

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Química

**Diseño de una línea de producción
de crema humectante utilizando
aceite de aguacate Hass**

**Trabajo de graduación presentado por Luis Francisco Quiñónez Girón
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química**

Guatemala

2012

**Diseño de una línea de producción
de crema humectante utilizando
aceite de aguacate Hass**

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Química

**Diseño de una línea de producción
de crema humectante utilizando
aceite de aguacate Hass**

**Trabajo de graduación presentado por Luis Francisco Quiñónez Girón
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química**

Guatemala

2012

Vo. Bo:

(f) _____

Ing. Jaime Rosales Solórzano
Colegiado No. 320

Tribunal Examinador:

(f) _____

Ing. Gamaliel Zambrano Ruano
Colegiado No. 686

(f) _____

Ing. Jaime Rosales Solórzano
Colegiado No. 320

(f) _____

Ing. Ana Regina Cruz
Colegiado No. 1783

Fecha: Guatemala, 7 de Diciembre del 2012

A Dios, porque sin Él no soy nada.

A mis padres, por darme todo lo que necesité.

A mi hermano, por ayudarme en el camino.

A mis abuelitos, por cuidarme desde siempre.

A mi novia, por apoyarme en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
A. Aguacate	2
1. Clasificación científica	2
2. Importancia socioeconómica	3
3. Extracción de aceite	4
4. Propiedades beneficiosas para la piel	7
B. Cremas	7
1. Tipos de cremas	8
2. Emulsiones	9
III. JUSTIFICACIÓN	15
IV. OBJETIVOS	16
A. General	16
B. Específicos	16
V. PROBLEMA A RESOLVER	17

VI. METODOLOGÍA	18
A. Trabajo de investigación.....	18
B. Diseño experimental	18
C. Diseño y dimensionamiento de equipo.....	19
D. Análisis de la factibilidad económica.....	19
VII. RESULTADOS	21
A. Formulación.....	21
B. Características de presentación y volumen de venta	21
C. Diseño del proceso para la línea de producción de crema humectante	21
D. Balance de masa de la línea de producción de crema humectante	24
E. Balance de energía de la línea de producción de crema humectante.....	25
F. Dimensionamiento del equipo necesario para la línea de producción de crema humectante.....	25
G. Análisis económico de la línea de producción	31
VIII. DISCUSIÓN	32
IX. CONCLUSIONES	37
X. RECOMENDACIONES	38
XI. BIBLIOGRAFÍA	39
XII. ANEXOS	41
ANEXO A: Análisis de mercado	42
ANEXO B: Etiqueta del producto.....	45
ANEXO C: Datos de referencia	46

ANEXO D: Fase experimental	47
ANEXO E: Balance de masa	51
1. Obtención de la mezcla de fase acuosa.....	52
2. Obtención de la fase oleosa y emulsión de la crema	54
3. Enfriamiento de la emulsión	56
4. Adición de conservante y esencia	57
ANEXO F: Balance de energía	60
1. Obtención de fase acuosa.....	60
2. Obtención de fase oleosa	62
3. Enfriamiento de la emulsión	63
ANEXO G: Diseño de equipo.....	65
ANEXO H: Análisis económico	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Clasificación científica del aguacate Hass	2
Tabla No. 2: Perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate	5
Tabla No. 3: Tipos de emulsionantes más comunes en emulsiones cosméticas	13
Tabla No. 4: Formulación para un lote de 300 kg	21
Tabla No. 5: Características de presentación	21
Tabla No. 6: Identificación de los equipos representados en el diagrama de flujo de la línea de producción de crema humectante	23
Tabla No. 7: Calor requerido o retirado para cada etapa del proceso.....	25
Tabla No. 8: Tanque para el almacenamiento del agua destilada	25
Tabla No. 9: Tanque para el almacenamiento de la trietanolamina.....	26
Tabla No. 10: Tanque para el almacenamiento de la glicerina	26
Tabla No. 11: Tanque para el almacenamiento de la vaselina.....	26
Tabla No. 12: Tanque para el almacenamiento del aceite de aguacate	27
Tabla No. 13: Tanque para el almacenamiento de la esencia.....	27
Tabla No. 14: Tolva de alimentación del ácido esteárico.....	27
Tabla No. 15: Tornillo de alimentación del ácido esteárico	28
Tabla No. 16: Intercambiador de concha y tuvos para enfriar la emulsión	28
Tabla No. 17: Tanque de mezclado de la crema humectante.....	29
Tabla No. 18: Reactor para la fase acuosa	29
Tabla No. 19: Máquina envasadora de la crema humectante	30
Tabla No. 20: Reactor para la fase oleosa y la emulsión.....	30
Tabla No. 21: Análisis económico de la línea de producción	31
Tabla No. 22: Densidad de las materias primas	46
Tabla No. 23: Calor específico de las materias primas.....	46
Tabla No. 24: Variación de los componentes grasos en la crema.....	47
Tabla No. 25: Variación del agua destilada en la crema	48
Tabla No. 26: Materia prima requerida para un lote de producción.....	51
Tabla No. 27: Sistema de clasificación para sólidos a granel	66

Tabla No. 28: Materias primas ingresadas al reactor para obtener la fase acuosa.....	71
Tabla No. 29: Diferencias de temperaturas en el intercambiador de calor.....	78
Tabla No. 30: Costos de impuestos y transporte del tanque de agua destilada.....	84
Tabla No. 31: Inversión de la línea de producción.....	85
Tabla No. 32: Costo de la materia prima.....	86
Tabla No. 33: Costo del empaque.....	86
Tabla No. 34: Costos variables.....	87
Tabla No. 35: Descripción de puestos y salarios.....	87
Tabla No. 36: Prestaciones laborales.....	88
Tabla No. 37: Costos fijos.....	88
Tabla No. 38: Depreciación del equipo.....	89
Tabla No. 39: Flujo de caja (Año 0 al 5).....	90
Tabla No. 40: Flujo de caja (Año 6 al 10).....	91
Tabla No. 41: Tasa interna de retorno y tiempo de recuperación.....	92

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica No. 1: Producción de aguacate en Guatemala	3
Gráfica No. 2: Disponibilidad de compra	43
Gráfica No. 3: Color de la crema	43
Gráfica No. 4: Intensidad del aroma	43
Gráfica No. 5: Tipo de aroma	44
Gráfica No. 6: Tipo de envase	44
Gráfica No. 7: Presentación de la crema	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1: Ácido oleico.....	6
Figura No. 2: Ácido esteárico	6
Figura No. 3: Tipos de emulsiones	10
Figura No. 4: Esquema de un surfactante	12
Figura No. 5: Diagrama de flujo de la línea de producción de crema humectante	22
Figura No. 6: Diagrama del balance de masa para la línea de producción de crema humectante ..	24
Figura No. 7: Etiqueta de la crema humectante con aceite de aguacate Hass.....	45
Figura No. 8: Balanza analítica para pesar la materia prima.....	49
Figura No. 9: Estufas para calentar las dos fases	49
Figura No. 10: Fase acuosa y fase oleosa	49
Figura No. 11: Obtención de la emulsión.....	50
Figura No. 12: Crema humectante terminada	50
Figura No. 13: Envasado de la crema humectante	50
Figura No. 14: Diagrama del balance de masa para la etapa de obtención de la mezcla de fase acuosa	52
Figura No. 15: Diagrama del balance de masa para la etapa de obtención de la mezcla de fase oleosa y emulsión de la crema.....	54
Figura No. 16: Diagrama del balance de masa para la etapa de enfriamiento de la emulsión	56
Figura No. 17: Diagrama del balance de masa para la etapa de adición de conservante y esencia.	58
Figura No. 18: Diagrama del balance de energía para la etapa de obtención de la mezcla de fase acuosa	61
Figura No. 19: Diagrama de balance de energía para la etapa de obtención de la mezcla de fase oleosa	62
Figura No. 20: Diagrama del balance de energía para la etapa de enfriamiento de la emulsión.....	64
Figura No. 21: Tolva de alimentación.....	70
Figura No. 22: Número de potencia N_p en función del número de Reynolds N_{Re} para turbinas de seis palas.....	82
Figura No. 23: Corrección de la MLDT para intercambiadores 1-2.....	82

RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito el diseño una línea de producción de crema humectante con aceite de aguacate Hass. Este fruto se utiliza para aprovechar todos los beneficios que provee a la piel. Para llevar a cabo este objetivo se desarrolló una formulación a nivel experimental y mediante un balance de masa y energía se logró dimensionar el equipo necesario para el proceso. Con los resultados obtenidos se diseñó un diagrama de flujo detallado para la línea de producción. Para realizar el estudio económico se proyectó el flujo de caja a diez años. La inversión inicial del proyecto es de Q8,585,828.40 con un tiempo de recuperación de un año y siete meses. Se obtuvo una tasa interna de retorno del 65%, demostrando la factibilidad económica del proyecto y haciendo atractiva la inversión.

ABSTRACT

The following paper has as goal the design of a line of production, to manufacture a moisturizer cream based on Hass avocado oil. This fruit is used to take advantage of all the benefits it provides to the skin. To achieve this objective an experimental formula was developed and, through a mass and energy balance, the dimension of the necessary equipment for the process was achieved. With the obtained results a detailed flow chart for the production line was designed. For the financial study a ten year cash flow was projected. The startup investment for the project is Q8,584,828.40 (\$1,078,621.66) with payback time of one year and seven months. The analysis it was determined an internal rate of return of 65%, demonstrating the economic feasibility of the project and making investment attractive.

I. INTRODUCCIÓN

La producción agroindustrial del aguacate Hass en Guatemala permite el sustento de bastantes familias que se encargan de su siembra. Debido al excelente clima del país se logra obtener una buena calidad de este fruto y una gran producción del mismo.

Este trabajo de graduación consiste en utilizar el aceite de aguacate Hass como ingrediente principal de una crema humectante, esto permite darle un valor agregado al producto y ocupar un espacio en el mercado de cosméticos. La razón de usar este aceite es que posee propiedades muy beneficiosas para la piel debido a que contiene grasas de alta calidad, vitaminas y características que favorecen cualquier tipo de cutis. Además, el aguacate tiene un alto contenido en vitamina E y estimula los procesos metabólicos de la piel. Para fabricar la crema se encontró la fórmula adecuada que provea una correcta hidratación al cutis. Mediante un análisis de mercado se determinó las características del producto final que desea el consumidor.

Para fabricar la crema en Guatemala se diseñó una línea de producción que logre llevar a cabo el proceso en donde se seleccionó y dimensionó el equipo necesario. Mediante un análisis financiero se determinó la factibilidad económica del proyecto al encontrar la tasa interna de retorno y el tiempo de recuperación de la inversión inicial. En el flujo de caja se analizan desde los costos de inversión y producción, hasta los ingresos esperados por la venta de este producto en el mercado.

II. ANTECEDENTES

A. Aguacate

El aguacate es considerado una fruta debido a que posee semilla y crece de un árbol, pese a la creencia errónea de catalogarlo como verdura. También se le conoce como palta o avocado. Este fruto se cultiva normalmente en climas mediterráneos y tropicales alrededor de todo el mundo, aunque su origen fue en el continente americano. En general su color es verde pero por su origen, variedad y nivel de maduración puede alcanzar un tono morado oscuro. (Téniz, 2007)

1. Clasificación científica. Es importante conocer la clasificación científica (taxonomía) del árbol de aguacate Hass, variedad que se utilizará en este trabajo, ya que es necesario poder determinar la procedencia del mismo. (Téniz, 2007)

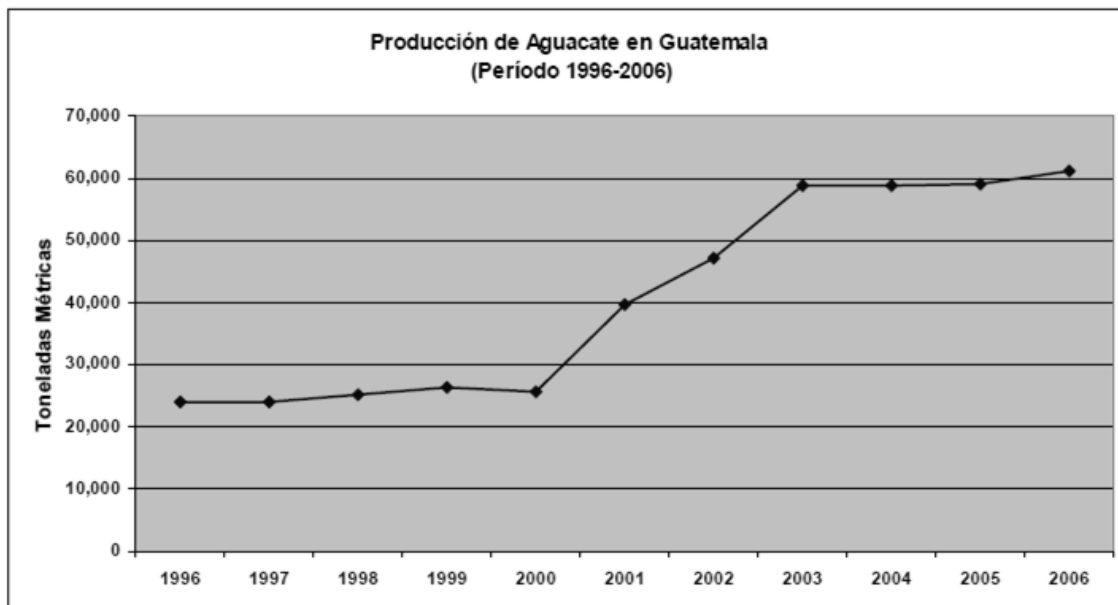
Tabla No. 1: Clasificación científica del aguacate Hass

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnolias
Orden	Lurales
Familia	Lauráceas
Género	<i>Persea</i>
Especie	<i>Persea americana</i> Mill
Variedad	Hass

(Téniz, 2007)

2. Importancia socioeconómica. El consumo de aguacate a nivel mundial se ha incrementado a un ritmo sorprendente debido a su incorporación en la dieta diaria de las personas. Este auge se debe enormemente al consumo de productos naturales que se ha venido dando alrededor del mundo en los últimos años. Debido a las excelentes condiciones climáticas de Guatemala la siembra de este fruto es un magnífico medio de ingresos para las familias que los cultivan. El principal problema del desarrollo agroindustrial del aguacate es que la actual calidad no cumple más del diez por ciento de los estándares de calidad internacionales, esto se debe a dificultades tecnológicas y de manejo en las plantaciones de cultivo. Otro inconveniente en la producción nacional es que no se da abasto para competir con las importaciones agresivas provenientes de su país vecino, México. Aún con estos problemas la tasa anual de crecimiento en la producción es del diez por ciento como se muestra en la siguiente gráfica. (Falla, 2006)

Gráfica No. 1: Producción de aguacate en Guatemala



(Maga, 2007)

3. Extracción de aceite. Hace más de veinte años que se viene estudiando la extracción del aceite de aguacate por lo que existe una gran cantidad de trabajos sobre los sistemas de extracción y la caracterización del producto obtenido. Debido al auge en el consumo de este preciado aceite se han realizado varios estudios para aumentar la eficiencia de obtención e incrementar la calidad del producto recuperado. Para caracterizarlo se utilizan métodos que van desde pruebas físicas hasta complejos análisis por medio de cromatografía de gases. (Schwartz, 2006)

a. Tipos de extracción. Los sistemas de extracción se pueden clasificar según si el método es físico, químico o una combinación de ambos. El método químico se realiza mediante el método Soxhlet, en el cual un solvente extrae el aceite de interés mediante un equipo de vidrio usado normalmente para la obtención de compuestos lipídicos. El método físico, con mayor popularidad actualmente, es el de prensado en frío. Como su nombre lo indica, se utilizan prensas hidráulicas sobre la pulpa del fruto para lograr extraer el aceite mientras se mantiene una baja temperatura para optimizar el proceso. Por centrifugación se termina de separar el producto final. Hay varios estudios hoy en día sobre el uso de preparados enzimáticos para aumentar la cantidad de aceite de aguacate que se puede recuperar del fruto. (Schwartz, 2006)

b. Caracterización del aceite. El aceite de aguacate es de excelente calidad debido al alto contenido de ácidos grasos insaturados y al bajo contenido de saturados. La variedad Hass es la que presenta mejores propiedades en cuanto a sus ácidos grasos al ser analizados mediante cromatografía de gases. Para aumentar la cantidad de aceite que se puede extraer es necesario que se coseche el aguacate en el momento adecuado y se permita la correcta maduración del mismo. Este aceite posee un alto contenido de ácido oleico por lo que se considera un fruto muy saludable, y debido a sus propiedades también se utiliza como materia prima de cosméticos y de productos medicinales. A continuación se muestra el perfil de ácidos grasos que componen el aceite de aguacate Hass. (Schwartz, 2006)

Tabla No. 2: Perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate

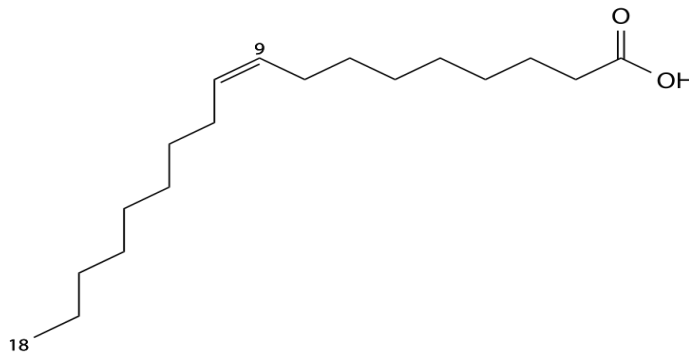
Ácidos grasos	Porcentaje (%)
Ácido oleico	75.12
Ácido linoleico	8.76
Ácido palmítico	8.61
Ácido palmitoleico	1.48
Ácido esteárico	0.70
Ácido linolénico	0.74
Ácido octadecanoico	0.56
Ácido eicosaenoico	0.21
Ácido decaenoico	0.13
Ácido araquico	0.06
Ácido mirístico	0.03
Ácido octodecadienoico	0.04
No identificado	0.13
No identificado	0.10
No identificado	trazas
No identificado	trazas

(Schwartz, 2006)

1) **Ácidos grasos insaturados.** Los ácidos grasos son cadenas largas de átomos de carbono que contienen un grupo carboxílico, más conocidos como ácidos orgánicos. El número de átomos de carbono es siempre par. Los ácidos grasos insaturados siempre poseen uno o más dobles enlaces entre su estructura. Estos suelen tener un menor punto de fusión que los ácidos grasos saturados. Entre los más importantes se encuentran el

ácido oleico, el ácido linoleico y el ácido palmitoleico. El ácido oleico está presente en la mayoría de las grasas naturales, incluyendo el aceite de aguacate, por lo que se muestra a continuación. (Berg, 2008)

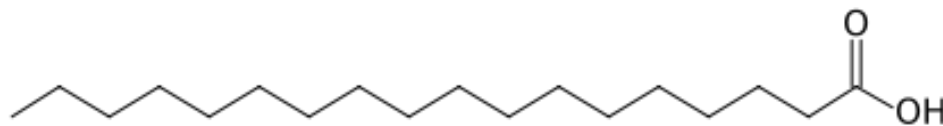
Figura No. 1: Ácido oleico



(Berg, 2008)

2) Ácidos grasos saturados. Su cadena carbonada no presenta dobles enlaces lo que provoca una estructura lineal totalmente extendida. Su punto de fusión es mayor que su homólogo insaturado, por lo que a temperatura ambiente se encuentran en estado sólido. Algunos ejemplos de estos ácidos orgánicos son el ácido palmítico, el ácido mirístico y el ácido esteárico. Éste último es bastante popular como materia prima en el ámbito cosmético, incluyendo la preparación de cremas. (Berg, 2008)

Figura No. 2: Ácido esteárico



(Berg, 2008)

4. Propiedades beneficiosas para la piel. El aguacate es clasificado como uno de los alimentos más sanos y nutritivos debido a la gran cantidad de provechos que proporciona a quien lo consume, entre estos se encuentra la regulación de colesterol. Este fruto también aporta muchos beneficios para la piel ya que contiene grasas de alta calidad, vitaminas y propiedades que favorecen cualquier tipo de cutis. (Whiley, 2002)

El aguacate tiene un alto contenido en vitamina E, lo que ayuda a que sea un excelente antioxidante que favorece la eliminación de radicales libres en la piel. Estos radicales libres causan arrugas, envejecimiento, manchas y pérdida de elasticidad en la piel. Debido a su gran contenido de vitamina D favorece enormemente la formación natural de colágeno en el cutis, éste es una proteína presente en la dermis de la piel que le provee firmeza. (Whiley, 2002)

Una de las propiedades más importantes y sorprendentes del aguacate es la estimulación de los procesos metabólicos de la piel, esto ayuda a regenerar las células rápidamente y cuidar el estado de los tejidos. Este extraordinario fruto posee excelentes propiedades humectantes debido a sus ácidos grasos por lo que es ideal para combatir las arrugas de todo tipo. La aplicación del aguacate es considerada como un excelente tratamiento especialmente para la piel seca. (Whiley, 2002)

B. Cremas

Las cremas son un tipo de cosmético utilizadas primordialmente para el cuidado de la piel, aunque en el mercado actual se encuentran combinadas con tratamientos para ocultar o reparar imperfecciones. Entre los desperfectos tratados se encuentran fundamentalmente las arrugas, las ojeras y el acné. La crema es básicamente una emulsión, este término se definirá más adelante. Este cosmético es aceptado por una enorme cantidad de consumidores, llegando a más del cincuenta por ciento de los cosméticos producidos en el mundo. (Olmo, 1994)

1. Tipos de cremas. En la industria cosmética hay una gran variedad de cremas, aquí se abordaran algunas de ellas. La razón de esta diversidad radica en la técnica que tenga dicha crema para tratar la piel o en la aplicación de la misma. Éstas pueden ser empleadas tanto en el día como en la noche, una característica importante de las diurnas es que poseen una protección contra la luz solar, mientras que las nocturnas aprovechan que el cutis está relajado y recibe con mayor facilidad los nutrientes que se le aplique. (Olmo, 1994)

a. Cremas humectantes. Es muy importante que para brindar a la piel el cuidado y mantenimiento necesario se utilice una crema que le aporte humectación al cutis. Es primordial que estas cremas contengan un adecuado contenido de agua y de aceites naturales para que logren suavizar y eliminar la resequedad de la piel. Son ideales para desaparecer líneas superficiales, arrugas y manchas producidas por la exposición al sol. (Reiger, 2000)

El constante uso de una crema hidratante prolongará la firmeza y elasticidad de la piel, así como la limpieza y suavidad características de un cutis joven. Es aconsejable aplicarla durante la noche debido a que la piel no se comporta de la misma manera durante el transcurso del día, principalmente por lo rayos solares. Una de las razones principales para utilizar este tipo de crema es para humedecer la piel y así aumentar su flexibilidad. (Reiger, 2000)

b. Cremas limpiadoras. Para un buen cuidado de la piel es fundamental eliminar las impurezas de una forma suave y efectiva por lo que se utiliza una crema limpiadora. Al remover esta capa de suciedad será posible que el cutis reciba más fácilmente los nutrientes que tanto necesita. En esta limpieza básicamente se eliminan las células muertas sobre la piel y se da la oportunidad a nuevas células de aparecer lo que provee un aspecto más juvenil y radiante. (Villareal, 2004)

c. **Cremas protectoras.** La piel debe cuidarse de los efectos del clima, de la suciedad y esencialmente contra la radiación del sol, para lo cual es fundamental el uso de una crema protectora. La importancia de este cuidado es que los rayos solares no sólo afectan la superficie del cutis sino que conforme transcurre el tiempo de exposición las capas más internas de la piel se ven afectadas. Los problemas pueden ir desde la formación de arrugas y manchas, hasta causar cáncer de piel. (OSHA, 2000)

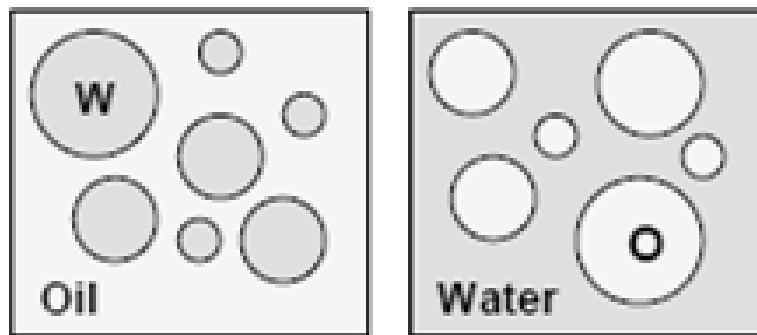
Este tipo de crema se caracteriza por poseer un factor de protección el cual representa la cantidad de tiempo en que se puede estar expuesto al sol sin volverse a aplicar otra capa. En la actualidad la mayoría de éstas poseen determinada resistencia al agua para proteger de mejor manera a quienes realizan deportes acuáticos. (OSHA, 2000)

2. Emulsiones. A la mezcla de líquidos inmiscibles entre sí se le conoce como emulsión, ésta se mantiene relativamente homogénea a través del tiempo. Se compone de una fase continua y una fase dispersa, la primera es quien se encuentra en mayor proporción y la segunda es quien se esparce en la otra en forma de finas gotas. Básicamente una de las fases es acuosa y la otra oleosa. Actualmente es posible la formulación de complejas emulsiones multifase debido al crecimiento de dicha tecnología alrededor del mundo. Las recientes investigaciones abren el camino hacia el desarrollo de mejores equipos que permitirán la fabricación de emulsiones más estables. (Butler, 2000)

Cabe mencionar que las emulsiones son de suma importancia en la industria porque permiten incorporar en un mismo producto sustancias incompatibles. Este proceso se asocia normalmente a la fabricación de cosméticos, pero la aplicación de esta tecnología ha alcanzado nuevas fronteras. La producción de acondicionadores de cabello, antitranspirantes y artículos de aseo personal son algunos ejemplos que han tomado ventaja en años recientes. (Butler, 2000)

a. **Tipos de emulsiones.** La proporción en la que se encuentran la fase continua y dispersa determina el tipo de emulsión con la que se trabaja. En este trabajo se profundizará sobre la emulsión de aceite en agua y la de agua en aceite por ser las más comunes y prácticas, aunque también existen los sistemas de tres fases. Las diferencias entre éstas abarcan desde la apariencia de la mezcla hasta su viscosidad, la elección se hará en base a la consistencia que se desee y al uso que se le dará. (Nielloud, 2000)

Figura No. 3: Tipos de emulsiones



Emulsión O/W

Emulsión W/O

(Nielloud, 2000)

1) **Aceite en agua.** Este tipo de emulsión se da cuando la fase continua es el agua y la fase dispersa es el aceite. Normalmente la proporción está entre un setenta a ochenta por ciento de agua. Por sus singlas en inglés se le conoce también como emulsión O/W donde aceite y agua se traducen como oil y water, respectivamente. (Butler, 2000)

2) **Agua en aceite.** En este sistema la fase continua es el aceite y la fase dispersa es el agua. Esta mezcla se denomina como emulsión W/O, haciendo referencia al idioma inglés. La cantidad de aceite oscila entre sesenta y noventa por ciento en este tipo de emulsión. (Butler, 2000)

b. **Emulsiones inestables.** Debido a que una emulsión consiste básicamente de una fase acuosa y una oleosa, indudablemente puede llegar a separarse si se presentan las condiciones para ello. La separación se lleva a cabo ya que las densidades de estas dos fases son distintas entre sí, la oleosa siempre será la menos densa. Con el transcurrir del tiempo habrá una división en la mezcla si no se toman las medidas necesarias. (Nielloud, 2000)

1) **Cremación.** En una emulsión de aceite en agua la fase dispersa está formada por gotas de aceite con menor densidad que la fase continua acuosa. Esta diferencia de densidades provoca que dichas gotas experimenten una velocidad ascendente, que con el tiempo provocará la formación de una capa rica en aceite sobre la superficie. Este fenómeno se conoce como cremación. (Butler, 2000)

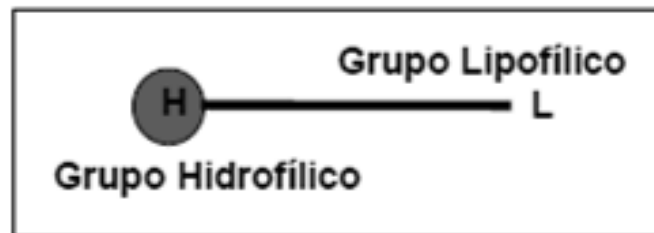
2) **Sedimentación.** Cuando las gotas de agua de la fase dispersa tienden a caer hacia el fondo de la emulsión se le da el nombre de sedimentación. La formación de esta capa acuosa se debe al efecto que tiene la gravedad sobre la sustancia más densa. Se aprecia sobre todo en la emulsión de agua en aceite. (Butler, 2000)

3) **Prevención.** Al lograr cuantificar la velocidad que tienen las partículas de la fase dispersa en la fase continua se alcanza a predecir la facilidad de cremación o sedimentación en determinada emulsión. Para poder lograr una máxima

estabilidad sería necesario minimizar la diferencia entre las densidades de las fases o reducir el tamaño de las partículas de la fase dispersa. Pero la solución más factible sería aumentar la viscosidad de la fase continua para que se le dificulte a las gotas de la otra fase moverse a través de ella. (Butler, 2000)

c. Emulsionantes. Para obtener una correcta emulsión es esencial la presencia de un emulsionante que logre estabilizar la mezcla, normalmente se utiliza un surfactante. Esta molécula es la responsable de prevenir el colapso de las dos fases al reducir la tensión en la interface aceite-agua. Dichos agentes emulsionantes poseen la propiedad de ser afines tanto al aceite (sustancias no polares) como al agua (sustancias polares). La parte de la molécula con afinidad a materiales oleosos se conoce como grupo hidrofílico, mientras que la parte afín a materiales acuosos se denomina grupo lipofílico. (Nielloud, 2000)

Figura No. 4: Esquema de un surfactante



(Nielloud, 2000)

El agente emulsionante que se utilice debe de ser más soluble en la fase continua ya que se busca ser adsorbido alrededor de las gotas dispersas para formar una película y evitar así, una emulsión inestable. También debe tender a migrar hacia la interface. El surfactante debe de ser económico y ser capaz de estabilizar una emulsión con poca cantidad. Es de suma importancia que no sea tóxico ni irritante al contacto con la piel. (Reiger, 2000)

Tabla No. 3: Tipos de emulsionantes más comunes en emulsiones cosméticas

Surfactantes		Ejemplos	
Sintéticos	Aniónicos	Ácidos carboxílicos	Jabones (laurato de potasio)
		Ésteres de ácido carboxílico	Lactilatos, alquil carboxilatos
		Ésteres de ácido sulfúrico	Alquil sulfatos, monoglicéridos sulfatados
		Ácidos sulfónicos	Ésteres sulfosuccinato
		Amidas de aminoácido	Péptido acilado
	Catiónicos	Aminas Cuaternarias	Sal tetralquil amonio
	Anfóteros	Fosfatos	Fosfolípidos
		Derivados amino	N-alqui aminoácido, alquilaminas
	No iónicos	Alcoholes	Alcoholes grasos
		Éteres	Éteres alcohólicos grasos de polieoxietileno
		Ésteres	Ésteres de ácidos grasos de sorbitán
	Polímeros	Polímeros	Derivados de siliconas
	Naturales	Coloides hidrófilos	Acacia, gelatina, lecitina, colesterol
Arcillas coloidales		Bentonita, veegum	
Hidróxidos metálicos		Hidróxido de magnesio	

(Villareal, 2004)

1) **Surfactante iónico.** Estos surfactantes pueden ser divididos mediante la carga iónica que posea la molécula en su parte superficialmente activa. Pueden ser aniónicos o catiónicos. (Salager, 2002)

a) **Surfactante aniónico.** Son aquellos que se disocian en un anión anfílico y en un catión que puede ser un metal alcalino o un amonio cuaternario. El término anfílico denota que una sustancia posee una dualidad polar-apolar. Representan el 55% de todos los surfactantes producidos en el mundo. En este grupo se encuentran los detergentes sintéticos. (Salager, 2002)

b) **Surfactante catiónico.** Estos surfactantes se disocian en un catión orgánico anfílico y en un anión halogenuro normalmente. Su uso es reducido debido al costo alto de producción. En su mayoría son nitrogenados, ya se compuestos de tipo amina o amino cuaternarios. (Salager, 2002)

2) **Surfactante no iónico.** No se disocian en iones hidratados en medios acuosos, esta propiedad se debe a que poseen grupos hidrófilos del tipo alcohol, amida, éter o fenol. A nivel mundial se encuentran entre el 40% en importancia. (Salager, 2002)

3) **Surfactante anfótero.** Este tipo de surfactante se caracteriza porque en la misma molécula se encuentran dos grupos, uno aniónico y otro catiónico. Estos agentes varían de acuerdo al pH en el que se encuentren, pueden ser aniónicos a pH alto y catiónicos a pH bajo. Aunque algunos anfóteros no cambian con el pH. Su uso se limita a casos particulares. Entre ellos se encuentran los aminoácidos, las betaínas y los Fosfolípidos. (Villareal, 2004)

4) **Surfactante polimérico.** Surgió hace un par de décadas, su popularidad en la industria ha ido en aumento en los últimos años. Se producen al polimerizar estructuras del tipo hidrofílicas o lipofílicas, puede ser en bloques o por injertos. El uso más común para estos es en la deshidratación de petróleo. (Villareal, 2004)

III. JUSTIFICACIÓN

Debido a que el aceite de aguacate Hass posee propiedades tan beneficiosas para la piel se puede utilizar como ingrediente principal de una crema humectante. Además, se podría ocupar un lugar favorable en el mercado de productos cosméticos ya que en Guatemala no existe en la actualidad una empresa dedicada a la elaboración de crema humectante con aceite de aguacate. Con una formulación adecuada de este producto se puede diseñar una línea de producción que la fabrique en Guatemala y analizar su factibilidad económica.

IV. OBJETIVOS

A. General

1. Determinar la formulación adecuada para una crema humectante utilizando aceite de aguacate Hass.
2. Diseñar una línea de producción para la fabricación de una crema humectante y analizar su factibilidad económica.

B. Específicos

1. Desarrollar y fabricar una crema humectante utilizando aceite de aguacate Hass como uno de los ingredientes principales.
2. Determinar la formulación adecuada para la crema humectante al variar las proporciones de los ingredientes.
3. Diseñar una línea de producción para la fabricación de una crema humectante utilizando aceite de aguacate Hass.
4. Determinar la factibilidad económica de la línea de producción.

V. PROBLEMA A RESOLVER

En la industria guatemalteca no existe ninguna empresa que elabore una crema humectante con aceite de aguacate. Para lograr esta labor se hará la búsqueda de una formulación adecuada en donde el aceite de aguacate Hass será el factor vital.

Se diseñará una línea de producción a partir de la fórmula de crema humectante encontrada y mediante un análisis se determinará si es económicamente factible el montaje de la misma en Guatemala. Este estudio económico se basará en los costos de inversión del equipo y de producción, así como en los ingresos de venta.

VI. METODOLOGÍA

A. Trabajo de investigación

Se realizó una revisión bibliográfica sobre los temas más relevantes para la realización de este trabajo de graduación, los cuales son nombrados a continuación:

1. Importancia socioeconómica del cultivo de aguacate en Guatemala.
2. Extracción del aceite de aguacate y su respectiva caracterización.
3. Propiedades beneficiosas para la piel que provee el aceite de aguacate.
4. Tipos de cremas en el mercado.
5. Emulsiones y su clasificación.
6. Tipos de emulsionantes utilizados.

B. Diseño experimental

1. Se debe fundir en un recipiente los componentes grasos a una temperatura aproximada de 70 °C. Estos componentes son el ácido esteárico, la vaselina y el aceite de aguacate Hass.
2. En otro recipiente se calienta el agua destilada junto con la trietanolamina y la glicerina alrededor de 60 °C.
3. Luego se vierte la fase acuosa dentro del recipiente con componentes grasos y se agita continuamente hasta su emulsión.

4. Cuando la mezcla alcance los 40 °C se agrega el conservador y la esencia mientras se agita vigorosamente.
5. Al estar homogénea la mezcla ya se puede almacenar en el recipiente de material PET, previamente esterilizado.

Se realizaron distintas formulaciones de la crema variando tanto la cantidad de aceite de aguacate a utilizar como el porcentaje de agua que llevará la mezcla. Mediante pruebas físicas y organolépticas se determinó la formulación adecuada de la crema que se manejará en la línea de producción. Se analizó el aspecto, la consistencia, el color, el pH, el olor y si hubo separación entre las fases o no.

C. Diseño y dimensionamiento de equipo

1. Determinar la capacidad de la línea de producción.
2. Elaborar un diagrama de flujo del proceso de fabricación.
3. Realizar un balance de materia y de energía.
4. Dimensionar el equipo requerido para la línea de producción.

D. Análisis de la factibilidad económica

1. Costo de la línea de producción
 - a. Equipo requerido
 - b. Montaje
 - c. Impuestos

2. Costo de producción de la crema

- a. Materia prima
- b. Empaque
- c. Salarios
- d. Operación y mantenimiento

3. Flujo de caja

4. Tasa interna de retorno

VII. RESULTADOS

A. Formulación

Tabla No. 4
Formulación para un lote de 300 kg

Materia prima	Masa (kg)
Acido esteárico	39.25
Aceite de aguacate	4.91
Trietanolamina	16.85
Vaselina líquida	44.15
Glicerina	67.37
Conservante	0.46
Agua destilada	168.42
Esencia	5.98

B. Características de presentación y volumen de venta

Tabla No. 5
Características de presentación

Presentación	200 gramos
Precio de venta	Q 45.00
Unidades vendidas al año	360,000

C. Diseño del proceso para la línea de producción de crema humectante

La Figura No. 5 (página número 23) es el diagrama de flujo para la línea de producción de crema humectante donde se muestra detalladamente el equipo utilizado y las corrientes para cada etapa del proceso. En la Tabla No. 6 (página número 24) se identifica cada uno de los equipos utilizados.

Figura No. 5: Diagrama de flujo de la línea de producción de crema humectante

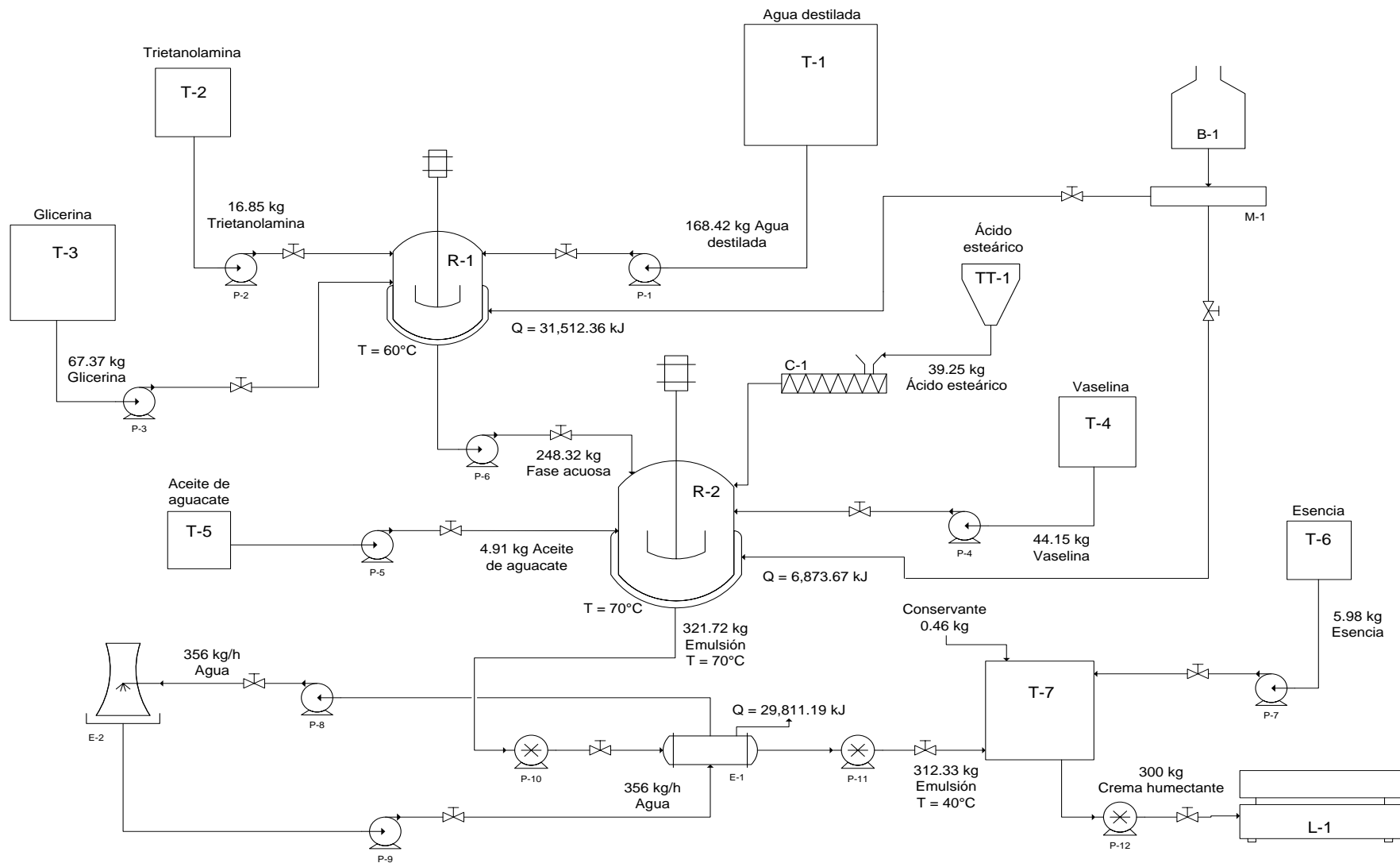


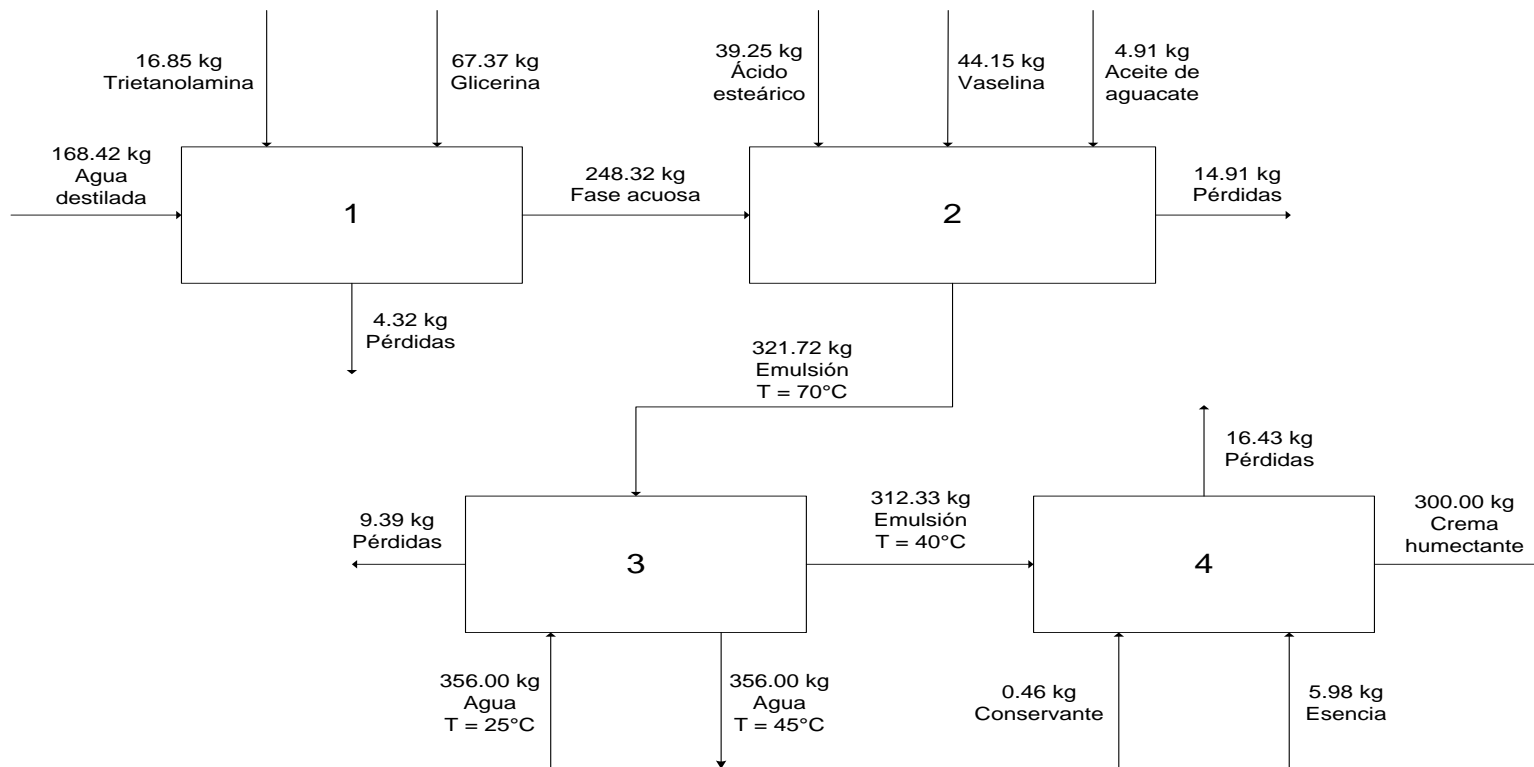
Tabla No. 6**Identificación de los equipos representados en el diagrama de flujo de la línea de producción de crema humectante**

Símbolo	Identificación
T-1	Tanque de almacenamiento del agua destilada
T-2	Tanque de almacenamiento de la trietanolamina
T-3	Tanque de almacenamiento de la glicerina
T-4	Tanque de almacenamiento de la vaselina
T-5	Tanque de almacenamiento del aceite de aguacate
T-6	Tanque de almacenamiento de la esencia
T-7	Tanque de mezclado de la crema humectante
TT-1	Tolva de alimentación del ácido esteárico
C-1	Tornillo de alimentación del ácido esteárico
R-1	Reactor para la fase acuosa
R-2	Reactor para la fase oleosa y la emulsión
E-1	Intercambiador de calor de concha y tubos
B-1	Caldera pirotubular de 15 BHP
M-1	Manifold para el vapor de la caldera
L-1	Máquina envasadora
E-2	Torre de enfriamiento
P-1	Bomba centrífuga para el agua destilada
P-2	Bomba centrífuga para la trietanolamina
P-3	Bomba centrífuga para la glicerina
P-4	Bomba centrífuga para la vaselina
P-5	Bomba centrífuga para el aceite de aguacate
P-6	Bomba centrífuga para la fase acuosa
P-7	Bomba centrífuga para la esencia
P-8	Bomba centrífuga para el agua del intercambiador
P-9	Bomba centrífuga para el agua de la torre
P-10	Bomba de lóbulos para la emulsión @70°C
P-11	Bomba de lóbulos para la emulsión @40°C
P-12	Bomba de lóbulos para la crema humectante

D. Balance de masa de la línea de producción de crema humectante

La siguiente figura es el diagrama del balance de masa para la línea de producción de crema humectante en donde se identifican las corrientes de entrada y de salida para cada una de las etapas del proceso.

Figura No. 6: Diagrama del balance de masa para la línea de producción de crema humectante



E. Balance de energía de la línea de producción de crema humectante

La tabla siguiente muestra el balance de energía realizado para cada etapa del proceso que conlleva la línea de producción.

Tabla No. 7

Calor requerido o retirado para cada etapa del proceso

Etapa	Calor (kJ)
Obtención de fase acuosa	31,512.36
Obtención de fase oleosa	6,873.67
Intercambiador de concha y tubos	29,811.19

F. Dimensionamiento del equipo necesario para la línea de producción de crema humectante

Las características y dimensiones de los equipos que se diseñaron para el proceso de fabricación de la crema humectante en la línea de producción se muestran a continuación.

Tabla No. 8

Tanque para el almacenamiento del agua destilada


Código	T-1	
Tiempo de abastecimiento	2 semanas	
Factor de seguridad	1.25	
Volumen del tanque	1.69 m ³	
Altura del tanque	1.61 m	
Diámetro del tanque	1.61 m	
Material del tanque	Acero inoxidable 316	

Tabla No. 9**Tanque para el almacenamiento de la trietanolamina**


Código	T-2	
Tiempo de abastecimiento	2 semanas	
Factor de seguridad	1.25	
Volumen del tanque	0.15 m ³	
Altura del tanque	0.72 m	
Diámetro del tanque	0.72 m	
Material del tanque	Acero inoxidable 316	

Tabla No. 10**Tanque para el almacenamiento de la glicerina**


Código	T-3	
Tiempo de abastecimiento	2 semanas	
Factor de seguridad	1.25	
Volumen del tanque	0.53 m ³	
Altura del tanque	1.10 m	
Diámetro del tanque	1.10 m	
Material del tanque	Acero inoxidable 316	

Tabla No. 11**Tanque para el almacenamiento de la vaselina**


Código	T-4	
Tiempo de abastecimiento	2 semanas	
Factor de seguridad	1.25	
Volumen del tanque	0.52 m ³	
Altura del tanque	1.09 m	
Diámetro del tanque	1.09 m	
Material del tanque	Acero inoxidable 316	

Tabla No. 12**Tanque para el almacenamiento del aceite de aguacate**


Código	T-5	
Tiempo de abastecimiento	2 semanas	
Factor de seguridad	1.25	
Volumen del tanque	0.05 m ³	
Altura del tanque	0.51 m	
Diámetro del tanque	0.51 m	
Material del tanque	Acero inoxidable 316	

Tabla No. 13**Tanque para el almacenamiento de la esencia**


Código	T-6	
Tiempo de abastecimiento	2 semanas	
Factor de seguridad	1.25	
Volumen del tanque	0.07 m ³	
Altura del tanque	0.57 m	
Diámetro del tanque	0.57 m	
Material del tanque	Acero inoxidable 316	

Tabla No. 14**Tolva de alimentación del ácido esteárico**

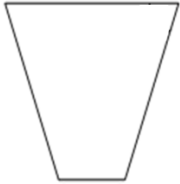
Código	TT-1	
Ángulo de reposo	50°	
Diámetro de entrada a la tolva	1.8 m	
Altura de la tolva	0.98 m	
Diámetro de salida de la tolva	0.15 m	
Material de la tolva	Acero inoxidable 316	

Tabla No. 15
Tornillo de alimentación del ácido esteárico

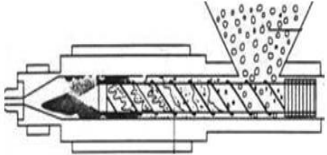
Código	C-1		
Tamaño de la carga	39.25 kg		
Porcentaje ocupado por el sólido	45 %		
Tiempo de dosificación	0.5 h		
Flujo volumétrico a dosificar	0.93 m ³ /h		
Diámetro nominal	10 in	0.25 m	
Diámetro de paletas	9 in	0.23 m	
Diámetro del eje	2.5 in	0.06 m	
Largo del tornillo	8 ft	2.44 m	
Diámetro de la sección de alimentación	6 in	0.15 m	
Velocidad de rotación	40 rpm		
Potencia del motor	0.75 kW (1 hp)		
Material del tornillo	Acero inoxidable 316		

Tabla No. 16
Intercambiador de concha y tubos para enfriar la emulsión

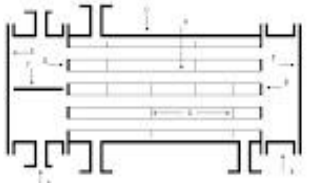
Código	E-1		
Flujo de calor	29,811.19 kJ/h		
Flujo másico de emulsión	322.49 kg/h		
Flujo másico de agua	356 kg/h		
Flujo volumétrico de agua	0.36 m ³ /h		
Temperatura de entrada de la emulsión	70 °C		
Temperatura de salida de la emulsión	40 °C		
Temperatura de entrada del agua	25 °C		
Temperatura de salida del agua	45 °C		
Arreglo de tubos	Triangular		
Número de pasos	2		
BWG	18		
Área de transferencia de calor	1.71 m ²		
Flujo en los tubos	Emulsión		
Flujo en la coraza	Agua		

Tabla No. 17
Tanque de mezclado de la crema humectante

Código	T-7	
Factor de seguridad	1.25	
Volumen del tanque	0.78 m ³	
Altura del tanque	1.25 m	
Diámetro del tanque	1.25 m	
Diámetro del agitador	0.42 m	
Ancho del rodete	0.08 m	
Largo del rodete	0.10 m	
Distancia entre el fondo y el agitador	0.42 m	
Ancho de las placas deflectoras	0.10 m	
Velocidad del agitador	75 RPM	
Potencia requerida en el agitador	3.73 kW (5 hp)	
Material del tanque	Acero inoxidable 316	

Tabla No. 18
Reactor para la fase acuosa

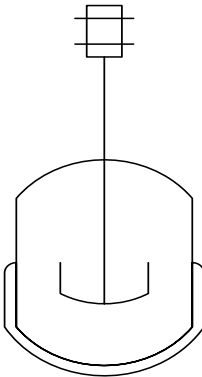
Código	R-1	
Volumen del reactor	0.24 m ³	
Altura del reactor	1.03 m	
Diámetro del reactor	0.67 m	
Altura del líquido	0.87 m	
Altura de la sección cilíndrica	0.70 m	
Altura de cada cabeza elipsoidal	0.17 m	
Diámetro del agitador	0.22 m	
Ancho del rodete	0.04 m	
Largo del rodete	0.06 m	
Distancia entre el fondo y el agitador	0.22 m	
Ancho de las placas deflectoras	0.06 m	
Velocidad del agitador	45 RPM	
Potencia requerida en el agitador	1.12 kW (1.5 hp)	
Área total de calentamiento	0.88 m ²	
Flujo de calor máximo	94,537.08 kJ/h	
Material del reactor	Acero inoxidable 316	

Tabla No. 19**Máquina envasadora de la crema humectante**

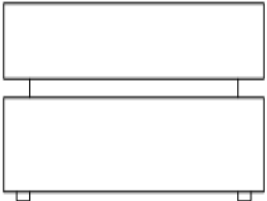
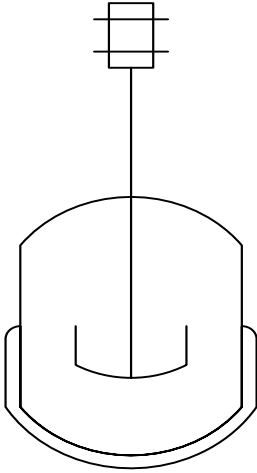
Marca	Crandall International	
Modelo	CIPP	
Capacidad de envasado	20 envases por minuto	
Tipo de envase	Envases de 10 mL hasta 1100 mL Pistones intercambiables	
Tipo de productos	Llenado de productos viscosos y semiviscosos	
Precisión	1% del volumen designado	
Mantenimiento	Frecuente	
Servicios	Aire comprimido 500 kPa	
Consumo de energía	0.75 kW	
Fuente de energía	60 Hz - 220 V	
Material de construcción	Acero inoxidable 304	

Tabla No. 20**Reactor para la fase oleosa y la emulsión**

Código	R-2	
Volumen del reactor	0.74 m ³	
Altura del reactor	1.51 m	
Diámetro del reactor	0.98 m	
Altura del líquido	1.27 m	
Altura de la sección cilíndrica	1.02 m	
Altura de cada cabeza elipsoidal	0.25 m	
Diámetro del agitador	0.33 m	
Ancho del rodete	0.07 m	
Largo del rodete	0.08 m	
Distancia entre el fondo y el agitador	0.33 m	
Ancho de las placas deflectoras	0.08 m	
Velocidad del agitador	75 RPM	
Potencia requerida en el agitador	3.73 kW (5 hp)	
Área total de calentamiento	0.15 m ²	
Flujo de calor máximo	20,621.01 kJ/h	
Material del reactor	Acero inoxidable 316	

G. Análisis económico de la línea de producción

La tabla siguiente muestra el análisis económico que se realizó para la línea de producción de crema humectante. El estudio se realizó de acuerdo a un plazo de diez años donde se calculó la tasa interna de retorno (TIR) y el tiempo de recuperación de la inversión inicial.

Tabla No. 21

Análisis económico de la línea de producción

Inversión inicial	Q 8,585,828.40
TIR	65%
Tiempo de recuperación	1 año 7 meses
VAN	Q 41,295,807.29

VIII. DISCUSIÓN

En el presente trabajo de graduación se evaluó la factibilidad de producir una crema humectante con aceite de aguacate Hass mediante formulaciones a nivel laboratorio, para este proceso se diseñó una línea de producción. Se determinó la factibilidad económica de este proyecto mediante un flujo de caja para evaluar la tasa interna de retorno y el tiempo de recuperación de la inversión inicial.

Debido a que el aceite de aguacate Hass posee propiedades tan beneficiosas para la piel se puede utilizar como ingrediente principal de una crema humectante. Esto se debe a que el fruto contiene grasas de alta calidad, vitaminas y propiedades que favorecen cualquier tipo de cutis. El aguacate tiene un alto contenido en vitamina E que ayuda a eliminar los radicales libres en la piel y debido a su gran contenido de vitamina D favorece la formación natural de colágeno. Una de las propiedades más importantes y sorprendentes del aguacate es la estimulación de los procesos metabólicos de la piel, esto ayuda a regenerar las células rápidamente y cuidar el estado de los tejidos. El aceite de aguacate Hass se compra directamente a una empresa chilena que lo distribuye en Guatemala.

La formulación final de la crema humectante se observa en la Tabla No. 4 (página número 21) en la sección de resultados. Para obtener dicha formulación se realizó una serie de pruebas experimentales para encontrar la más adecuada. La primera fase consistió en determinar la cantidad de aceite de aguacate necesaria para obtener una crema de buena consistencia y aplicación uniforme sobre la piel. Además, la formulación debe permanecer en un rango de pH entre seis y ocho para evitar cualquier irritación en la piel. De la fórmula base se modificó el porcentaje de los componentes grasos para determinar la cantidad adecuada que debía agregarse de aceite y en qué proporción debía variarse el ácido esteárico o la vaselina líquida. Se obtuvo mediante las pruebas que la formulación número cuatro, mostrada en la Tabla No. 24 (página número 47) en anexos, cumple con los requisitos deseados al mantener sin cambios la cantidad de ácido esteárico y disminuyendo en un diez por ciento la vaselina.

La segunda fase de la experimentación consistió en reducir el porcentaje de agua destilada de la formulación seleccionada en la fase anterior. El objetivo es encontrar la formulación que posea una consistencia adecuada para una crema humectante, que no sea una loción ni una pomada. Las pruebas realizadas fueron las mismas de la primera fase. La formulación número ocho cumple con los requisitos deseados, ésta se observa en la Tabla No. 25 (página número 48) en la sección de anexos.

Es importante mencionar que la crema humectante desarrollada se esparce uniformemente sobre la piel sin dejar una capa grasosa. La consistencia lograda es la adecuada, el aspecto visual es el correcto y el aroma obtenido es bastante agradable. Luego de la fabricación se realizaron pruebas de estabilidad para verificar que las características de la crema se mantuvieran igual y que no hubiera separación de la emulsión al transcurrir el tiempo. Estas pruebas se realizaron durante cuatro meses comprobando que la estabilidad es excelente.

La crema humectante que se formuló es una emulsión del tipo aceite en agua debido a que la fase acuosa es la que se encuentra en mayor proporción, alrededor del setenta por ciento. En esta fase se encuentra el agua destilada que proporciona la base de la crema, la glicerina y la trietanolamina. La glicerina tiene la propiedad de suavizar la piel por lo que se utiliza comúnmente en productos cosméticos. La trietanolamina es un emulsionante de tipo amina que logra emulsionar las dos fases. En la fase oleosa se encuentra el ácido esteárico, la vaselina y el aceite de aguacate. El ácido esteárico es una grasa saturada que provee dureza a la crema y proporciona protección al aplicarse sobre la piel. La vaselina es una grasa insaturada con propiedades humectantes que alivia la sequedad del cutis.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la fase experimental se propone una línea de producción tipo batch (por lotes) para la producción de la crema humectante con aceite de aguacate Hass. Para todo el equipo diseñado se seleccionó el acero inoxidable 316 como material de construcción debido a que se trabaja con productos cosméticos. Este material asegura la durabilidad del equipo, previene la corrosión y garantiza la calidad del producto

que se trabaje. Estas características del acero inoxidable se pueden encontrar en las normas ASTM, específicamente en la A217 / A217M-11, en donde se detalla la composición química del acero y se mencionan las aplicaciones recomendadas del mismo.

El proceso de producción se puede dividir en cinco etapas generales. La primera etapa consiste en la formación de la fase acuosa al mezclar en el primer reactor el agua destilada, la glicerina y la trietanolamina. La segunda es la formación de la fase oleosa que se lleva a cabo en el segundo reactor, aquí se mezclan el ácido esteárico, la vaselina y el aceite de aguacate. En la siguiente etapa se crea la emulsión al ingresar y mezclar la fase acuosa en el reactor de la fase oleosa. La cuarta etapa se basa en disminuir la temperatura de la emulsión mediante un intercambiador de calor. La quinta y última etapa consiste en agregar el conservante y la esencia de relajación para terminar la fabricación de la crema humectante.

La línea de producción se puede observar a detalle en la Figura No. 5 (página número 22) en la sección de resultados. Se puede apreciar cada uno de los equipos necesarios para llevar a cabo el proceso de producción y los flujos másicos y energéticos de cada etapa. En el balance de masa mostrado en la Figura No. 6 (página número 24) se puede analizar con más detalle las corrientes de entrada y de salida en cada fase del proceso. De igual manera, en la Tabla No. 7 (página número 25) se observa los flujos de calor que son necesarios agregar o retirar a lo largo de la producción de la crema humectante.

Para la realización del proceso son necesarios seis tanques de almacenamiento de materia prima utilizada en la fabricación del producto. Todos ellos son tanques cilíndricos verticales cerrados para evitar la contaminación y están fabricados de acero inoxidable 316. Cada uno de ellos fue diseñado para poder almacenar suficiente cantidad de reactivo para diez días de producción. Se utilizó un factor de seguridad de 1.25 para su dimensionamiento, es decir que pueden contener 25% más del volumen requerido. En el proceso también se utiliza un tanque de mezclado en donde se añade el conservante y la esencia en la emulsión para dar lugar al producto final. Éste último posee las mismas características de construcción y dimensionamiento anteriormente mencionadas.

Para ingresar el ácido esteárico al segundo reactor se utilizará un alimentador de tornillo que permitirá la dosificación de material y lo protegerá al mismo tiempo. El tiempo de dosificación es de media hora y el largo del tornillo es aproximadamente de dos metros y medio. La velocidad de rotación del alimentador es de cuarenta revoluciones por minuto y necesitará un motor de un caballo de potencia. El ácido esteárico estará almacenado en una tolva de dosificación con forma cónica y con un ángulo de cincuenta por ciento para evitar la acumulación del sólido. Ambos equipos están fabricados de acero inoxidable 316.

A lo largo del proceso se utilizan dos reactores diseñados con dos cabezas elipsoidales, una inferior y otra superior. El material dentro del reactor no ocupará más del 75% del volumen debido a factores de seguridad. Debe de existir una buena agitación para tener una mezcla adecuada de los componentes. En ambos se utiliza una turbina de seis aspas rectas con características estándar. El reactor de la fase acuosa posee un motor de un caballo y medio de potencia y el de la fase oleosa es de cinco caballos de potencia. Los dos equipos poseen una chaqueta de calentamiento con su respectiva área de transferencia de calor. El primero debe alcanzar una temperatura de sesenta grados centígrados y el segundo, una de setenta grados centígrados.

Es necesario utilizar un intercambiador de calor de concha y tubos para enfriar la emulsión proveniente del segundo reactor. Está diseñado para reducir la temperatura de la emulsión de setenta a cuarenta grados centígrados en un proceso a contracorriente con dos pasos en los tubos y uno en la coraza. Se utilizará un arreglo triangular para los tubos de cobre. El flujo en el interior de los tubos es la emulsión y en la coraza es el agua. El flujo de agua utilizado es de aproximadamente trescientos sesenta kilogramos por hora, el cual se enfriará mediante una torre de enfriamiento.

Anualmente se estará vendiendo 360,000 cremas humectantes a un precio de venta de Q45.00 para competir con productos similares y alcanzar el mercado objetivo. La cantidad de producto que se venderá se estimó mediante un análisis de mercado y con el estudio de la producción de las empresas competentes. En la Figura No. 6 (página número 42) se

muestra la encuesta realizada al mercado objetivo, con la cual se logró conocer las características del producto final que desea el consumidor. Entre las preferencias que se analizaron se encuentra el aroma y el color de la crema humectante. El material y la presentación del envase también fueron parte del estudio.

El flujo de caja de la línea de producción se proyectó a diez años y se puede apreciar en las Tablas No. 39 y 40 (páginas número 90 y 91). Los costos fijos y variables se detallan en la sección de anexos, y se toma un aumento de uno punto cinco por ciento anual entre ambos. De igual manera, las ventas presentan un estimado de dos por ciento anual de tasa de crecimiento. Para el cálculo del impuesto sobre la renta (ISR) se tomó un cinco por ciento de los ingresos ya que de esta manera se optimiza el pago del mismo. Es importante mencionar que la depreciación del equipo se trabajó con el sistema modificado acelerado de recuperación de costos (SMARC) para un tiempo de seis años.

Por último, en la Tabla No. 21 (página número 31) se puede observar el análisis económico de la línea de producción de la crema humectante. La inversión inicial de este proyecto es de Q8,585,828.40 lo que incluye la compra y montaje del equipo necesario. El tiempo de recuperación de esta inversión es de un año y siete meses, bastante aceptable para una empresa de cosméticos. La tasa de interna de retorno obtenida es del 65%, lo que demuestra la factibilidad económica del proyecto y hace atractiva la inversión.

IX. CONCLUSIONES

1. Se fabricó una crema humectante utilizando aceite de aguacate Hass de forma experimental.
2. La fórmula utilizada para producir un lote de 300 kg de crema humectante con aceite de aguacate Hass es la siguiente: 168.42 kg de agua destilada, 16.85 kg de trietanolamina, 67.37 kg de glicerina, 39.25 kg de ácido esteárico, 44.15 kg de vaselina, 4.91 kg de aceite de aguacate, 0.46 kg de conservante y 5.98 kg de esencia.
3. El análisis de mercado demostró que la crema humectante se prefiere que sea de color blanco con un aroma relajante de intensidad media y que el recipiente sea de material PET en presentación de 200 gramos.
4. La inversión para montar y operar la línea de producción de crema humectante en Guatemala será de Q8,585,828.40
5. El tiempo de recuperación de la inversión es de un año y siete meses, haciendo bastante atractivo el proyecto.
6. La tasa interna de retorno (TIR) obtenida para la línea de producción es de 65%, indicando que el proyecto es económicamente factible.

X. RECOMENDACIONES

1. La estrategia publicitaria para la crema humectante se recomienda que sea por radio, revistas, televisión y utilizando redes sociales para alcanzar el mercado objetivo. La venta del producto se hará en los supermercados y tiendas especializadas.
2. La línea de producción diseñada se puede adaptar para utilizar otros productos naturales que posean distintos beneficios para la piel y así diversificar la producción.
3. La crema humectante se puede producir en distintas presentaciones y con distinto aroma para crear una gama de productos y expandir el mercado.
4. Los planos de la línea de producción se recomiendan hacer al momento de conocer el área física donde se montará.
5. Al momento de estar operando la línea de producción se debe realizar análisis de control de calidad y de microbiología a todos los lotes producidos antes de despacharlos al mercado.
6. La producción de crema humectante es recomendable que se analice mediante un análisis de impacto ambiental para determinar mejoras en el proceso.

XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Berg, Jeremy; et al. 2008. *Bioquímica*. Barcelona, España. Editorial Reverté. 1026 páginas.
2. Butler, Hilda. 2000. *Poucher's Perfumes, Cosmetics and Soaps*. Décima edición. Gran Bretaña, Inglaterra. Kluwer Academic Publishers. 782 páginas.
3. Couper, James; et. al. 2010. *Chemical Process Equipment*. Segunda edición. Estados Unidos. Butterworth-Heinemann publications. 811 páginas.
4. Falla, Cecilia. 2006. *Caracterización física del fruto de aguacate (Persea americana Mill var. Hass) para determinar punto óptimo de cosecha y calidad en el campo*. Guatemala. Tesis Universidad del Valle de Guatemala. 30 páginas.
5. Maga. 2007. *Aguacate Persea americana, Programa de apoyo a los agronegocios*. Guatemala. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (Maga). 27 páginas.
6. Nielloud, Francoise y Marti-Mestres, Gilberte. 2000. *Pharmaceutical emulsions and suspensions*. Nueva York, Estados Unidos. Marcel Dekker, Inc. 637 páginas.
7. Olmo, Alicia. 1994. *El libro blanco de la belleza*. Madrid, España. Alianza Editorial S.A. 368 páginas.
8. OSHA, Administración de Seguridad y Salud Ocupacionales. 2000. *Protéjase contra los rayos dañinos del sol*. Estados Unidos. Última revisión: 5 de Mayo de 2012. En línea [<http://www.osha.gov/Publications/OSHA3168/osha3168.html>].

9. Perry, Robert; et. al. 2001. *Manual del Ingeniero Químico*. Sexta edición. México. McGraw Hill. 2735 páginas.
10. Reiger, Martin. 2000. *Harry's Cosmetology*. Octava edición. Nueva York, Estados Unidos. Chemical Publishing Company, Inc. 819 páginas.
11. Salager, Jean-Louis. 2002. *Surfactantes, tipos y usos*. Mérida, Venezuela. Universidad de Los Andes. 53 páginas.
12. Schwartz, Michael. 2006. *Mejoramiento del rendimiento de extracción del aceite de palta (aguacate)*. Chile. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 8 páginas.
13. Téniz, Daniel y Mora, Antonio. 2007. *El aguacate y su manejo integrado*. Segunda edición. México. Mundi-Prensa. 321 páginas.
14. Villareal, Angélica. 2004. *Formulación de una nanoemulsión dermocosmética, nutritiva y regeneradora de la piel*. Mérida, Venezuela. Tesis Universidad de Los Andes. 126 páginas.
15. Whiley, Antony; et al. 2002. *The avocado: botany, production and uses*. Reino Unido. CABI publishing. 416 páginas.

XII. ANEXOS

ANEXO A

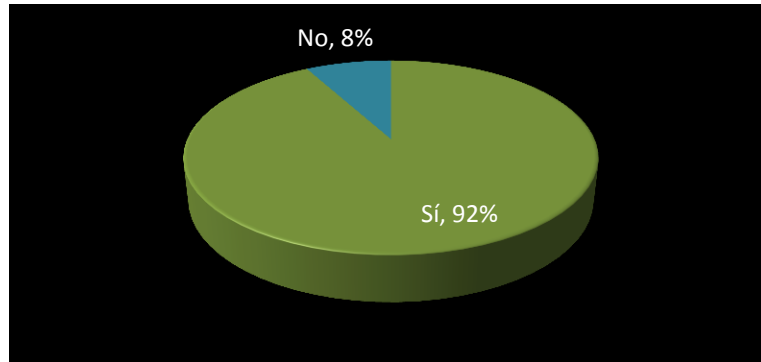
Análisis de mercado

La crema humectante está dirigida a un sector socioeconómico de nivel medio para el sexo femenino, pero para conocer sus preferencias se realizó una encuesta a cien mujeres de distintas edades. La información recabada servirá para determinar el nivel de aceptación y las características del producto final que desea el consumidor.

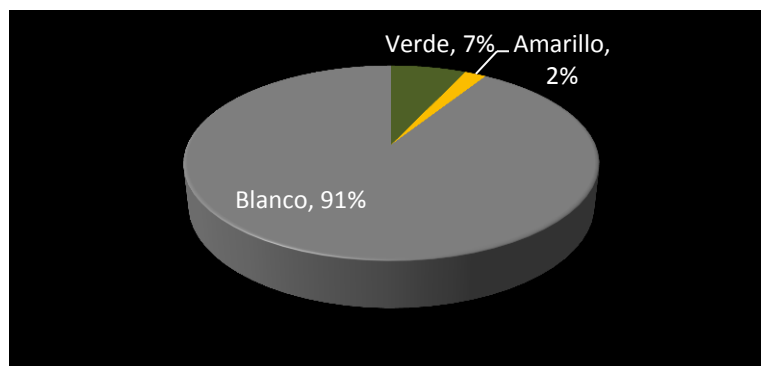
Figura No. 6: Encuesta

1. ¿Estaría dispuesta a comprar una crema humectante con aceite de aguate Hass? Se destaca que este fruto provee bastantes beneficios para la piel.
 - Sí
 - No
2. ¿Qué color prefiere para esta crema?
 - Verde
 - Amarillo
 - Blanco
3. ¿Qué intensidad de aroma prefiere para la crema?
 - Bastante
 - Media
 - Baja
4. ¿Qué tipo de aroma prefiere para la crema?
 - Frutal
 - Dulce
 - Relajante
5. ¿Qué material de envase prefiere para la crema?
 - PET
 - Vidrio
6. ¿Qué presentación prefiere para el envase de la crema?
 - 100 gramos
 - 200 gramos

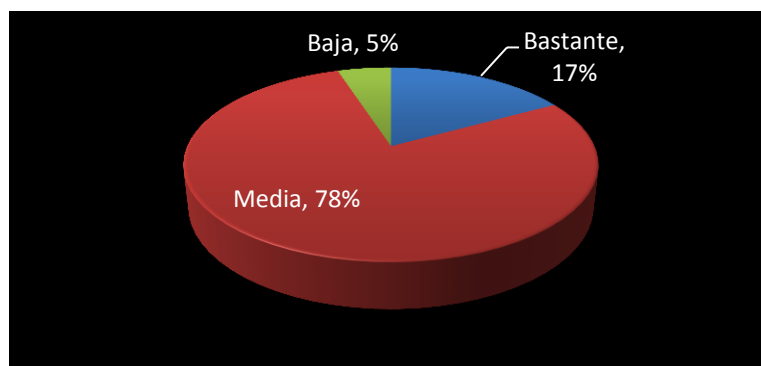
Gráfica No. 2: Disponibilidad de compra



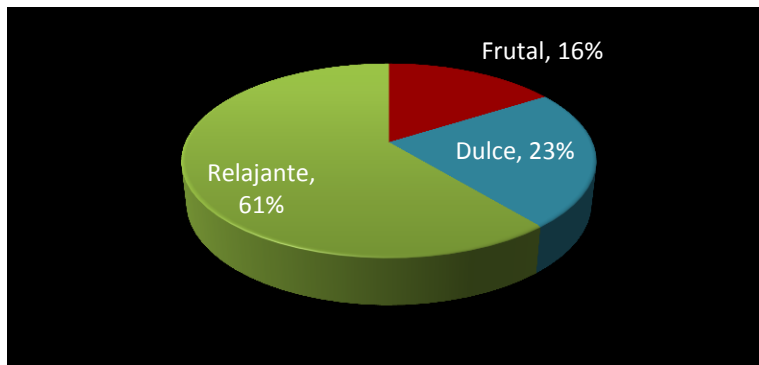
Gráfica No. 3: Color de la crema



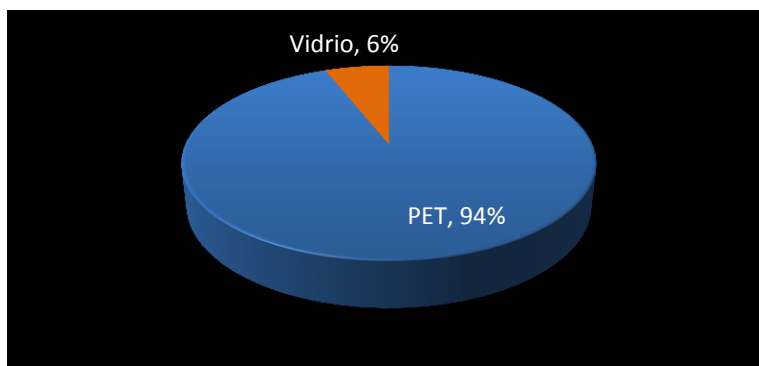
Gráfica No. 4: Intensidad del aroma



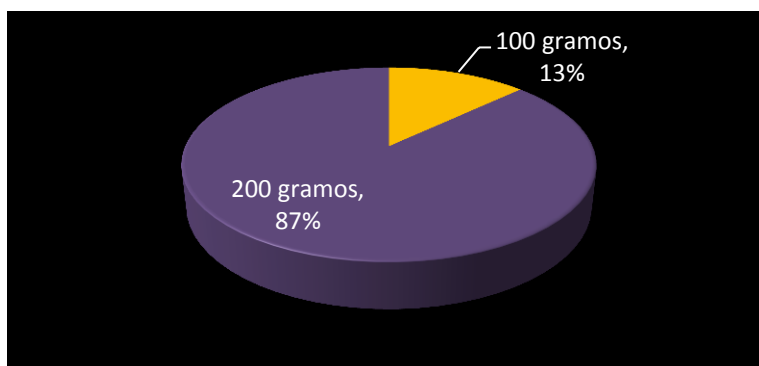
Gráfica No. 5: Tipo de aroma



Gráfica No. 6: Tipo de envase



Gráfica No. 7: Presentación de la crema

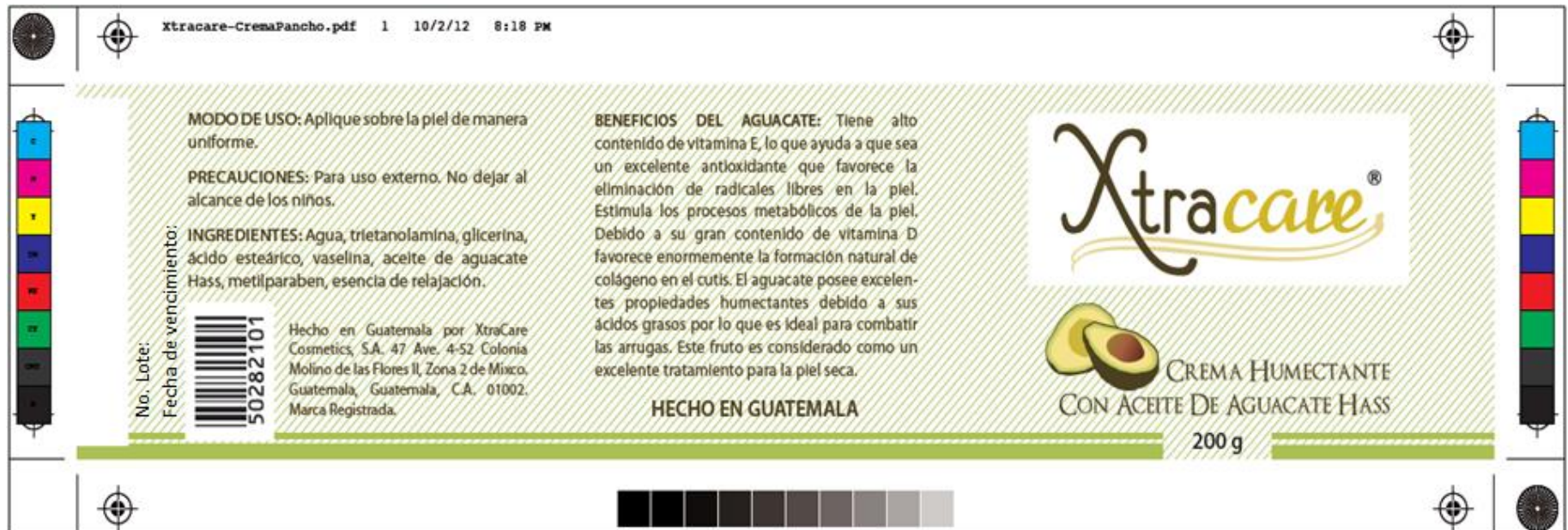


ANEXO B

Etiqueta del producto

La etiqueta que tendrá el recipiente de la crema humectante se muestra en la siguiente figura. Ésta debe contener el nombre del producto, una breve descripción del mismo y el contenido de la presentación. Además, es importante que se incluya la siguiente información: modo de uso, precauciones, ingredientes, país donde se fabrica, nombre de la empresa y código de barras. Para incentivar que el mercado objetivo adquiera la crema se indican los beneficios que el aguacate tiene para la piel.

Figura No. 7: Etiqueta de la crema humectante con aceite de aguacate Hass



ANEXO C

Datos de referencia

Las siguientes tablas muestran las propiedades de las materias primas utilizadas para la producción de la crema humectante.

Tabla No. 22

Densidad de las materias primas

Materia prima	Densidad (kg/m ³)
Aceite de aguacate	918
Acido esteárico	847
Vaselina líquida	853
Trietanolamina	1,124
Glicerina	1,261
Agua	998
Esencia	800

Tabla No. 23

Calor específico de las materias primas

Materia prima	C _p (kJ/kg·°C)
Aceite de aguacate	2.00
Acido esteárico	1.76
Vaselina líquida	1.67
Trietanolamina	2.08
Glicerina	2.38
Agua	4.19

ANEXO D

Fase experimental

El primer paso para la formulación de la crema humectante fue determinar la cantidad de aceite de aguacate que contendría por lo que se varió el porcentaje de los componentes grasos de la fórmula base. En las tres primeras formulaciones la cantidad de vaselina líquida se mantuvo igual, mientras que el ácido esteárico se modificó en cierto porcentaje para añadir el aceite de aguacate. En las siguientes tres formulaciones el ácido esteárico se mantuvo sin cambios mientras la cantidad de vaselina se varió en el mismo porcentaje. Por último, en la séptima formulación los tres componentes se agregaron en la misma proporción. En la siguiente tabla se muestra la variación de los componentes grasos para formular la crema humectante.

Tabla No. 24

Variación de los componentes grasos en la crema

Formulación	1	2	3	4	5	6	7
Ácido esteárico	90%	75%	50%	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	33%
Vaselina líquida	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	90%	75%	50%	33%
Aceite de aguacate	10%	25%	50%	10%	25%	50%	33%

Cada una de las formulaciones se examinó para comprobar si cumplía con determinadas pruebas. La crema humectante debe de poseer un pH entre seis y ocho debido a que la piel es neutra. Además, la crema tiene que tener una consistencia adecuada y una aplicación prolija sobre la piel. Las siete formulaciones cumplieron con la prueba de pH, pero solamente la número cuatro fue aprobada en todo aspecto.

La segunda fase de la formulación fue modificar la cantidad de agua destilada para encontrar la mejor consistencia posible para la crema humectante. La crema no debe tener una consistencia de loción ni de pomada. Esto afecta directamente la aplicación que tendrá sobre la piel para que se esparza lo mejor posible y no deje una superficie grasosa. Se utilizó la formulación escogida anteriormente para variar el porcentaje de agua como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla No. 25
Variación del agua destilada en la crema

Formulación	Agua destilada
8	-20%
9	-30%
10	-40%
11	-50%
12	-60%

Nuevamente cada una de las formulaciones se examinó con las pruebas anteriormente descritas para encontrar la más apropiada. Cada una mantuvo el pH en el rango establecido lo que evitara cualquier irritación en la piel, pero sólo la número once aprobó las otras dos pruebas. La consistencia fue exactamente la adecuada para una crema humectante y su aplicación sobre la piel es perfecta.

La fabricación de la crema humectante con aceite de aguacate Hass se realizó en el laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala. Las siguientes figuras muestran los procesos llevados a cabo para desarrollar la crema. Todas las formulaciones realizadas fueron para un lote de doscientos gramos.

Figura No. 8

Balanza analítica para pesar la materia prima



Figura No. 9

Estufas para calentar las dos fases



Figura No. 10

Fase acuosa y fase oleosa



Figura No. 11
Obtención de la emulsión



Figura No. 12
Crema humectante terminada



Figura No. 13
Envasado de la crema humectante



ANEXO E

Balance de masa

Se elaborará el balance de masa en cada una de las etapas del proceso de producción de la crema humectante a partir de las materias primas listadas en la tabla X. Es importante esta etapa del diseño para determinar la capacidad de los equipos que se utilizarán en todo el proceso. Además, se tomarán en cuenta las siguientes características para la línea de producción.

- **Tipo de operación:** Batch
- **Tiempo de producción al año:** 260 días
- **Producción diaria:** 1 lote
- **Porcentaje de convertibilidad:** 84%

Tabla No. 26
Materia prima requerida para un lote de producción

Materia prima	Masa (kg)
Acido esteárico	39.25
Aceite de aguacate	4.91
Trietanolamina	16.85
Vaselina líquida	44.15
Glicerina	67.37
Conservante	0.46
Agua destilada	168.42
Esencia	5.98
Total	347.38

El balance de masa que se realizará para cada etapa del proceso es el siguiente:

$$\text{Entradas} = \text{Salidas}$$

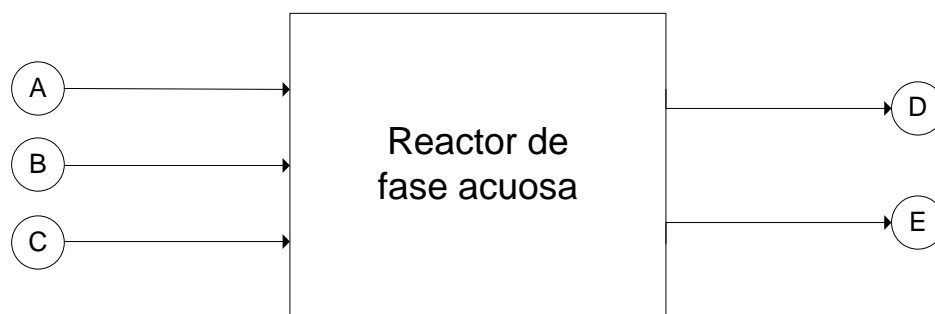
1. Obtención de la mezcla de fase acuosa. Esta etapa se lleva a cabo en el primer reactor con chaqueta de calentamiento, el balance de masa es el siguiente:

Figura No. 14: Diagrama del balance de masa para la etapa de obtención de la mezcla de fase acuosa

$$\text{Entradas} = \text{Salidas}$$

Agua destilada + Trietanolamina + Glicerina = Fase acuosa + Pérdidas

$$(A) + (B) + (C) = (D) + (E)$$



La cantidad necesaria de mezcla de fase acuosa corresponde a:

Mezcla fase acuosa (E):

220.41 kg mezcla fase acuosa

Debido a que en el reactor existe acumulación su eficiencia es del 98%, por lo tanto la cantidad de materia prima que debe de ser ingresada es la siguiente:

Agua destilada (A):

$$144.05 \text{ kg agua destilada} \times \left(\frac{100\%}{98\%}\right) = 146.93 \text{ kg agua destilada}$$

Trietanolamina (B):

$$14.42 \text{ kg trietanolamina} \times \left(\frac{100\%}{98\%}\right) = 14.70 \text{ kg trietanolamina}$$

Glicerina (C):

$$57.62 \text{ kg glicerina} \times \left(\frac{100\%}{98\%}\right) = 58.77 \text{ kg glicerina}$$

Las pérdidas corresponden al 2% de la entrada de materias primas.

Pérdidas (D):

$$\begin{aligned} & (146.93 \text{ kg agua destilada} + 14.70 \text{ kg trietanolamina} + 58.77 \text{ kg glicerina}) \times 2\% \\ & = 4.32 \text{ kg pérdidas} \end{aligned}$$

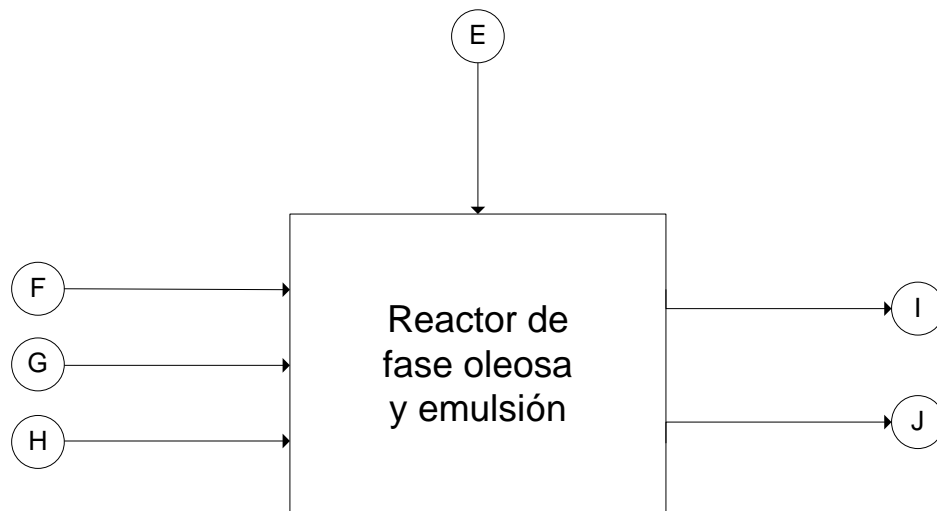
2. Obtención de la fase oleosa y emulsión de la crema. Esta etapa se lleva a cabo en el segundo reactor con chaqueta de calentamiento, el balance de masa es el siguiente:

Figura No. 15: Diagrama del balance de masa para la etapa de obtención de la mezcla de fase oleosa y emulsión de la crema

Entradas = Salidas

Aceite de aguacate + Ácido esteárico + Vaselina + Mezcla fase acuosa
= Emulsión + Pérdidas

(F) + (G) + (H) + (E) = (I) + (J)



La cantidad necesaria de emulsión corresponde a:

Emulsión (J):

313.10 kg emulsión

Debido a que en el reactor existe acumulación su eficiencia es del 95%, por lo tanto la cantidad de materiales que debe de ser ingresada es la siguiente:

Aceite de aguacate (F):

$$4.32 \text{ kg aceite de aguacate} \times \left(\frac{100\%}{95\%}\right) = 4.54 \text{ kg aceite de aguacate}$$

Ácido esteárico (G):

$$34.57 \text{ kg ácido esteárico} \times \left(\frac{100\%}{95\%}\right) = 36.30 \text{ kg ácido esteárico}$$

Vaselina (H):

$$38.88 \text{ kg vaselina} \times \left(\frac{100\%}{95\%}\right) = 40.83 \text{ kg vaselina}$$

Mezcla fase acuosa (E):

$$220.41 \text{ kg mezcla fase acuosa} \times \left(\frac{100\%}{95\%}\right) = 231.43 \text{ kg mezcla fase acuosa}$$

Las pérdidas corresponden al 5% de la entrada de materiales.

Pérdidas (I):

$$(4.54 \text{ kg aceite de aguacate} + 36.30 \text{ kg ácido esteárico} + 40.83 \text{ kg vaselina} + 231.43 \text{ kg mezcla fase acuosa}) \times 5\% = 14.91 \text{ kg pérdidas}$$

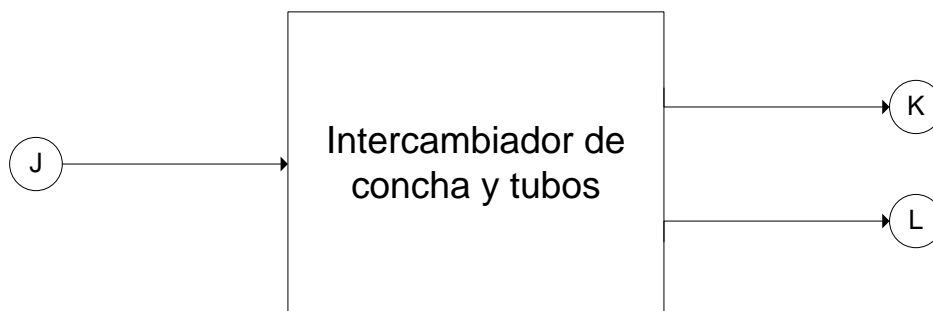
3. Enfriamiento de la emulsión. Esta etapa se lleva a cabo en el intercambiador de calor de concha y tubos, el balance de masa es el siguiente:

Figura No. 16: Diagrama del balance de masa para la etapa de enfriamiento de la emulsión

$$\text{Entradas} = \text{Salidas}$$

$$\text{Emulsión @70}^\circ\text{C} = \text{Emulsión @40}^\circ\text{C} + \text{Pérdidas}$$

$$(J) = (K) + (L)$$



La cantidad necesaria de emulsión corresponde a:

Emulsión @40°C (L):

322.49 kg emulsión

Debido a que en el intercambiador de calor existe acumulación su eficiencia es del 97%, por lo tanto la cantidad de emulsión que debe de ser ingresada es la siguiente:

Emulsión @70°C (J):

$$313.10 \text{ kg emulsión} \times \left(\frac{100\%}{97\%}\right) = 322.49 \text{ kg emulsión}$$

Las pérdidas corresponden al 3% de la entrada de materias primas.

Pérdidas (K):

$$322.49 \text{ kg emulsión} \times 3\% = 9.39 \text{ kg pérdidas}$$

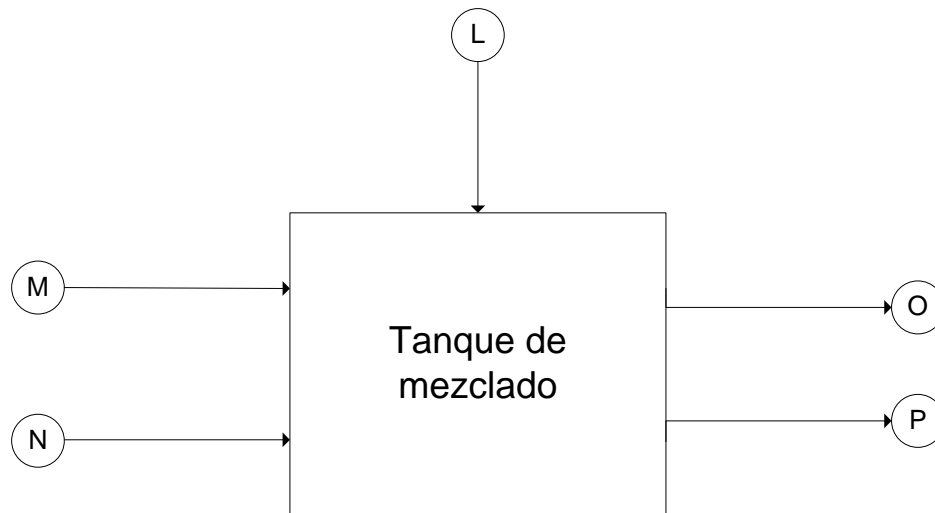
4. Adición de conservante y esencia. Esta etapa se lleva a cabo en el tanque de mezclado, el balance de masa es el siguiente:

Figura No. 17: Diagrama del balance de masa para la etapa de adición de conservante y esencia

Entradas = Salidas

Conservante + Esencia + Emulsión = Crema + Pérdidas

(M) + (N) + (L) = (P) + (O)



La cantidad necesaria de materiales corresponde a:

Crema (P):

347.38 kg crema

Debido a que en el tanque de mezclado existe acumulación su eficiencia es del 95%, por lo tanto la cantidad de materiales que debe de ser ingresada es la siguiente:

Conservante (M):

$$0.44 \text{ kg conservante} \times \left(\frac{100\%}{95\%}\right) = 0.46 \text{ kg conservante}$$

Esencia (N):

$$5.70 \text{ kg esencia} \times \left(\frac{100\%}{95\%}\right) = 5.98 \text{ kg esencia}$$

Emulsión (L):

$$322.49 \text{ kg emulsión} \times \left(\frac{100\%}{95\%}\right) = 338.61 \text{ kg emulsión}$$

Las pérdidas corresponden al 5% de la entrada de materiales.

Pérdidas (O):

$$\begin{aligned} (0.46 \text{ kg conservante} + 5.98 \text{ kg esencia} + 338.61 \text{ kg emulsión}) \times 5\% \\ = 16.43 \text{ kg pérdidas} \end{aligned}$$

ANEXO F

Balance de energía

Se determinará el balance de energía a partir de los resultados obtenidos en el balance de masa con el propósito de cuantificar la cantidad de calor necesario en cada una de las etapas del proceso de producción de la crema humectante.

El balance de energía que se realizará para cada etapa del proceso es el siguiente:

$$\text{Calor de entrada} = \text{Calor de salida}$$

1. Obtención de fase acuosa. Esta etapa se lleva a cabo en el primer reactor con chaqueta de calentamiento, el balance de energía es el siguiente:

$$\text{Calor de entrada} = \text{Calor de salida}$$

$$\text{Calor de la materia prima} + \text{Calor aplicado} = \text{Calor de la fase acuosa}$$

$$(1) + (2) = (3)$$

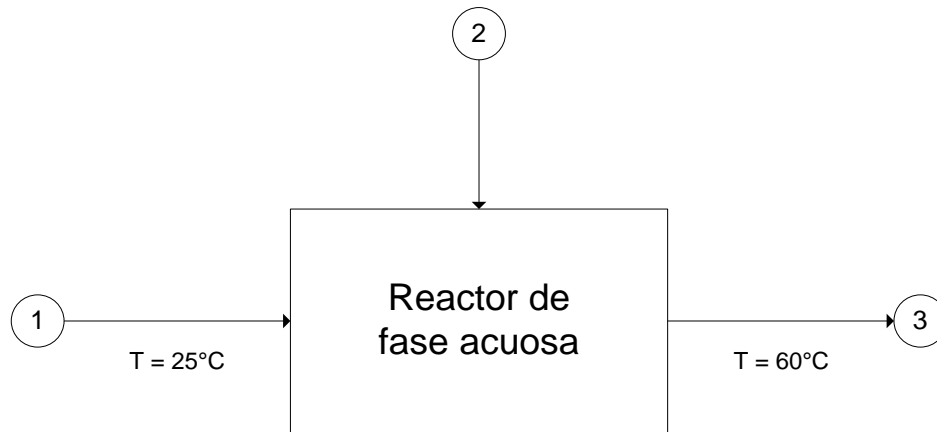


Figura No. 18: Diagrama del balance de energía para la etapa de obtención de la mezcla de fase acuosa

El balance de energía para la obtención de la fase acuosa al despejar el calor aplicado queda de la siguiente manera:

$$Q_2 = Q_1 + Q_3$$

La temperatura de referencia será tomada como 25°C, por lo tanto:

$$Q_1 = 0$$

$$Q_2 = Q_3$$

De esta manera, el calor que se debe de aplicar a la mezcla resulta en:

Calor aplicado Q_2 :

$$\left[\left(168.42 \text{ kg agua destilada} \times 4.187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{°C}} \right) + \left(16.85 \text{ kg trietanolamina} \times 2.08 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{°C}} \right) + \left(67.37 \text{ kg glicerina} \times 2.377 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{°C}} \right) \right] \times (60 - 25)\text{°C} = 31,512.36 \text{ kJ}$$

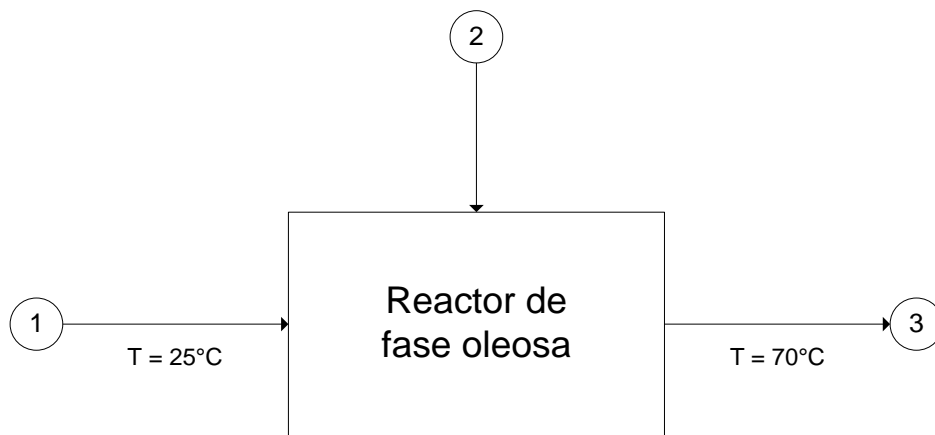
2. Obtención de fase oleosa. Esta etapa se lleva a cabo en el segundo reactor con chaqueta de calentamiento, el balance de energía es el siguiente:

Figura No. 19: Diagrama de balance de energía para la etapa de obtención de la mezcla de fase oleosa

$$\text{Calor de entrada} = \text{Calor de salida}$$

$$\text{Calor de la materia prima} + \text{Calor aplicado} = \text{Calor de la fase oleosa}$$

$$(1) + (2) = (3)$$



El balance de energía para la obtención de la fase oleosa al despejar el calor aplicado queda de la siguiente manera:

$$Q_2 = Q_1 + Q_3$$

La temperatura de referencia será tomada como 25°C, por lo tanto:

$$Q_1 = 0$$

$$Q_2 = Q_3$$

De esta manera, el calor que se debe de aplicar a la mezcla resulta en:

Calor aplicado Q_2 :

$$\left[\left(39.25 \text{ kg ácido esteárico} \times 1.763 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) + \left(44.15 \text{ kg vaselina} \times 1.67 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) + \left(4.91 \text{ kg aceite de aguacate} \times 2.0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \right] \times (70 - 25)^\circ\text{C} = 6,873.67 \text{ kJ}$$

3. Enfriamiento de la emulsión. Esta etapa se lleva a cabo en el intercambiador de calor de concha y tubos, el balance de energía es el siguiente:

$$\text{Calor de entrada} = \text{Calor de salida}$$

$$\text{Calor de la emulsión @70}^\circ\text{C} = \text{Calor removido} + \text{Calor de la emulsión @40}^\circ\text{C}$$

$$(1) = (2) + (3)$$

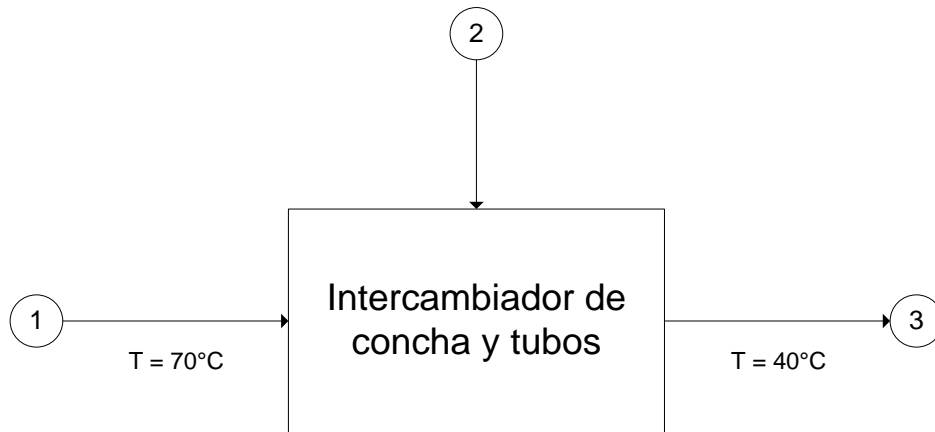


Figura No. 20: Diagrama del balance de energía para la etapa de enfriamiento de la emulsión

El balance de energía para el enfriamiento de la emulsión al despejar el calor removido queda de la siguiente manera:

$$Q_2 = Q_1 - Q_3$$

La temperatura de referencia será tomada como 40°C, por lo tanto:

$$Q_3 = 0$$

$$Q_2 = Q_1$$

De esta manera, el calor que se debe de remover a la emulsión resulta en:

Calor removido Q_2 :

$$\left(321.72 \text{ kg emulsión} \times 3.088 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \times (40 - 70)^\circ\text{C} = -29,811.19 \text{ kJ}$$

ANEXO G

Diseño de equipo

1. Tanque para el almacenamiento de agua destilada

Cantidad utilizada por lote de producción: 168.42 kg

Densidad del agua destilada a 25°C: 998.4 kg/m³

Tiempo de reabastecimiento: 2 semanas

Factor de seguridad: 1.25

Para determinar el volumen del tanque de agua destilada se utiliza la siguiente ecuación:

$$V = \left(\frac{\dot{m} \times t}{\rho} \right)$$

Ecuación No. 1

Donde:

V = Volumen del tanque (m³)

\dot{m} = Masa de agua destilada (kg/día)

t = Tiempo de reabastecimiento (días)

ρ = Densidad del agua destilada (kg/m³)

$$V = \left(\frac{168.42 \frac{kg}{día} \times 10 \text{ días}}{998.4 \frac{kg}{m^3}} \right) = 1.69 \text{ m}^3$$

Para el diseño del tanque la altura del tanque será igual al diámetro, por lo que se usará la siguiente ecuación:

$$D = h = \sqrt[3]{\left(\frac{4 \times V}{\pi} \right)}$$

Ecuación No. 2

Donde:

D = Diámetro del tanque (m)

h = Altura del tanque (m)

V = Volumen del tanque (m³)

$$D = h = \sqrt[3]{\left(\frac{4 \times 1.69 \text{ m}^3}{\pi}\right)} \times 1.25 = 1.61 \text{ m}$$

2. Tornillo de alimentación de ácido esteárico. Para el diseño del alimentador de tornillo se deben de conocer las propiedades del sólido a dosificarse, entre estas se encuentran la abrasividad, la fluidez y el tamaño de partícula. Estas características proporcionan una guía para el diseño al utilizar la siguiente tabla.

Tabla No. 27

Sistema de clasificación para sólidos a granel (Tabla 21-3 del Perry, 2001)

Tamaño	Muy fino: < 149 μm	A
	Fino: 149 μm a 3.18 mm	B
	Granular: 3.18 a 12.7 mm	C
	Con terrones: > 12.7 mm	D
	Irregular: fibroso, pegajoso o similar	H
Fluidez	Flujo muy libre: ángulo de reposo hasta 30°	1
	Flujo libre: ángulo de reposo entre 30° y 45°	2
	Flujo lento: ángulo de reposo de 45° en adelante	3
Abrasividad	No abrasivo	6
	Mediamente abrasivo	7
	Muy abrasivo	8

El ácido esteárico es un sólido fino, de flujo libre y no es abrasivo por lo que se clasifica como un sólido B26. Esta clasificación se utiliza en la tabla 21-5 del Perry (2001) para determinar el porcentaje de área que ocupa el sólido en el tornillo, el valor obtenido para este sólido fue 45%.

Cantidad de materia prima a dosificar: 39.25 kg

Porcentaje de sólido que ocupa el sólido: 45 %

Densidad a granel del sólido: 847 kg/m³

Tiempo de dosificación: 0.5 h

Para determinar la capacidad volumétrica de ácido esteárico a dosificar se utiliza la siguiente ecuación:

$$\dot{V} = \left(\frac{\frac{m}{t}}{\rho_{granel}} \right)$$

Ecuación No. 3

Donde:

\dot{V} = Capacidad volumétrica (m³/h)

m = Cantidad de ácido esteárico a dosificar (kg)

t = Tiempo de dosificación (h)

ρ = Densidad a granel del ácido esteárico (kg/m³)

$$\dot{V} = \left(\frac{\frac{39.25 \text{ kg}}{0.5 \text{ h}}}{847 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right) = 0.93 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

La capacidad volumétrica obtenida se utiliza en la tabla 21-6 del Perry (2001) para determinar las características del alimentador de tornillo a utilizar en la dosificación del ácido esteárico.

3. Tolva de alimentación para el ácido esteárico. Para el diseño de la tolva de alimentación se debe empezar con un cono con la base hacia arriba y utilizar la siguiente ecuación. El ángulo de reposo del material será representado por el símbolo α que se tomará como 50° para lograr una buena fluidez.

$$\tan \alpha = \frac{h}{r}$$

Ecuación 4

Donde:

α = Ángulo de reposo del material

h = Altura completa del cono (m)

r = Radio del cono (m)

$$\tan 50^\circ = \frac{h}{r} = 1.19$$

$$h = 1.19 \times r$$

Para determinar el volumen total del cono se utiliza la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\pi}{3} r^2 h$$

Ecuación 5

Donde:

V = Volumen del cono (m^3)

r = Radio del cono (m)

h = Altura del cono (m)

La capacidad volumétrica de la tolva es igual al volumen del cono en cuestión, por lo que hay que determinar este valor primero usando la ecuación No. 1.

$$V = \left(\frac{39.25 \frac{kg}{día} \times 10 \text{ días}}{847 \frac{kg}{m^3}} \right) = 0.463 m^3$$

Al tener el volumen que debe contener el cono se procede a despejar para el radio del mismo usando la ecuación No. 5 y sustituyendo en ella la altura h de la ecuación No. 4.

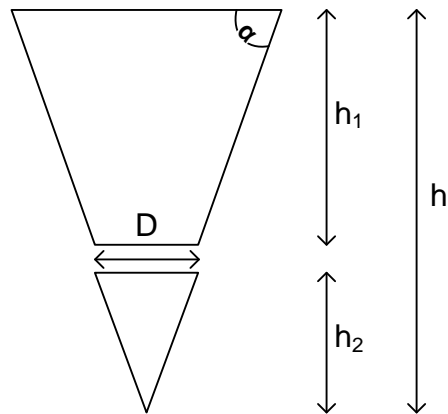
$$r = \sqrt[3]{\frac{V}{1.19 \times \frac{\pi}{3}}} \times 1.25 = \sqrt[3]{\frac{0.046 m^3}{1.19 \times \frac{\pi}{3}}} \times 1.25 = 0.9 m$$

El radio del cono se corrige con el factor de seguridad de 1.25 y se utiliza para calcular la altura del cono usando la ecuación No. 4.

$$h = 1.19 \times 0.9 m = 1.07 m$$

Las medidas anteriores son con base en un cono completo por lo que se debe de realizar ajustes al diseño ya que la tolva presenta un orificio de salida de igual diámetro que la alimentación del tornillo para el ácido esteárico. El diámetro en cuestión es de 0.15 metros.

Figura No. 21
Tolva de alimentación



$$h_1 = h - h_2 = h - (\tan \alpha \times r)$$

Ecuación 6

Donde:

- h = Altura completa del cono (m)
- h_1 = Altura de la parte superior del cono (m)
- h_2 = Altura de la parte inferior del cono (m)
- α = Ángulo de reposo del material
- r = Radio de la alimentación del tornillo (m)

$$h_1 = 1.07 \text{ m} - \left(\tan 50^\circ \times \frac{0.15 \text{ m}}{2} \right) = 0.98 \text{ m}$$

4. Reactor para la obtención de fase acuosa. Para poder determinar el volumen del reactor es necesario sumar los volúmenes individuales de cada materia prima que servirá para obtener la fase acuosa.

Tabla No. 28**Materias primas ingresadas al reactor para obtener la fase acuosa**

Materia prima	Masa (kg)	Densidad (kg/m ³)
Agua destilada	168.42	998.4
Trietanolamina	16.85	1124
Glicerina	67.37	1261

$$V_R = \frac{m_{agua}}{\rho_{agua}} + \frac{m_{tr}}{\rho_{tr}} + \frac{m_{gl}}{\rho_{gl}}$$

Ecuación 7

Donde:

 V_R = Volumen del reactor (m³) m_{agua} = Masa del agua destilada (kg) ρ_{agua} = Densidad del agua destilada (kg/m³) m_{tr} = Masa de la trietanolamina (kg) ρ_{tr} = Densidad de la trietanolamina (kg/m³) m_{gl} = Masa de la glicerina (kg) ρ_{gl} = Densidad de la glicerina (kg/m³)

$$V_R = \frac{168.42 \text{ kg}}{998.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} + \frac{16.85 \text{ kg}}{1124 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} + \frac{67.37 \text{ kg}}{1261 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.24 \text{ m}^3$$

Para el diseño del reactor la altura del tanque será igual al diámetro, para lo cual se usará la ecuación No. 2.

$$D = h = \sqrt[3]{\left(\frac{4 \times 0.24 \text{ m}^3}{\pi}\right)} = 0.67 \text{ m}$$

El reactor estará formado por una sección cilíndrica con una cabeza elipsoidal inferior y superior. Se utiliza la siguiente ecuación para calcular el volumen que contendrá la cabeza del reactor.

$$V_{elip} = \frac{\pi \times D^3}{24}$$

Ecuación 8

Donde:

V_{elip} = Volumen de la cabeza elipsoidal (m^3)

D = Diámetro del reactor (m)

$$V_{elip} = \frac{\pi \times (0.67 \text{ m})^3}{24} = 0.04 \text{ m}^3$$

Es necesario conocer el volumen que contendrá la sección cilíndrica, para lo cual se usará la siguiente ecuación.

$$V_{cil} = V_R - V_{elip}$$

Ecuación 9

Donde:

V_{cil} = Volumen de la sección cilíndrica (m^3)

V_R = Volumen del reactor (m^3)

V_{elip} = Volumen de la cabeza elipsoidal (m^3)

$$V_{cil} = 0.24 \text{ m}^3 - 0.04 \text{ m}^3 = 0.20 \text{ m}^3$$

Con el volumen de la sección cilíndrica se calculará su altura y se utilizará un factor de seguridad de 1.25

$$h_{cil} = \frac{4 \times V_{cil}}{\pi \times D^2} \times 1.25$$

Ecuación 10

Donde:

h_{cil} = Altura de la sección cilíndrica (m)

V_{cil} = Volumen de la sección cilíndrica (m^3)

D = Diámetro del reactor (m^3)

$$h_{cil} = \frac{4 \times 0.20 \text{ m}^3}{\pi \times (0.67 \text{ m})^2} \times 1.25 = 0.70 \text{ m}$$

Para diseñar el reactor también se debe conocer la altura que tendrán las cabezas elipsoidales mediante la siguiente ecuación.

$$h_{elip} = 0.25 \times D$$

Ecuación 11

Donde:

h_{elip} = Altura de la cabeza elipsoidal (m)

D = Diámetro del reactor (m)

$$h_{elip} = 0.25 \times 0.67 \text{ m} = 0.17 \text{ m}$$

Para terminar con el diseño del reactor es necesario conocer su altura total, lo que consiste en sumar las alturas de sus componentes.

$$h_R = h_{cil} + (2 \times h_{elip}) \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

h_R = Altura del reactor (m)

h_{cil} = Altura de la sección cilíndrica (m)

h_{elip} = Altura de la cabeza elipsoidal (m)

$$h_R = 0.70 \text{ m} + (2 \times 0.17 \text{ m}) = 1.03 \text{ m}$$

Para determinar la altura que tendrá el líquido cuando esté dentro del reactor únicamente se deben de sumar la altura de la sección cilíndrica y la de la cabeza elipsoidal inferior.

$$h_{liq} = h_{elip} + h_{cil} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

h_{liq} = Altura del líquido dentro del reactor (m)

h_{elip} = Altura de la cabeza elipsoidal (m)

h_{cil} = Altura de la sección cilíndrica (m)

$$h_{liq} = 0.17 \text{ m} + 0.70 \text{ m} = 0.87 \text{ m}$$

Las características del agitador que se usará en el reactor de fase acuosa deben cumplir con las siguientes relaciones. Es importante mencionar que el agitador a utilizarse será una turbina de seis aspas.

$$\frac{D_a}{D_R} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{H}{D_R} = 1$$

$$\frac{J}{D_R} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{E}{D_a} = 1$$

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

Donde:

D_a = Diámetro del rodete (m)

D_R = Diámetro del reactor (m)

H = Altura del líquido en el reactor (m)

J = Ancho de las placas deflectoras (m)

E = Distancia entre el fondo y el rodete (m)

W = Ancho del rodete (m)

L = Largo del rodete (m)

El agitador del reactor necesita cierta potencia para poder cumplir su función, para lo cual se debe de calcular este valor partiendo del número de Reynolds.

$$N_{Re} = \frac{D_a^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

Ecuación 14

Donde:

- N_{Re} = Número de Reynolds
- D_a = Diámetro del agitador (m)
- n = Velocidad de agitación (rev/s)
- ρ = Densidad (kg/m³)
- μ = Viscosidad (kg/m·s)

La velocidad de agitación es de 45 RPM, lo que equivale a 0.75 rev/s

La densidad de la fase acuosa es de 1,080 kg/m³

La viscosidad de la fase acuosa es de 0.29 kg/m·s

$$N_{Re} = \frac{(0.22 \text{ m})^2 \times 0.75 \frac{\text{rev}}{\text{s}} \times 1,080 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{0.29 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}} = 137.76$$

El número de Reynolds se correlaciona con el número de potencia mediante la Figura No. 22 (página número 83). En ella se seleccionó la primera curva que corresponde a una turbina de seis aspas rectas. El número de potencia obtenido es 3 el cual se utiliza a continuación para determinar la potencia requerida por el agitador.

$$P = (N_p \times n^3 \times D_a^5 \times \rho) \times 1.25 \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

- P = Potencia requerida por el agitador (kW)
- N_p = Número de potencia
- n = Velocidad de agitación (rev/s)
- D_a = Diámetro del agitador (m)
- ρ = Densidad (kg/m³)

$$P = \left[3 \times \left(0.75 \frac{\text{rev}}{\text{s}} \right)^3 \times (0.22 \text{ m})^5 \times 1,080 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times 1.25 = 0.96 \text{ kW} = 1.28 \text{ hp} \approx 1.5 \text{ hp}$$

Por último, se debe de calcular el área de la chaqueta de calentamiento para el reactor de la fase acuosa. La temperatura que se debe alcanzar es de 60°C aproximadamente en un tercio de hora. El flujo de calor necesario para llegar a esta temperatura es de 94,537 kJ/h según el balance de energía.

$$A = \frac{\dot{Q}}{U \times \Delta T}$$

Ecuación 16

Donde:

A = Área de la chaqueta de calentamiento del reactor (m²)

\dot{Q} = Flujo de calor requerido (kJ/h)

U = Coeficiente global de transferencia de calor (kJ/m² · h · °C)

ΔT = Cambio de temperatura durante el calentamiento (°C)

Para determinar el coeficiente global de transferencia de calor más adecuado para un reactor enchaquetado se utilizó la tabla 8.5 del Couper (2010). El coeficiente que se utilizará es 3,066.28 kJ/m² · h · °C.

$$A = \frac{94,537.08 \frac{kJ}{h}}{3,066.28 \frac{kJ}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C} \times (60 - 25) ^\circ C} = 0.88 m^2$$

5. Intercambiador de calor para enfriar la emulsión. Para enfriar la emulsión se utilizará un intercambiador de concha y tubos con flujo en contracorriente. El primero paso es calcular la media logarítmica de las diferencias de temperaturas mostradas a continuación.

Tabla No. 29**Diferencias de temperaturas en el intercambiador de calor**

Flujo caliente (°C)	Temperatura	Flujo frío (°C)	Diferencia (°C)
70	Alta	45	25
40	Baja	25	15

$$MLDT = \frac{\Delta T_c - \Delta T_h}{\ln\left(\frac{\Delta T_c}{\Delta T_h}\right)}$$

Ecuación 17

Donde:

MLDT = Media logarítmica de las diferencias de temperatura (°C)

ΔT_c = Diferencia de las temperaturas bajas entre los dos fluidos (°C)

ΔT_h = Diferencia de las temperaturas altas entre los dos fluidos (°C)

$$MLDT = \frac{(15 - 25) ^\circ C}{\ln\left(\frac{15 ^\circ C}{25 ^\circ C}\right)} = 19.58 ^\circ C$$

La media logarítmica de diferencias de temperatura debe de ser corregida porque se trabajará con un intercambiador 1-2, lo que significa que el fluido de enfriamiento (agua en este caso) hará un paso por la coraza y dos por los tubos. Esta corrección se consigue al determinar los siguientes dos factores.

$$Z = \frac{T_{ha} - T_{hb}}{T_{cb} - T_{ca}}$$

Ecuación 18

Donde:

Z = Primer factor

T_{ha} = Temperatura de entrada del fluido caliente ($^{\circ}\text{C}$)

T_{hb} = Temperatura de salida del fluido caliente ($^{\circ}\text{C}$)

T_{cb} = Temperatura de salida del fluido frío ($^{\circ}\text{C}$)

T_{ca} = Temperatura de entrada del fluido frío ($^{\circ}\text{C}$)

$$Z = \frac{(70 - 40) ^{\circ}\text{C}}{(45 - 25) ^{\circ}\text{C}} = 1.5$$

El cálculo del segundo factor se realiza con la siguiente ecuación.

$$\eta_H = \frac{T_{cb} - T_{ca}}{T_{ha} - T_{ca}}$$

Ecuación 19

Donde:

η_H = Segundo factor

T_{cb} = Temperatura de salida del fluido frío ($^{\circ}\text{C}$)

T_{ca} = Temperatura de entrada del fluido frío ($^{\circ}\text{C}$)

T_{ha} = Temperatura de entrada del fluido caliente ($^{\circ}\text{C}$)

$$\eta_H = \frac{(45 - 25) ^{\circ}\text{C}}{(70 - 25) ^{\circ}\text{C}} = 0.44$$

Los dos factores de corrección calculados se utilizan junto con la Figura No. 17 (página número 83) para determinar el factor de corrección F_G de la media logarítmica de las diferencias de temperatura. El factor obtenido es de 0.97 y se usará en la siguiente ecuación.

$$(MLDT)_c = F_G \times MLDT \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

$(MLDT)_c$ = Media logarítmica de las diferencias de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

F_G = Factor de corrección

$MLDT$ = Media logarítmica de las diferencias de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

$$(MLDT)_c = 0.97 \times 19.58 \text{ }^{\circ}\text{C} = 18.99 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Con la media logarítmica corregida se puede determinar el área de transferencia de calor que necesita el intercambiador de calor. El coeficiente global de transferencia de calor que se utilizará es $919.88 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$ que se obtuvo de la tabla 8.5 de Couper (2010).

$$A = \frac{\dot{Q}}{U \times (MLDT)_c}$$

Ecuación 21

Donde:

A = Área de transferencia de calor del intercambiador (m^2)

\dot{Q} = Flujo de calor a remover por el intercambiador (kJ/h)

U = Coeficiente global de transferencia de calor ($\text{kJ/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$)

$(MLDT)_c$ = Media logarítmica de las diferencias de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

$$A = \frac{29,811.19 \frac{kJ}{h}}{919.88 \frac{kJ}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C} \times 18.99 ^\circ C} = 1.71 m^2$$

Para el intercambiador de calor se debe de calcular el flujo de agua de enfriamiento necesario para operar.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{C_p \times \Delta T}$$

Ecuación 22

Donde:

\dot{m} = Flujo másico de agua de enfriamiento (kg/h)

\dot{Q} = Flujo de calor a remover por el intercambiador (kJ/h)

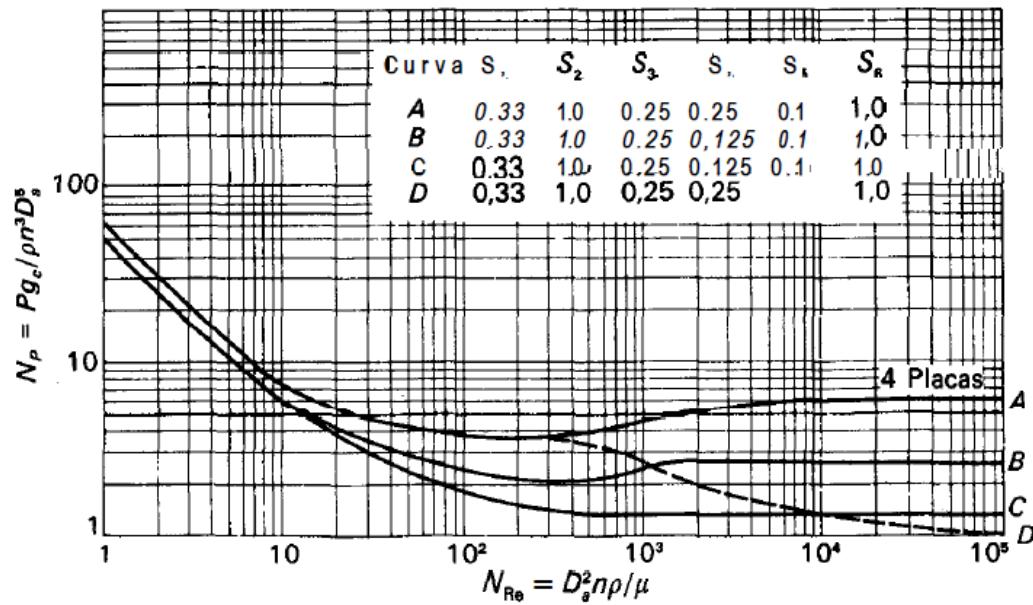
C_p = Calor específico del agua (kJ/kg·°C)

ΔT = Cambio de temperatura del agua de enfriamiento (°C)

$$\dot{m} = \frac{29,811.19 \frac{kJ}{h}}{4.187 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \times (45 - 25) ^\circ C} = \frac{356 kg \text{ agua}}{h}$$

Figura No. 22

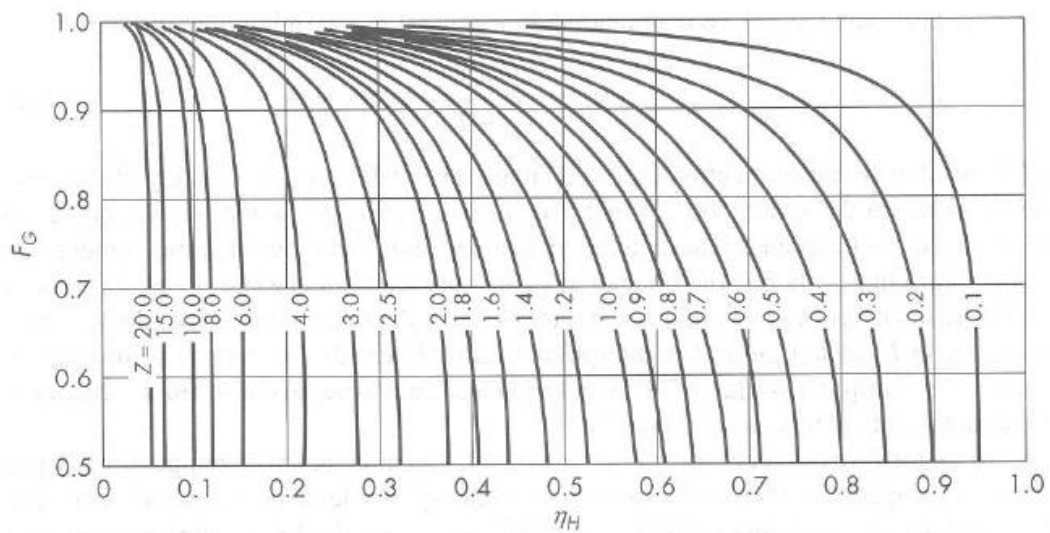
Número de potencia N_p en función del número de Reynolds N_{Re} para turbinas de seis palas



(Couper, 2010)

Figura No. 23

Corrección de la MLDT para intercambiadores 1-2



(Couper, 2010)

ANEXO H

Análisis económico

1. Inversión inicial. Para determinar la inversión inicial la línea de producción de la crema humectante se calcula el costo total del equipo necesario. Se utilizan las características determinadas en el diseño del equipo y la Tabla 9-50 del Perry (2001) para calcular los costos de cada uno. A continuación se muestra un ejemplo para el tanque de almacenamiento del agua destilada.

$$C_2 = C_1 \times \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^\alpha$$

Ecuación 23

Donde:

C_2 = Costo del equipo para la capacidad requerida (\$)

C_1 = Costo del equipo para la capacidad base (\$)

q_2 = Capacidad del equipo requerida (m^3)

q_1 = Capacidad del equipo base (m^3)

α = Exponente de escalamiento para el equipo

$$C_2 = \$3,300 \times \left(\frac{1.69 \text{ m}^3}{3.8 \text{ m}^3}\right)^{0.3} = \$2,587.88$$

El costo obtenido es para un tanque de acero al carbono, pero el material que se necesita es acero inoxidable 316 por lo que hay que corregirlo mediante un factor de 2.9.

$$C_2 = \$2,587.88 \times 2.9 = \$7,504.86$$

El costo está calculado en base a un índice de costo Marshall & Swift (M&S) de 1000 para lo cual se hace la corrección al año actual. El índice M&S que se utiliza es 1536.5 para determinar el costo actual del equipo.

$$C_2 = \$7,504.86 \times \frac{1536.5}{1000} = \$11,531.22$$

Es necesario determinar el costo del equipo en quetzales por lo que se utiliza un cambio de moneda de Q7.96 por \$1.

$$C_2 = \$11,531.22 \times \frac{Q7.96}{\$1} = Q91,788.55$$

El costo del tanque se calculó para una compra en Estados Unidos, por lo que hay que determinar los costos de impuestos y transporte para colocarlo en Guatemala.

Tabla No. 30

Costos de impuestos y transporte del tanque de agua destilada

Descripción	Costo
Flete (10%)	Q 9,178.85
Seguro (1%)	Q 917.89
Aduana (1%)	Q 917.89
Arancel (10%)	Q 9,178.85
IVA (12%)	Q 11,014.63

El tanque de almacenamiento de agua destilada tendrá un costo de Q122,996.66

El costo total de los equipos asciende a Q3,393,608.06 para poder montar la línea de producción de la crema humectante. Para determinar el monto total de la inversión es necesario calcular los costos de contingencia, electricidad, ingeniería, instalación, instrumentación y tubería. Todos estos costos son indispensables para montar y poner en marcha el proceso de producción.

Tabla No. 31

Inversión de la línea de producción

Equipo	Q 3,393,608.06
Ingeniería (35%)	Q 1,187,762.82
Instalación (45%)	Q 1,527,123.63
Instrumentación (13%)	Q 441,169.05
Electricidad (15%)	Q 509,041.21
Tubería (15%)	Q 509,041.21
Contingencia (30%)	Q 1,018,082.42
Total	Q 8,585,828.40

La inversión de la línea de producción de crema humectante será de Q8,585,828.40 para montarla en Guatemala y ponerla a funcionar.

2. Costos variables. El costo de la materia prima se muestra en la siguiente tabla. El costo por unidad se refiere al valor que tiene cada kilogramo de materia prima y el costo por lote es el costo que tiene cada componente en un lote de producción.

Tabla No. 32
Costo de la materia prima

Materia prima	Masa (kg)	Costo por unidad (Q/kg)	Costo por lote(Q)
Acido esteárico	39.25	13.50	529.89
Aceite de aguacate	4.91	246.91	1,211.14
Trietanolamina	16.85	19.50	328.67
Vaselina líquida	44.15	12.00	529.75
Glicerina	67.37	10.00	673.68
Conservante	0.46	4.50	2.06
Agua destilada	168.42	2.78	467.91
Esencia	5.98	625.00	3,737.50
Total	347.38	934.19	7,480.59

La presentación de la crema será en un recipiente de material PET con su respectiva etiqueta de identificación. Los recipientes serán vendidos dentro de una caja corrugada con capacidad para cuarenta unidades.

Tabla No. 33
Costos del empaque

Empaque	Costo por unidad	Costo por lote
Recipiente	Q 3.50	Q 5,250.00
Etiqueta	Q 0.50	Q 750.00
Caja corrugada	Q 0.19	Q 281.25
Total	Q 4.19	Q 6,281.25

Entre los costos variables se incluyen los costos de electricidad para operar la línea de producción, el almacenamiento del producto terminado y la publicidad respectiva de la crema en el mercado. El valor del primero es un porcentaje del equipo adquirido, mientras que los otros dos son un porcentaje de los ingresos obtenidos por la venta del producto.

Tabla No. 34
Costos variables

Costo	Porcentaje
Electricidad	5.0%
Publicidad	15.0%
Almacenamiento del producto	1.5%

Los costos variables totales durante un año de producción son Q6,567,133.50

3. Costos fijos. La descripción de los puestos que tendrán los trabajadores en la línea de producción se muestra a continuación junto con sus respectivos salarios.

Tabla No. 35
Descripción de puestos y salarios

Cantidad	Puesto	Sueldo base	Sueldo	Prestaciones	Total
1	Gerente general	Q 40,000.00	Q 40,000.00	Q 18,400.00	Q 58,400.00
1	Jefe de producción	Q 20,000.00	Q 20,000.00	Q 9,200.00	Q 29,200.00
1	Supervisor de producción	Q 10,000.00	Q 10,000.00	Q 4,600.00	Q 14,600.00
1	Supervisor de control de calidad	Q 10,000.00	Q 10,000.00	Q 4,600.00	Q 14,600.00
1	Jefe de ventas	Q 9,000.00	Q 9,000.00	Q 4,140.00	Q 13,140.00
1	Encargado de bodega de materia prima	Q 8,000.00	Q 8,000.00	Q 3,680.00	Q 11,680.00
1	Encargado de bodega de producto terminado	Q 8,000.00	Q 8,000.00	Q 3,680.00	Q 11,680.00
1	Jefe de mantenimiento	Q 5,000.00	Q 5,000.00	Q 2,300.00	Q 7,300.00
2	Vendedores	Q 3,500.00	Q 3,500.00	Q 1,610.00	Q 5,110.00
6	Operarios	Q 3,000.00	Q 18,000.00	Q 8,280.00	Q 26,280.00
2	Conserjes	Q 2,500.00	Q 5,000.00	Q 2,300.00	Q 7,300.00
18	Total mensual	Q 119,000.00	Q 136,500.00	Q 62,790.00	Q 199,290.00

Las prestaciones laborales de los trabajadores se calcularon en base a la siguiente tabla.

Tabla No. 36
Prestaciones laborales

Prestación	Porcentaje
IGSS	10.67%
IRTRA	1.00%
INTECAP	1.00%
Aguinaldo	8.33%
Bono 14	8.33%
Pasivo	8.33%
Otros	8.33%
Total	46.00%

Entre los costos fijos se incluyen los costos de mantenimiento, de generación y distribución de vapor, y de los servicios auxiliares que la línea de producción necesite. El valor de cada uno de ellos es un porcentaje del equipo adquirido.

Tabla No. 37
Costos fijos

Costo	Porcentaje
Mantenimiento	5.0%
Generación y distribución de vapor	4.5%
Servicios auxiliares	3.5%

Los costos fijos totales durante un año de producción son Q3,507,637.69

4. Depreciación. La depreciación del equipo adquirido se determinó mediante el método SMARC para una vida útil de seis años. En la siguiente tabla se muestra el porcentaje de depreciación para cada año con su respectivo valor monetario.

Tabla No. 38
Depreciación del equipo

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Depreciación	20.00 %	32.00 %	19.20 %	11.52 %	11.52 %	5.76 %
	Q 1,717,165.68	Q 2,747,465.09	Q 1,648,479.05	Q 989,087.43	Q 989,087.43	Q 494,543.72

5. Flujo de caja para la línea de producción

Tabla No. 39
Flujo de caja (Año 0 al 5)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		Q 16,200,000.00	Q 16,524,000.00	Q 16,854,480.00	Q 17,191,569.60	Q 17,535,400.99
Costos fijos		Q (3,507,637.69)	Q (3,525,175.88)	Q (3,542,801.76)	Q (3,560,515.77)	Q (3,578,318.35)
Costos variables		Q (6,567,133.50)	Q (6,632,804.84)	Q (6,699,132.88)	Q (6,766,124.21)	Q (6,833,785.45)
Depreciación		Q (1,717,165.68)	Q (2,747,465.09)	Q (1,648,479.05)	Q (989,087.43)	Q (989,087.43)
Utilidad antes de impuesto		Q 4,408,063.13	Q 3,618,554.20	Q 4,964,066.30	Q 5,875,842.19	Q 6,134,209.76
Impuesto		Q (810,000.00)	Q (826,200.00)	Q (842,724.00)	Q (859,578.48)	Q (876,770.05)
Utilidad neta		Q 3,598,063.13	Q 2,792,354.20	Q 4,121,342.30	Q 5,016,263.71	Q 5,257,439.71
Depreciación		Q 1,717,165.68	Q 2,747,465.09	Q 1,648,479.05	Q 989,087.43	Q 989,087.43
Inversión inicial	Q (8,585,828.40)					
Flujo de caja	Q (8,585,828.40)	Q 5,315,228.81	Q 5,539,819.28	Q 5,769,821.36	Q 6,005,351.14	Q 6,246,527.14

Tabla No. 40
Flujo de caja (Año 6 al 10)

	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos	Q 17,886,109.01	Q 18,243,831.19	Q 18,608,707.82	Q 18,980,881.97	Q 19,360,499.61
Costos fijos	Q (3,596,209.94)	Q (3,614,190.99)	Q (3,632,261.94)	Q (3,650,423.25)	Q (3,668,675.37)
Costos variables	Q (6,902,123.31)	Q (6,971,144.54)	Q (7,040,855.99)	Q (7,111,264.55)	Q (7,182,377.19)
Depreciación	Q (494,543.72)				
Utilidad antes de impuesto	Q 6,893,232.05	Q 7,658,495.66	Q 7,935,589.88	Q 8,219,194.17	Q 8,509,447.05
Impuesto	Q (894,305.45)	Q (912,191.56)	Q (930,435.39)	Q (949,044.10)	Q (968,024.98)
Utilidad neta	Q 5,998,926.60	Q 6,746,304.10	Q 7,005,154.49	Q 7,270,150.07	Q 7,541,422.07
Depreciación	Q 494,543.72				
Inversión inicial					
Flujo de caja	Q 6,493,470.31	Q 6,746,304.10	Q 7,005,154.49	Q 7,270,150.07	Q 7,541,422.07

6. Tasa interna de retorno para la línea de producción. La siguiente tabla muestra la tasa interna de retorno para la línea de producción de la crema humectante y el tiempo de recuperación para la inversión inicial.

Tabla No. 41
Tasa interna de retorno y tiempo de recuperación

Inversión inicial	Q 8,585,828.40
TIR	65%
Tiempo de recuperación	1 año 7 meses
VAN	Q 41,295,807.29

