Marcial. 1973. *Cosmética dermatológica practica*. Cuarta edición. Editorial El Ateneo, Argentina.

## XII. APÉNDICE

### A. Análisis para el control de calidad del producto

Dentro de la empresa se realizó varios análisis para la crema hidratante, primero se llevó a cabo una descripción deseada para la crema, luego medición de la viscosidad, pH, densidad, prueba centrífuga, control microbiológico y por último un análisis de estabilidad, así se determinó que el producto es estable. Estos análisis son necesarios para poder afirmar que la nueva línea de producción es adecuada para la fabricación de la crema hidratante base agua en aceite.

1. Descripción. Se determinó que la crema debe ser homogénea, con una consistencia media, el color debe ser blanco, con un olor determinado por el perfume utilizado y libre de cualquier impureza visible. Este análisis se debe realizar al terminar el proceso y son los requisitos mínimos para que el producto pase a los siguientes análisis.
2. Viscosidad. Se utilizó un viscosímetro Cole-Parmer de 100g de muestra con el número de pin cinco, a una temperatura de  $20 \pm 1$  °C a una velocidad de 20 rpm. Se debe obtener un resultado entre el rango de 20,000 a 40,000 centipoises.
3. pH. Esta medición se realizó con un potenciómetro. Se debe obtener un resultado entre 3.5 y 4.5 para obtener un producto estable.
4. Densidad. Este se hizo utilizando un picnómetro marca Fisher, con una temperatura de  $20 \pm 1$  °C por lo que se pesa primero con crema y se le resta el peso del picnómetro vacío. Luego este resultado se divide por la resta del peso con agua menos la tara del picnómetro, el resultado debe estar dentro del rango de  $0.97 \pm 0.05$  g/mL.
5. Prueba centrífuga. Al finalizar el proceso de fabricación se toma un tubo para centrífuga y se llena del producto, éste no debe tener una separación mayor a 0.5 cm. después de 48 horas de fabricación. Además se debe utilizar la centrífuga con un tubo con 15 mL con el producto se pone a funcionar a una velocidad de 1,700 rpm por cuatro horas, al finalizar esta prueba no debe existir ninguna separación en la crema.
6. Control microbiológico. Se utilizó placas de mohos y levaduras. El recuento aeróbico en placas debe ser  $\leq 1000$  UFC/g . No debe existir ningún patógeno al realizar las pruebas en caldos de tripticosa soya y lactosado.
7. Prueba estabilidad. Se hizo por medio de una cámara con temperatura variable, por lo que se necesitan de tres meses para realizar por completo el análisis. Durante cada mes se utilizan tres distintas temperaturas, primero se utilizó una temperatura debajo de 23 grados Celsius que es la

temperatura ambiente, luego a temperatura ambiente y el último mes una temperatura superior que al del medio ambiente.

## B. Maquinaria y equipo

Para el diseño de la línea de producción se necesitó el diseño de los tanques de agitación y los agitadores necesarios para la formación de la emulsión agua en aceite, la disposición de los agitadores de alta eficiencia adaptados al mezclador y el volumen necesario del tanque son los dos puntos importantes para la obtención de una emulsión estable.

Las proporciones utilizadas para el tanque de agitación, estas medidas son para ambos tanques ya que se debe hacer una agitación para formar una mezcla homogénea, se establecieron por el tipo de agitación necesaria para la formación de la emulsión ya que se necesita una agitación con una velocidad de establecida por los proveedores del emulsificante de 1,500 rpm, entonces se necesita un mezclador capaz de tener esa capacidad para fabricar la crema, a continuación se presentan las proporciones del tanque agitado para que se pueda obtener el producto deseado. Se consideró el vórtice generado por la agitación de la crema en la altura del tanque y se decidió la utilización de placas deflectoras verticales perpendiculares instaladas en las paredes del tanque con el fin de reducir la turbulencia ya que se impide el flujo rotacional sin interferir con el flujo radial.

Dt = Diámetro total

H = Altura

Da = Diámetros del agitador

J = Ancho del deflector

E = Altura del fondo al agitador inferior

F = Altura del fondo al agitador superior

Proporciones del tanque:

$$1/3 Dt = Da$$

$$E = 1/6 Dt$$

$$H = 1.5 Dt$$

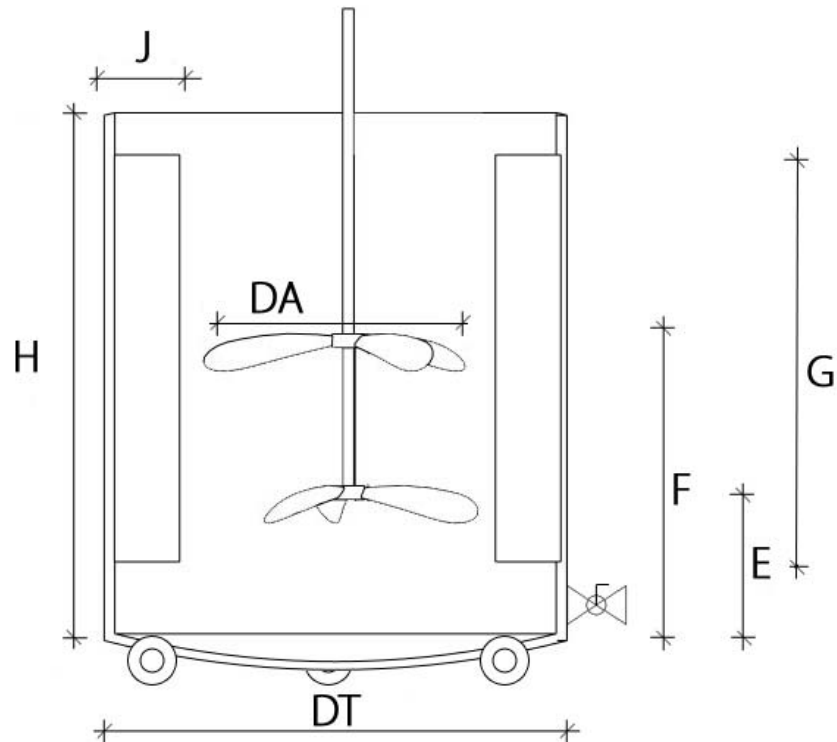
$$J = 1/12 Dt$$

$$E = 1/6 Dt$$

$$F = 2/3 H$$

$$G = 5/6 H$$

Ilustración No. 12: Diseño tanque agitado



El tamaño de lote establecido es para 180 kg por lo que se necesita un tanque de las siguientes dimensiones para la formación de una emulsión estable. Los demás equipos utilizados para la nueva línea de fabricación se seleccionaron por sus capacidades y características de funcionamiento para que se puedan trabajar la crema en una línea. El mezclador se utiliza para ambos tanques ya que primero se realiza la mezcla de la fase acuosa y por último la oleosa. La llenadora es capaz de proporcionar distintos volúmenes de crema y tiene un funcionamiento de pistón el cual trabaja con aire comprimido abastecido por el compresor seleccionado.

Ilustración No. 13: Vista frontal del tanque agitado

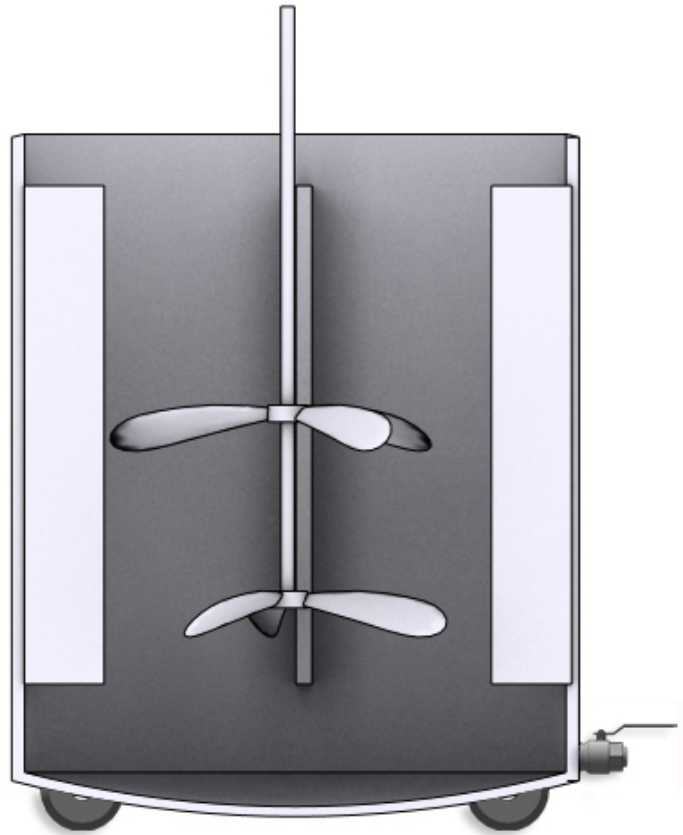
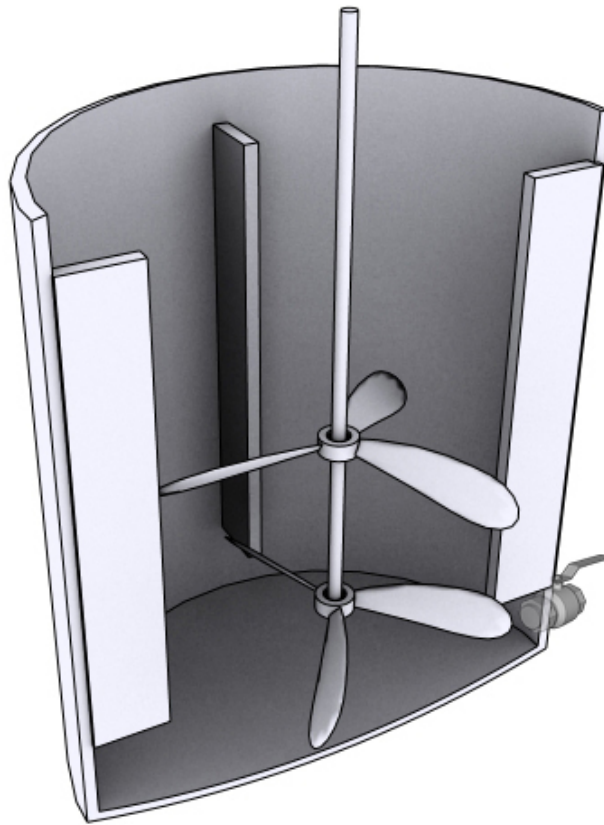


Ilustración No. 14: Tanque agitado en tres dimensiones



Cuadro No. 17: Proporciones del tanque agitado

REGION DEL TANQUE	DIMENSIÓN (m)
DIÁMETRO TOTAL	0.60
ALTURA	0.90
DIÁMETRO RODETE	0.20
ALTURA RODETE INFERIOR	0.10
ALTURA RODETE SUPERIOR	0.60
ANCHO DEFLECTOR	0.05
ALTURA DEFLECTOR	0.75

## C. Proceso

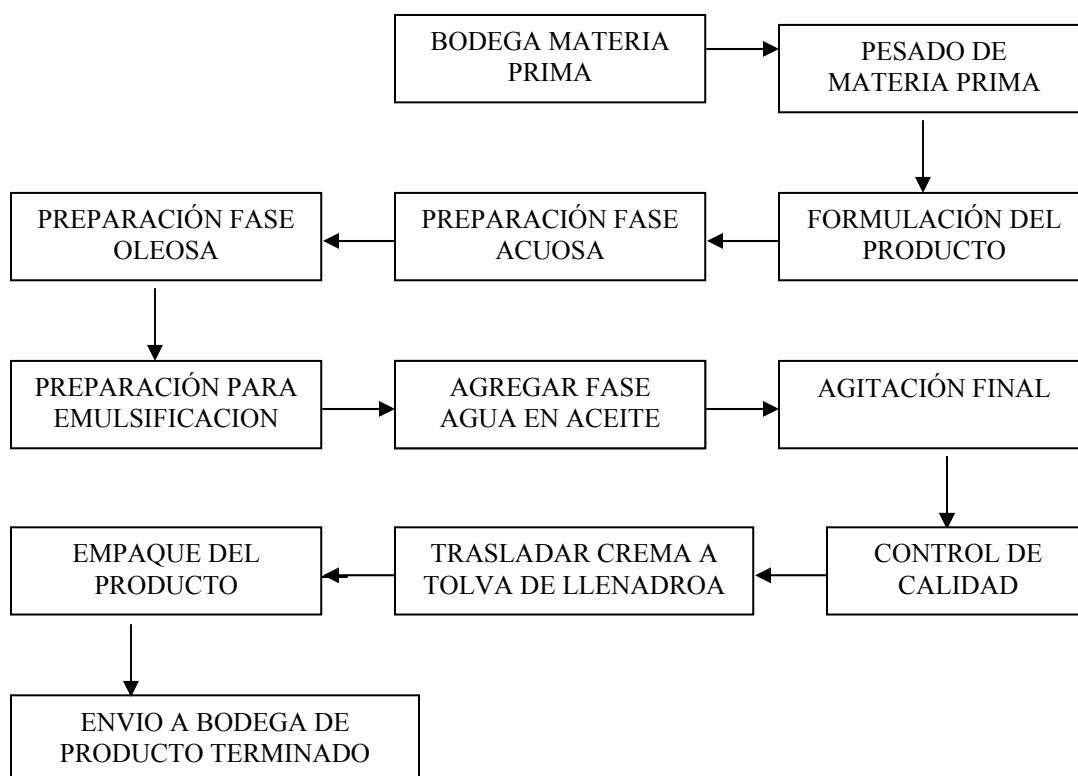
### 1. Generalidades del proceso

Cuadro No. 18: Generalidades del proceso

TIEMPO DE PRODUCCIÓN DE UN LOTE	3 días
PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO	0.06 kg
TAMAÑO DE LOTE	3000 tarros
TAMAÑO DEL LOTE EN PESO	180 kg
FRECUENCIA DE FABRICACIÓN	3 meses

## 2. Diagrama de bloques

Ilustración No. 15: Diagrama de bloques del proceso



- a. Bodega de materia prima. Esta es la actividad en la cual se realiza la petición de la materia prima necesaria la cual se conserva almacenada en dicha bodega, se debe verificar existencias para saber si cumple con la cantidad necesaria para la fabricación de un lote.
- b. Pesado de materia prima. Se deben pesar las cantidades exactas necesarias para la fabricación de la crema esta actividad se realiza en un área dentro de la bodega de materia prima para que se utilice únicamente lo requerido para el proceso de fabricación.
- c. Formulación del producto. Se deben separar las materias según la formulación establecida por producción y tenerlas todas lista para ser agregadas en su momento.

- d. Preparación de fase acuosa. Se realiza en un tanque de 250 litros el cual se encuentra en una plataforma, se agregan todos los componentes necesarios y son agitados hasta tener una mezcla homogénea.
- e. Preparación de fase oleosa. Se realiza en un tanque de 250 litros el cual se encuentra en el piso y consta de rodos para poder ser movilizado, se agregan las materias y se agitan hasta tener una mezcla homogénea.
- f. Preparación para emulsificación. Se debe cumplir con los parámetros establecidos en el diseño del tanque por lo que se debe colocar en agitador con su hélice a la altura correspondiente para el inicio de la agitación del proceso.
- g. Agregar fase agua en aceite. En esta actividad se agrega la fase agua que se encuentra en el tanque elevado poco a poco con el fin de formar esferas muy pequeñas, esta fase es retirada por gravedad con un manguera y se agrega por encima de la hélice para ir formando poco a poco la emulsión.
- h. Agitación final. Se debe agitar por 60 minutos con el fin de lograr que la emulsión alcance la viscosidad deseada del proceso, por lo que ésta es medida por el operador y, si es necesario, se agita por un mayor tiempo hasta lograrlo.
- i. Control de calidad. La crema es analizada, si cumple con los parámetros establecidos de viscosidad y se empacan varias muestras para hacerles análisis de estabilidad del producto.
- j. Traslado de crema a tolva de llenadota. Se traslada la crema por el operador hacia la tolva extrayéndola por gravedad utilizando la llave que tiene incluida el tanque, esta actividad se realiza llenado en su totalidad la tolva cada vez que sea necesario para el empaque del lote.
- k. Empaque del producto, La crema es empacada en tarros de 2 onzas, además éste es pesado para confirmar el peso y se le coloca un disco de plástico en la parte superior del tarro y luego una tapadera de rosca.
- l. Envío a bodega de producto terminado. Luego que se empacó todo el lote de la crema es guardado en corrugados que son utilizados únicamente para el traslado del área de fabricación hacia la bodega donde es ingresado al inventario.

Ilustración No. 16 : Diagrama de operaciones

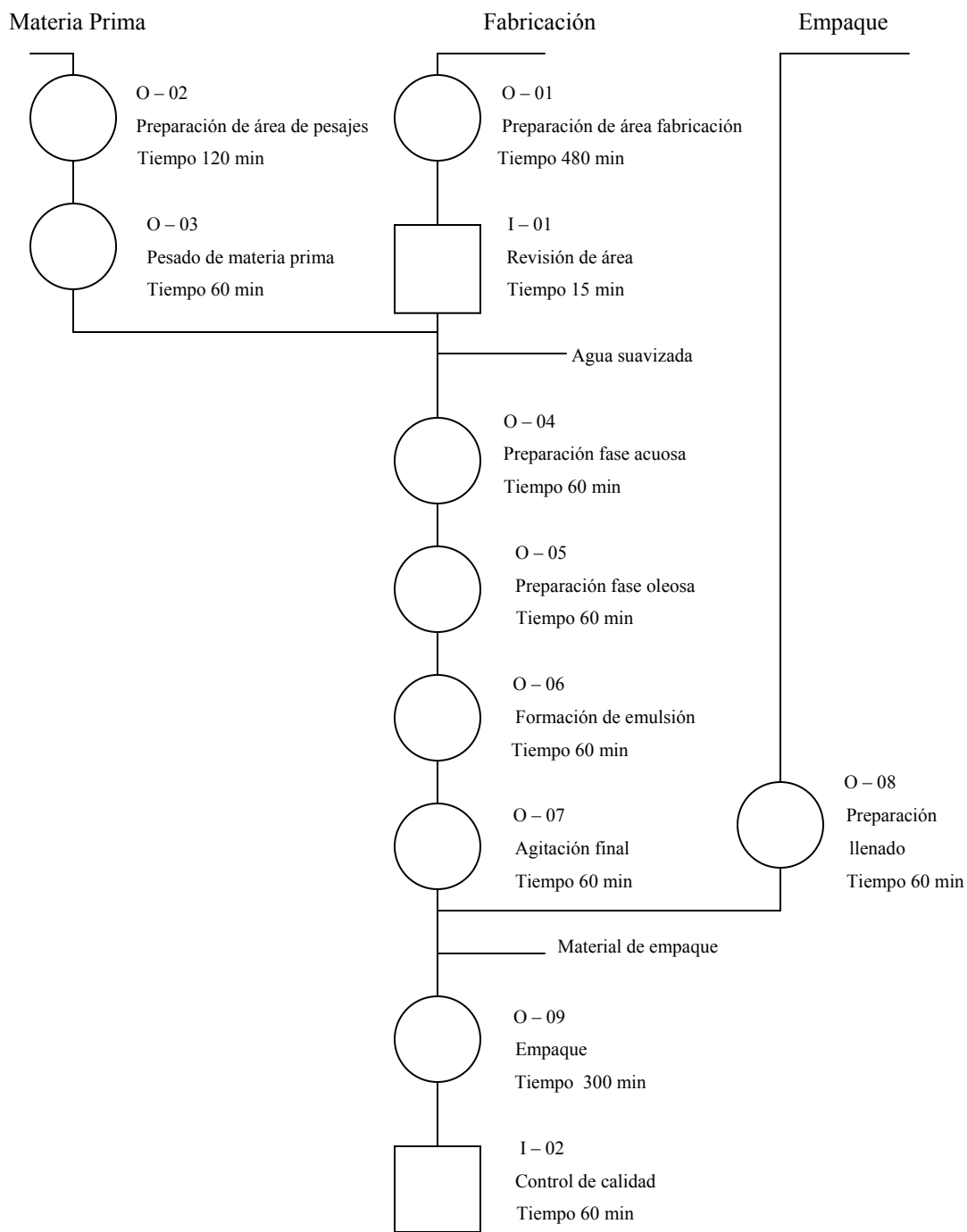


Ilustración No. 17: Diagrama de actividades

	RESUMEN	No	TIEMPO (min)
○	OPERACIONES	9	1260.0
⇒	TRANSPORTES	2	35.0
□	INSPECCIONES	2	75.0
D	DEMORAS	-	-
▽	ALMACENAJES	1	-
DISTANCIA RECORRIDA (m)		14	

PROCEDIMIENTO	FABRICACIÓN DE CREMA HIDRATANTE
EMPIEZA	00:00:00
TERMINA	22:48:00

DETALLES DEL MÉTODO		O P E R A C I O N	T R A N S P O R T E	I N S P E C C I O N	D E M O R A	A L M A C E N A J E	T I E M P O ( m i n )	D I S T A N C I A ( m )	NOTAS
PROPUESTO									
1	Preparación de área de fabricación	●	⇒	□	D	▽	480.0		
2	Preparación de área de pesajes	●	⇒	□	D	▽	120.0		
3	Revisión de área	○	⇒	■	D	▽	15.0		
4	Pesaje de materias primas	●	⇒	□	D	▽	60.0		
5	Transporte de materias primas al área	○	⇒	□	D	▽	15.0	8.0	
6	Preparación fase acuosa	●	⇒	□	D	▽	60.0		Entra agua suavizada
7	Preparación fase oleosa	●	⇒	□	D	▽	60.0		Se calienta para la fundición de materias primas
8	Formación de emulsión	●	⇒	□	D	▽	60.0		Se agrega la fase acuosa a flujo constante de 2 L/min
9	Agitación final	●	⇒	□	D	▽	60.0		
10	Preparación de llenado	●	⇒	□	D	▽	60.0		Se calibra la llenadora para 0.06 kg
11	Empaque	●	⇒	□	D	▽	300.0		Entra material de empaque
12	Control de calidad de producto terminado	○	⇒	■	D	▽	60.0		
13	Transporte a bodega de producto terminado	○	⇒	□	D	▽	20.0	6.0	
14	Almacenaje de producto terminado	○	⇒	□	D	▽			

## D. Análisis económico

Cuadro No. 19: Costo de mano de obra por lote del proceso actual

Tamaño de lote 1,000 unidades

PUESTO	No	SUELDO HORA (Q)	TIEMPO (h)	TOTAL (Q)
FABRICADOR	1	10	18	262.81
LLENADO	1	10	4	58.40
EMPAQUE	1	10	3	43.80
EMPAQUE	1	10	3	43.80
PESAJE	1	10	3	43.80
TOTAL	5	50	31	452.61

Cuadro No. 20: Prestaciones para cada empleado

PRESTACIÓN	PORCENTAJE (%)
IGSS	10.67
IRTRA	1.00
INTECAP	1.00
Aguinaldo	8.33
Bono 14	8.33
Pasivo	8.33
Otros	8.33

Cuadro No. 21: Costos de energía eléctrica por lote del proceso actual

Costo kW-hora es de Q0.81

EQUIPO	POTENCIA (kW)	COSTO (Q)
COMPRESOR	1.70	12.39
AGITADOR	0.74	2.42
MARMITA	12.00	58.32
ESTUFA	0.80	1.29
TOTAL	15.50	74.43

Cuadro No. 22: Costo de materiales por lote del proceso actual

MATERIAL	UNIDAD (Q)	LOTE (Q)
MATERIA PRIMA	3.95	3,946.50
TARRO	1.87	1,870.00
TAPA	0.59	593.00
LAINER	0.42	420.00
CORRUGADO	2.90	40.56
TOTAL	6.83	6,870.06

Cuadro No. 23: Costos variables de fabricación para el proceso actual

COSTO	ANUAL (Q)	MENSUAL (Q)	LOTE (Q)	UNIDAD (Q)
MATERIA PRIMA	47,358.00	3,946.50	3,946.50	3.95
EMPAQUE	35,082.72	2,923.56	2,923.56	2.92
ENERGÍA ELÉCTRICA	893.11	74.43	74.43	0.07
MANO DE OBRA	5,431.32	452.61	452.61	0.45
TOTAL	88,765.15	7,397.10	7,397.10	7.40

Cuadro No. 24: Costo de mano de obra por lote del proceso nuevo

Tamaño de lote 3,000 unidades

PUESTO	No	SUELDO HORA (Q)	TIEMPO (h)	TOTAL (Q)
FABRICADOR	1	10	18	262.81
LLENADO	1	10	6	87.60
EMPAQUE	1	10	5	73.00
EMPAQUE	1	10	5	73.00
PESAJE	1	10	3	43.80
TOTAL	5	50	37	540.21

Cuadro No. 25: Costos de energía eléctrica por lote del proceso nuevo

Costo kW-hora es de Q0.81

EQUIPO	POTENCIA (kW)	COSTO (Q)
COMPRESOR	1.70	1.21
AGITADOR	0.19	11.02
ESTUFA	0.80	1.30
TOTAL	2.69	13.52

Cuadro No. 26: Costo de materiales por lote del proceso nuevo

MATERIAL	UNIDAD (Q)	LOTE (Q)
MATERIA PRIMA	3.42	10,272.18
TARRO	1.87	5,610.00
TAPA	0.59	1,779.00
LAINER	0.42	1,260.00
CORRUGADO	2.90	115.88
TOTAL	6.30	19,037.06

Cuadro No. 27: Costos variables de fabricación de la nueva línea

COSTO	ANUAL (Q)	MENSUAL (Q)	LOTE (Q)	UNIDAD (Q)
MATERIA PRIMA	41,088.72	3,424.06	10,272.18	3.42
EMPAQUE COMPLETO	35,059.54	2,921.63	8,764.88	2.92
ENERGÍA ELECTRICA	54.08	4.51	13.52	0.00
MANO DE OBRA	2,160.85	180.07	540.21	0.18
TOTAL	78,363.19	6,530.27	19,590.80	6.53

Cuadro No. 28: Planilla de la planta para la fabricación de un lote

Tiempo de fabricación 24 horas

PUESTO	No.	SUELDO HORA (Q)	TOTAL (Q)
GERENTE GENERAL	1.00	200.00	7,008.16
GERENTE DE MANUFACTURA	1.00	100.00	3,504.08
GERENTE MERCADEO	1.00	100.00	3,504.08
GERENTE DE PRODUCCIÓN	1.00	85.00	2,978.47
SECRETARIAS	4.00	15.00	2,102.45
JEFE DE COSMÉTICOS	1.00	45.00	1,576.84
GERENTE DE CONTROL DE CALIDAD	1.00	100.00	3,504.08
CONTROL DE CALIDAD	8.00	15.00	4,204.90
PERSONA MANTENIMIENTO	6.00	25.00	5,256.12
JEFE MANTENIMIENTO	1.00	45.00	1,576.84
GERENTE FINANCIERO	1.00	85.00	2,978.47
PERSONAL ADMINISTRATIVO	10.00	20.00	7,008.16
PERSONAL DE MERCADEO	5.00	40.00	7,008.16
PERSONAL DE LIMPIEZA	8.00	10.00	2,803.26
<b>TOTAL</b>	<b>49.00</b>	<b>885.00</b>	<b>55,014.06</b>

Cuadro No. 29: Costos fijos de la empresa en planilla para la fabricación

DIVISIÓN DE PLANTA	SALARIOS MENSUAL (Q)	SALARIOS ANUAL (Q)
<b>TOTAL</b>	<b>55,014.06</b>	<b>660,168.67</b>

Cuadro No. 30: Costos fijos en planilla subsidiados por la línea

DIVISIÓN DE PLANTA	SALARIOS MENSUAL (Q)	SALARIOS ANUAL (Q)
<b>TOTAL</b>	<b>110.03</b>	<b>1,320.34</b>

Cuadro No. 31: Costos fijos de la planta

EQUIPO	COSTO MENSUAL (Q)	COSTO ANUAL (Q)
SUMINISTROS OFICINA	1,500.00	31,500.00
SUMINISTROS LIMPIEZA	2,500.00	52,500.00
EQUIPO DE SEGURIDAD	1,600.00	19,200.00
SERVICIO DE INTERNET	5,000.00	60,000.00
LICENCIA DE SISTEMA	12,000.00	144,000.00
SERVICIO DE EXTRACCIÓN DE BASURA	1,100.00	13,200.00
SERVICIO DE AGUA PURA	2,304.00	27,648.00
SERVICIO DE LUZ	45,000.00	540,000.00
SERVICIO DE TELÉFONO	12,000.00	144,000.00
SEGURO DE VEHÍCULOS Y EMPRESA	50,000.00	600,000.00
SERVICIO DE CALIBRACIÓN DE BALANZA	2,000.00	6,000.00
ANÁLISIS EXTERNOS	700.00	3,500.00
AUDITORIA EXTERNA	16,000.00	192,000.00
UNIFORMES	1,400.00	16,800.00
<b>TOTAL</b>	<b>153,104.00</b>	<b>1,850,348.00</b>

Cuadro No. 32: Costo fijo subsidiados por la línea

EQUIPO	COSTO ANUAL (Q)
SUMINISTROS OFICINA	63.00
SUMINISTROS LIMPIEZA	105.00
EQUIPO DE SEGURIDAD	38.40
SERVICIO DE INTERNET	120.00
LICENCIA DE SISTEMA	288.00
SERVICIO DE EXTRACCIÓN DE BASURA	26.40
SERVICIO DE AGUA PURA	55.30
SERVICIO DE LUZ	1,080.00
SERVICIO DE TELÉFONO	288.00
SEGURO DE VEHÍCULOS Y EMPRESA	1,200.00
SERVICIO DE CALIBRACIÓN DE BALANZA	12.00
ANÁLISIS EXTERNOS	7.00
AUDITORIA EXTERNA	384.00
UNIFORMES	33.60
<b>TOTAL</b>	<b>3,700.70</b>

Cuadro No. 33: Inversión inicial

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Q)	COSTO (Q)
BALANZA	1	5,000.00	5,000.00
MESA DE TRABAJO	1	250.00	250.00
EXTINTOR	2	350.00	700.00
TARIMAS	4	1,200.00	4,800.00
CARETILLA	2	2,500.00	5,000.00
TANQUE 1	1	18,000.00	18,000.00
TANQUE 2	1	18,000.00	18,000.00
MESA DE TRABAJO	1	1,500.00	1,500.00
MEZCLADOR	1	23,500.00	23,500.00
RODETE A-310	1	4,500.00	4,500.00
LLENADORA	1	38,600.00	38,600.00
SOPORTE PARA EL MEZCLADOR	1	3,600	3,600
BALANZA ANALÍTICA	1	8,000.00	8,000.00
PH METRO	1	3,500.00	3,500.00
VISCOSÍMETRO	1	3,800.00	3,800.00
PROBETAS	2	300.00	600.00
PIPIETAS	5	150.00	750.00
BEAKERS	8	85.00	680.00
BURETAS	2	200.00	400.00
TERMÓMETRO	2	150.00	300.00
INV & DESARROLLO	1	15,000.00	15,000.00
ACONDICIONAMIENTO	1	36,400.00	36,400.00
TOTAL	41	185,285.00	193,230.00

Cuadro No. 34: Periodo de depreciación para cada equipo

EQUIPO	AÑOS
BALANZA	5
MESA DE TRABAJO	7
EXTINTOR	7
TARIMAS	3
CARETILLA	7
TANQUE 1	7
TANQUE 2	7
MEZCLADOR	7
LLENADORA	7
AGITADOR A-310	7
BALANZA ANALÍTICA	5
PH METRO	5
VISCOSÍMETRO	5
PROBETAS	7
PIPIETAS	7
BEAKERS	7
BURETAS	7
TERMÓMETRO	7

Cuadro No. 35: Tasa de depreciación SMARC

AÑO	n = 3 (%)	n = 5 (%)	n = 7 (%)
1	33.33	20.00	14.29
2	44.45	32.00	24.49
3	14.81	19.20	17.49
4	7.41	11.52	12.49
5		11.52	8.93
6		5.76	8.92
7			8.93
8			4.46

Cuadro No. 36: Depreciación anual

AÑO	COSTO (Q)
1	21,318.82
2	34,345.74
3	23,102.02
4	15,977.58
5	11,720.85
6	10,742.22
7	9,785.49
8	4,887.27
TOTAL	131,880.00

Cuadro No. 37: Condiciones económicas del mercado utilizadas en el flujo de caja

PRECIO DE UNIDAD DE VENTA (Q)	19.00
UNIDADES VENDIDAS AL AÑO	12,000
INCREMENTO EN VENTAS ANUAL (%)	5.00
CRECIMIENTO ANUAL EN COSTOS FIJOS Y VARIABLES (%)	8.00

Cuadro No. 38: Flujo de caja de la nueva línea del año 1 al 5

AÑO	0	1	2	3	4	5
INGRESOS		228,000.00	239,400.00	251,370.00	263,938.50	277,135.43
COSTOS VARIABLES		77,845.57	84,073.21	90,799.07	98,063.00	105,908.04
COSTOS FABRICACIÓN FIJOS		61,255.05	66,155.46	71,447.89	77,163.73	83,336.82
DEPRECIACIÓN		21,318.82	34,345.74	23,102.02	15,977.58	11,720.85
UTILIDAD ANTES IMPUESTO		67,580.55	54,825.58	66,021.01	72,734.19	76,169.71
IMPUESTO		3,379.03	2,741.28	3,301.05	3,636.71	3,808.49
UTILIDAD NETA		64,201.53	52,084.31	62,719.96	69,097.48	72,361.22
DEPRECIACIÓN		21,318.82	34,345.74	23,102.02	15,977.58	11,720.85
INVERSIÓN INICIAL	193,230.00					
FLUJO DE CAJA	-193,230.00	85,520.35	86,430.05	85,821.98	85,075.07	84,082.08

Cuadro No. 39: Flujo de caja de la nueva línea del año 6 al 10

AÑO	6	7	8	9	10
INGRESOS	290,992.20	305,541.81	320,818.90	336,859.84	353,702.83
COSTOS VARIABLES	114,380.68	123,531.14	133,413.63	144,086.72	155,613.65
COSTOS FABRICACIÓN FIJOS	90,003.77	97,204.07	104,980.40	113,378.83	122,449.14
DEPRECIACIÓN	10,742.22	9,785.49	4,887.27		
UTILIDAD ANTES IMPUESTO	75,865.53	75,021.10	77,537.60	79,394.30	75,640.04
IMPUESTO	3,793.28	3,751.06	3,876.88	3,969.71	3,782.00
UTILIDAD NETA	72,072.25	71,270.05	73,660.72	75,424.58	71,858.04
DEPRECIACIÓN	10,742.22	9,785.49	4,887.27		
INVERSIÓN INICIAL					
FLUJO DE CAJA	82,814.47	81,055.54	78,547.99	75,424.58	71,858.04