Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

EVALUACIÓN DEL COSTO Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CREMAS DE USO CAPILAR CON DIFERENTES TIPOS DE EMULSIÓN A NIVEL LABORATORIO, EN LA EMPRESA CONTRASA

María Alejandra Gómez Hernández
Asesorado por el Ing. Sergio Alejandro Recinos

Guatemala, mayo de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN DEL COSTO Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CREMAS DE USO CAPILAR CON DIFERENTES TIPOS DE EMULSIÓN A NIVEL LABORATORIO, EN LA EMPRESA CONTRASA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARÍA ALEJANDRA GÓMEZ HERNÁNDEZ
ASESORADO POR EL ING. SERGIO ALEJANDRO RECINOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, MAYO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de Leon Rodríguez
VOCAL III	Ing.José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Ing. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Sergio Alejandro Recinos
EXAMINADOR	Ing. Gerardo Ordoñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

EVALUACIÓN DEL COSTO Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CREMAS DE USO CAPILAR CON DIFERENTES TIPOS DE EMULSIÓN A NIVEL LABORATORIO, EN LA EMPRESA CONTRASA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 25 de febrero de 2016.

María Alejandra Gómez Hernández

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 26 de febrero de 2017.
Ref.EPS.DOC.155.02.17.

Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Usac.

Inga. Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **María Alejandra Gómez Hernández** de la Carrera de Ingeniería Química, con carné No. **200915386,** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"EVALUACIÓN DEL COSTO Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CREMAS DE USO CAPILAR CON DIFERENTES TIPOS DE EMULSIÓN A NIVEL LABORATORIO, EN LA EMPRESA CONTRASA".**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO,** solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Sergio Alejandro Recinos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Química

c.c. Archivo
SAR/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 26 de febrero de 2017.
Ref.EPS.D.57.02.17.

Ing. Carlos Salvador Wong Davi
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Wong Davi.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"EVALUACIÓN DEL COSTO Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CREMAS DE USO CAPILAR CON DIFERENTES TIPOS DE EMULSIÓN A NIVEL LABORATORIO, EN LA EMPRESA CONTRASA"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria María Alejandra Gómez Hernández, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ingeniero **Sergio Alejandro Recinos.**

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCION
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Facultad de Ingeniería

CdRCdP/ra

Guatemala, 24 abril de 2017.
Ref. EIQ.TG-IF.015.2017.

Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **002-2016** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
-Modalidad Ejercicio Profesional Supervisado-

Solicitado por la estudiante universitaria: **María Alejandra Gómez Hernández.**
Identificada con número de carné: **2009-15386.**
Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

EVALUACIÓN DEL COSTO Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CREMAS DE USO CAPILAR CON DIFERENTES TIPOS DE EMULSIÓN A NIVEL LABORATORIO, EN LA EMPRESA CONTRASA

El Trabajo de Graduación ha sido asesorada por el Ingeniero Químico: **Sergio Alejandro Recinos.**

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga. Cinthya Patricia Ortiz Quíroa
COORDINADORA DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación

ESCUELA INGENIERIA QUIMICA
AREA TRABAJOS DE GRADUACION
FIUSAC

C.c.: archivo

Ref.EIQ.TG.022.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Ejercicio Profesional Supervisado **(EPS final)** de la **carrera de Ingeniería Química** de la estudiante **MARÍA ALEJANDRA GÓMEZ HERNÁNDEZ** titulado: **"EVALUACIÓN DEL COSTO Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CREMAS DE USO CAPILAR CON DIFERENTES TIPOS DE EMULSIÓN A NIVEL LABORATORIO, EN LA EMPRESA CONTRASA"** Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECTOR
ESCUELA
INGENIERÍA QUÍMICA
U. S. A. C.

Ing. Carlos Salvador Wong Davi
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, mayo de 2017

Cc: Archivo
CSWD/ale

Universidad de San Carlos
de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 238.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL COSTO Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CREMAS DE USO CAPILAR CON DIFERENTES TIPOS DE EMULSIÓN A NIVEL LABORATORIO, EN LA EMPRESA CONTRASA,** presentado por la estudiante universitaria: **María Alejandra Gómez Hernández,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, mayo de 2017

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser parte fundamental en mi vida, por cada bendición, por ser mi guía, por iluminar mi camino y cuidar de mí en todo momento.
Mis padres	Marco Antonio Gómez y Blanca Hernández de Gómez por todo su apoyo y amor incondicional. Por cada sacrificio a lo largo de la carrera, por brindarme su apoyo económico y moral en todo momento. Por siempre confiar en mí.
Mi hermana	Por el apoyo incondicional y estar siempre al pendiente de mí.
Mis abuelos	Marco Antonio Gómez, Mercedes Molina (q. e. p. d), Julio Hernández (q. e. p. d); en especial a Isabel Barrios (q. e. p. d); por ser una madre para mí, por todo su amor y dedicación.
Mis tíos	Por confiar siempre en mí, por ser parte de este triunfo.
Mi novio	Por estar a mi lado y brindarme su apoyo y confianza. Por ser el amor de mi vida.
Mis amigos	Por ser parte de cada aventura de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Padre celestial por llenarme de bendiciones durante mi vida, por ser mi guía en todo momento. Por darme la sabiduría para poder concluir con éxito la carrera.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa casa de estudios. En especial a la Facultad de Ingeniería por formarme como profesional competente e integrarme al grupo de profesionales egresados de dicha facultad.
Mis padres	Por el amor y ayuda incondicional. Por estar a mi lado siempre apoyando y dándome lo mejor de ellos.
Mi novio	Por darme siempre el apoyo incondicional y ser mi soporte en todo momento. Por darme su amor.
Mis amigos	Por estar compartiendo a mi lado cada momento importante de mi vida y por brindarme su confianza y amistad.

Mis amigos de LeCleire Yadira Lemus, Mafer almeda, Mellisa Vela, Mafer Marín, por brindarme amistad y confianza en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES V
LISTA DE SÍMBOLOS IX
GLOSARIO XI
RESUMEN XIII
OBJETIVOS XV
HIPÓTESIS XVI
INTRODUCCIÓN XVII

1. ANTECEDENTES 1

2. MARCO TEÓRICO 3
2.1. Emulsión 3
2.2. Emulsificantes 3
2.2.1. Aniónicos 6
2.2.2. Catiónicos 6
2.2.3. No iónicos 6
2.2.3.1. Anfóteros 6
2.3. Clasificación de las emulsiones 7
2.3.1. Por tamaño de micela 8
2.3.2. Por su composición 8
2.3.2.1. Emulsiones O/W (aceite en agua) 8
2.3.2.2. Emulsiones W/O (agua en aceite) 8
2.3.3. Por su aplicación 10
2.3.3.1. Como vehículo 10
2.3.3.2. Como emulsión 10

2.3.3.3. Como limpieza de la piel 10
2.3.3.4. Como beneficio 10
2.3.3.5. Como protectoras 10
2.3.4. Por su finalidad 11
2.3.4.1. Como decorativas 11
2.3.4.2. Como estéticas 11
2.4. Balance hidrofílico lipofílico 11
2.4.1. Definición de balance hidrofílico lipofílico 11
2.5. Características de las emulsiones 13
2.5.1. Características físicas 13
2.5.2. Características organolépticas 13
2.5.3. Características físico-químicas 14
2.5.3.1. Tipo de emulsión 14
2.5.3.2. Tamaño de gotícula de fase interna 14
2.5.3.3. Determinación de pH 14
2.5.3.4. Resistencia a centrífuga 15
2.5.3.5. Resistencia a cambios de temperatura 15
2.6. Propiedades de las emulsiones 15
2.6.1. Solubilidad de la emulsión 15
2.6.2. Viscosidad en la emulsión 16
2.6.3. Estabilidad de la emulsión 16
2.6.4. Tamaño y distribución 17
2.6.5. Color y apariencia 17
2.6.5.1. Efecto Tyndall 18
2.6.6. Textura 18
2.6.7. Conductividad eléctrica 18
2.7. Definición de producto cosmético 18
2.8. Categorías de productos cosméticos 18

2.9. Área de producción de productos cosméticos.....19
2.10. Proceso de fabricación de cremas cosméticas 19
2.10.1. Formulación 20
2.10.2. Fabricación a escala laboratorio 20
2.10.3. Fabricación de lote piloto 20
2.10.4. Fabricación a gran escala 20
2.11. Modo de fabricación de emulsiones.....22
2.11.1. Fabricación en caliente 22
2.11.1.1. Fase acuosa 22
2.11.1.2. Fase oleosa 22
2.11.2. Fabricación en frío 23
2.11.2.1. Fase acuosa 23
2.11.2.2. Fase oleosa 24

3. DISEÑO METODOLÓGICO 25
3.1. Variables 25
3.1.1. Variables del sistema.....25
3.1.2. Variables de control independientes 26
3.1.3. Variables de control dependientes 26
3.2. Delimitación de campo de estudio 27
3.3. Recursos humanos.....27
3.4. Recursos materiales disponibles 27
3.5. Equipo y cristalería 28
3.5.1. Equipo 28
3.5.2. Cristalería 29
3.6. Técnica cuantitativa y cualitativa.....29
3.7. Recolección y ordenamiento de la información.....30
3.7.1. Emulsión en frío para una crema de uso capilar 30

3.7.2. Emulsión en caliente para una crema de uso capilar 31
3.7.3. Costos de materia prima de emulsión en frío para crema de uso capilar 32
3.7.4. Costos de materia prima de emulsión en caliente para crema de uso capilar 33
3.8. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información 33
3.9. Análisis estadístico 38
3.9.1. Media aritmética 38
3.9.2. Desviación estándar 39
3.9.3. Varianza 40
3.9.4. Grados de libertad 41
3.9.5. Cálculos para la tabla ANOVA 41
3.10. Interpretación de la tabla ANOVA 43

4. RESULTADOS 45

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 59

6. LOGROS OBTENIDOS 65

CONCLUSIONES 67
RECOMENDACIONES 69
BIBLIOGRAFÍA 71
APÉNDICES 73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Gotículas esféricas.....4
2. Ilustración de surfactante 5
3. Componente hidrófobo y componente hidrofílico 5
4. Moléculas de los tipos de emulsificantes.....7
5. Tipos de emulsiones 9
6. Por su composición.....9
7. Balance hidrofílico lipofílico 12
8. Proceso de fabricación de cremas cosméticas.....21
9. Comparativo del porcentaje de aceptación de bueno de las tres variaciones del surfactante de la crema capilar en frío.....48
10. Comparativo del porcentaje de aceptación de excelente de las tres variaciones del surfactante de la crema capilar en frío.....48
11. Comparativo del porcentaje de aceptación de bueno de las tres variaciones del surfactante de la crema capilar en caliente.....50
12. Comparativo del porcentaje de aceptación de excelente de las tres variaciones del surfactante de la crema capilar en caliente.....50
13. Comparativo de las dos tipos de emulsiones fabricadas para la crema de uso capilar.....52
14. Comparativo de las tres variaciones de surfactante en la emulsión en frío para la crema de uso capilar 52
15. Comparativo de las tres variaciones de surfactante en la emulsión en caliente para la crema de uso capilar 53

16. Energía requerida para cada emulsión para una crema de uso capilar 54
17. Tiempo requerido para cada emulsión 54

TABLAS

I. Clasificación según tamaño de micela 8
II. Rangos de HBL en la industria 12
III. Variables del sistema 25
IV. Variables de control independientes en una emulsión en frío y caliente 26
V. Variables de control dependientes en una emulsión en frío y caliente 26
VI. Análisis fisicoquímicos de la base utilizada para la emulsión en frío 34
VII. Análisis organolépticos de la base utilizada para la emulsión en frío 35
VIII. Cuantificación de tiempos de la elaboración de los tipos de emulsiones 35
IX. Costo de materias primas para el proceso de emulsión en frío para crema de uso capilar 35
X. Costo de materias primas para el proceso de emulsión en caliente para crema de uso capilar 36
XI. Comparación de costos de una emulsión en proceso frío y en proceso en caliente 38
XII. Variaciones del porcentaje (%) del surfactante de la emulsión en frío y en caliente 38
XIII. Tabla de análisis de ANOVA 42
XIV. Costo de la fabricación de una emulsión en frío con la primera variación en el porcentaje de surfactante 45

XV. Costo de la fabricación de una emulsión en frío con la segunda variación en el porcentaje de surfactante 45
XVI. Costo de la fabricación de una emulsión en frío con la tercera variación en el porcentaje de surfactante 45
XVII. Costo de la fabricación de una emulsión en caliente con la primera variación en el porcentaje de surfactante 46
XVIII. Costo de la fabricación de una emulsión en caliente con la segunda variación en el porcentaje de surfactante..... 46
XIX. Costo de la fabricación de una emulsión en caliente con la tercera variación en el porcentaje de surfactante 46
XX. Análisis organoléptico de una emulsión en frío con la primera variación (1,50 %) en el porcentaje de surfactante..... 46
XXI. Análisis organoléptico de una emulsión en frío con la segunda variación (1,00 %) en el porcentaje de surfactante..... 47
XXII. Análisis organoléptico de una emulsión en frío con la tercera variación (0,50 %) en el porcentaje de surfactante..... 47
XXIII. Análisis organoléptico de una emulsión en caliente con la primera variación en el porcentaje de surfactante 49
XXIV. Análisis organoléptico de una emulsión en caliente con la segunda variación en el porcentaje de surfactante 49
XXV. Análisis organoléptico de una emulsión en caliente con la tercera variación en el porcentaje de surfactante 49
XXVI. Comparación de los dos tipos de emulsiones 51
XXVII. Comparación de las tres variaciones de surfactante de la emulsión en frío para la crema de uso capilar 51
XXVIII. Comparación de las tres variaciones de surfactante de la emulsión en caliente para la crema de uso capilar 51
XXIX. Análisis fisicoquímico de una emulsión en frío con las diferentes variaciones en el porcentaje de surfactante 53

XXX. Análisis fisicoquímico de una emulsión en caliente con las diferentes variaciones en el porcentaje de surfactante 53
XXXI. Energía requerida para cada emulsión 54
XXXII. Análisis estadístico de los dos métodos utilizados para fabricar una crema de uso capilar aceptación de excelente para surfactante al 1,5 % 55
XXXIII. Análisis estadístico de los dos métodos utilizados para fabricar una crema de uso capilar aceptación de excelente para surfactante al 1,0 % 55
XXXIV. Análisis estadístico de los dos métodos utilizados para fabricar una crema de uso capilar aceptación de excelente para surfactante al 0,5 % 55
XXXV. Análisis estadístico del pH de los dos métodos utilizados para fabricar una crema de uso capilar con tres variaciones de surfactante.....56
XXXVI. Análisis estadístico de la viscosidad de los dos métodos utilizados para fabricar una crema de uso capilar con tres variaciones surfactante.....56
XXXVII. Análisis estadístico del tiempo de los dos métodos utilizados para fabricar una crema de uso capilar con tres variaciones surfactante.....56
XXXVIII. Análisis de varianza ANOVA para surfactante al 1,5 % en el método en caliente y método en frío.....57
XXXIX. Análisis de varianza ANOVA para surfactante al 1,0 % en el método en caliente y método en frío.....57
XL. Análisis de varianza ANOVA para surfactante al 0,5 % en el método en caliente y método en frío.....58

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius
H	Horas
Kg	Kilogramos
Pa.S	Pascales por segundo
Q	Quetzales
Rpm	Revolución por minuto

GLOSARIO

Centrifugación Proceso de separación que usa la acción de la fuerza centrífuga para promover el asiento de partículas que se encuentran mezcladas con líquidos.

Conservantes Sustancias adicionadas a los productos de higiene personal, cosméticos y perfumes con la finalidad primaria de preservarlos de daños y o deterioros causados por microorganismos durante su fabricación y stock, así como proteger al consumidor de contaminación inadvertida durante el uso del producto.

Emulsificación Proceso por medio del cual un líquido es dispersado en otro en forma de pequeñas gotas.

Fase acuosa Etapa líquida de una sustancia que también puede existir en otras formas durante ciclos de cambio, como la existencia de agua en estado líquido y otras veces en forma de hielo o vapor acuoso.

Fase oleosa Constituida por un producto químico orgánico de síntesis como: hidrocarburos o grasas y aceites procedentes de materias primas apenas manipuladas, por tanto, próximos a productos

naturales de naturaleza orgánica, por ejemplo, aceites vegetales.

Fase acuosa Consiste en agua pura, lo normal es que además se encuentren varios productos de naturaleza hidrófila entre los componentes solubles en medio acuoso.

Procedimiento Instrucciones cuya finalidad es documentar y orientar las etapas de un proceso relacionadas con una determinada operación.

Surfactante Son emulsionantes de sustancias que permiten conseguir o mantener una emulsión en función de su mayor o menor dispersión en agua, y su mayor o menor estabilización de las micelas o coloides, los tensión activos se emplean como emulsionantes, humectantes, detergentes o solubilizantes.

Viscosidad Propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se aplica una fuerza.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se realizó una evaluación del costo, propiedades fisicoquímicas y organolépticas en el proceso de fabricación de cremas de uso capilar con diferentes tipos de emulsión a nivel laboratorio, en la empresa CONTRASA; se estableció así la disminución de costos y tiempos de fabricación obteniendo los mismos resultados en el producto.

Se determinó el desempeño de una fórmula alterna propuesta. Por medio de parámetros establecidos como organolépticos, fisicoquímicos y costos en cada formulación. También, se hicieron ensayos con variaciones en el porcentaje de surfactante en cada tipo de emulsión que ayudó a determinar el tipo de emulsión con el mejor desempeño y beneficio en su desarrollo.

Con base en los resultados obtenidos se determinó que no existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas entre ambos métodos de fabricación. También, se estableció que el costo de fabricación de una crema de uso capilar en caliente es 27,80 % mayor al de una emulsión en frío; además, el tiempo requerido para la elaboración de una crema de uso capilar con un proceso de una emulsión en frío es menor al proceso de emulsión en caliente, se reduce aproximadamente 40 minutos. Al utilizar un porcentaje menor al 0,5 % de surfactante la emulsión empieza a presentar una leve separación entre las fases.

OBJETIVOS

General

Evaluar el costo y las propiedades fisicoquímicas en el proceso de fabricación de una crema de uso capilar utilizando los dos tipos de emulsiones y variando el porcentaje de surfactante en la empresa CONTRASA.

Específicos

1. Calcular el costo de la formulación de una emulsión en caliente y en frío de acuerdo a la materia prima utilizada a nivel de laboratorio.

2. Comparar el tiempo de fabricación de las emulsiones en frío y en caliente que se realizan en la planta de cosméticos.

3. Determinar los aspectos fisicoquímicos y organolépticos de las emulsiones fabricadas en caliente y en frío.

4. Evaluar el comportamiento de una emulsión en frío y en caliente al variar el porcentaje utilizado de surfactante.

Hipótesis

Hipótesis de trabajo

Es factible determinar las propiedades fisicoquímicas y organolépticas en el proceso de la fabricación de los dos tipos de emulsiones para una aplicación en una crema de uso capilar.

Hipótesis de investigación: H_{i1}

Existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas en el proceso de fabricación de una crema de uso capilar realizada con los procesos de emulsión en frío y en caliente, en función al porcentaje de surfactante utilizado.

Hipótesis nula: H_{o1}

No existe diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas en el proceso de fabricación de una crema de uso capilar realizada con el proceso de emulsión en frío y en caliente, en función al porcentaje de surfactante utilizado.

INTRODUCCIÓN

La industria cosmética hoy en día es una de las industrias con mayor crecimiento en Guatemala debido a las nuevas alternativas en los procesos de fabricación y a las materias primas innovadoras que se han ido introduciendo en el mercado que benefician de forma significativa el mejoramiento de la estética y el cuidado que necesita el cuerpo humano.

CONTRASA, y su división cosmética LeCleire, ha evolucionado constantemente con la innovación de materias primas, activos y optimizando los tiempos de fabricación. También, ha logrado mayor evolución en el desarrollo de productos nuevos con las mejores formulaciones y materias primas de alta calidad.

El siguiente trabajo de graduación desarrolla la elaboración de cremas de uso capilar mediante dos procesos: emulsión en frío y emulsión en caliente. Las emulsiones cosméticas son ampliamente utilizadas con diferente fines: limpiar, humectar, nutrir la piel o para fines de estética como el cuidado del cabello del ser humano.

Las emulsiones generalmente se preparan mediante un proceso en caliente para así fundir la fase oleosa y mezclarla con la fase acuosa y otras materias primas; este proceso requiere de vapor proveniente de una caldera, energía eléctrica o gas propano para suministrar el calor necesario. Al preparar la emulsión, se espera que esta alcance una temperatura ambiente para hacer las pruebas que indicarán si el producto es aceptado o rechazado.

La elaboración de cremas capilares se produce con energía eléctrica para suministrar el calor requerido. El alto costo del consumo de materias primas y el tiempo en la elaboración de las emulsiones en caliente son las razones por las cuales se examinaron alternativas para producir estas emulsiones en menor costo y tiempo.

La implementación de un nuevo proceso que no requiera calor como fuente de energía, disminución de tiempos de producción, ahorro económico, aumento de producción y un proceso simplificado de dichos productos es una de las soluciones que busca la industria cosmética guatemalteca CONTRASA.

Para tener los datos del nuevo proceso propuesto se realizaron evaluaciones, comparaciones y ensayos de una formulación previa de una base para una crema de uso capilar para una emulsión en frío realizando pruebas fisicoquímicas, organolépticas y de estabilidad que afectan directamente a una emulsión.

Con la fórmula base desarrollada se realizaron tres cremas de uso capilar con tres variaciones en el porcentaje de surfactante (1,5; 1,0; 0,5); se obtuvieron 3 fórmulas con un proceso de emulsión en frío. Se realizaron las mismas variaciones para el proceso de emulsión en caliente.

Se obtuvieron 6 fórmulas con cada proceso de emulsión: 3 en proceso de emulsión en frío y 3 en proceso de emulsión en caliente. En cada fórmula se tomaron varios datos: tiempos de pesado de materia prima, agitación, emulsión, fundición de materia prima, incorporación de activos. Una vez producidas las cremas se procedió a evaluar las propiedades organolépticas y fisicoquímicas.

La evaluación de pruebas organolépticas fue mediante una encuesta que consistió de 8 preguntas para describir la funcionalidad del producto final. Al realizar la comparación entre el costo de fabricación de los 2 tipos de emulsiones se determinó que el proceso en frío es de menor costo.

La estabilidad acelerada es la evaluación de las propiedades organolépticas y fisicoquímicas de la crema durante 2 meses. Se establecieron 4 factores que afectan la estabilidad en una crema: estabilidad a temperatura ambiente, estabilidad en horno (40 ºC), estabilidad en refrigeración (6 ºC) y estabilidad en sol. La crema con la segunda variación en un proceso de caliente fue la que logró cumplir con las especificaciones establecidas.

La propuesta de la crema con la primera variación del proceso en frío fue estable, con un costo moderado y cumplió con las especificaciones establecidas. Esta crema fue aceptada con mayor porcentaje según las evaluaciones de las encuestas, luego se realizaron nuevos procedimientos de fabricación para cremas de uso corporal. Se pudo observar de igual manera el comportamiento de los dos procesos: con el proceso en caliente se obtiene una crema con mayor aceptabilidad para el consumidor debido a la apariencia y consistencia; sin embargo, en cuestión de costos y tiempos, el proceso de elaboración de una emulsión en frío es de mayor beneficio para la compañía.

1. ANTECEDENTES

A nivel mundial en la ingeniería química y otras ramas afines se encuentran en su mayoría estudios sobre las emulsiones que comúnmente se han elaborado con base en un proceso que utiliza calor energético para sus materias primas; se encuentra una parte oleosa y otra acuosa. Sin embargo, el tema de la elaboración de emulsiones es un tema cuya mayor explotación se da en el campo de la industria en crecimiento, como la empresa CONTRASA. Los estudios presentados a continuación abordan temas relacionados más no específicos acerca del tema principal.

En 2008, David Antonio Vásquez López realizó en la Universidad de San Carlos de Guatemala el estudio titulado: *Comparación del costo y el beneficio en la fabricación de emulsiones cosméticas de acuerdo al consumo energético*; asesorado por el ingeniero José Eduardo Calderón. En este trabajo de graduación se evaluó el costo de operación por emulsión y la toma de tiempos en la fabricación de lotes de emulsiones. Los resultados muestran que los valores de la elaboración de una emulsión en frío son los de menor costo y el que tiene mayor beneficio en cuanto al tiempo de fabricación, sin embargo, el costo de materia prima es más elevado en la elaboración de una elusión en frío.

En 2012, Lileana Magali Álvarez Cho realizó en la Universidad de San Carlos de Guatemala el estudio de graduación titulado: *Estudio del emulsificante como variable de estabilidad de una mezcla semisólida para la fabricación de cremas cosméticas*; asesorado por el ingeniero Ramón Caballeros Suárez. Se caracterizó la evaluación de cada materia y la estabilidad que logran las emulsiones al usar materias primas adecuadas.

En abril de 2008, Lucy Margarita Palencia Juárez realizó en la Universidad de San Carlos de Guatemala el trabajo de graduación titulado: *Estandarización del pH en la manufactura de formulaciones de emulsiones cosméticas con hidróxido de sodio*, asesorada por la Licda. Norma Leticia Duarte Quijada. Trabajo de graduación que evaluó la implementación del hidróxido de sodio para obtener un rango pH de 5,5 y 6,5 ya que con este rango se conserva el grado de acidez natural de la piel. Determinan de igual manera que el ácido esteárico es el de mayor influencia en afectar el pH de la emulsión.

En octubre de 2015, Flor Azucena Valdez contreras realizó en la Universidad de San Carlos de Guatemala el trabajo de graduación titulado: *Implementación y desarrollo en procesos de fabricación de cremas de uso corporal, obtenidas usando como base emulsión fabricada en frío, dirigida a la venta por catálogo de cosméticos en Centroamérica en la empresa Lancasco. S.A., Planta Atlántico*; asesorada por el ingeniero Erick Martín Cambranes Morales. Trabajo de graduación que implementó y desarrolló un diseño para la formulación de cremas de uso corporal usando como base una emulsión en frío; se estableció la disminución de costo y tiempos de fabricación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Emulsión

Una emulsión es un sistema heterogéneo constituido de dos líquidos no miscibles entre sí en el cual la fase dispersa está compuesta de pequeños glóbulos distribuidos en el vehículo en donde son inmiscibles; pueden presentarse como semisólidos o líquidos; los principales activos y aditivos pueden estar en la fase externa o en la fase interna.

2.2. Emulsificantes

Son sustancias que estabilizan las emulsiones, compuestos orgánicos de alto peso molecular; tienen una parte hidrofóbica que es soluble en el medio orgánico y una parte hidrofílica soluble en el medio acuoso.

Los emulsificantes disminuyen la tensión superficial; se suele agregar a una de las dos fases para facilitar la formación de una dispersión estable. Un emulgente impide la repulsión entre el aceite y el agua y previene la unión de gotículas entre sí. El agente emulsificante es un agente activo de superficie o surfactante.

Un emulsificante facilita la formación de gotículas al reducir la tensión interfacial de los dos líquidos.

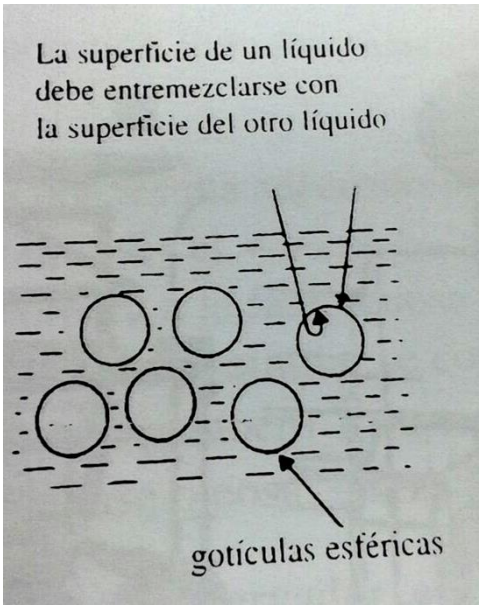
Los agentes emulsificantes pueden actuar mediante tres diferentes mecanismos:

- Adsorción del anfífilo sobre la superficie de la gotícula para disminuir la energía superficial.

- Formación de cristales líquidos que sirven como escudo entre la fase oleosa y la fase acuosa.

- Formación de una envoltura de gel que protege a las gotículas para que no coalezcan.

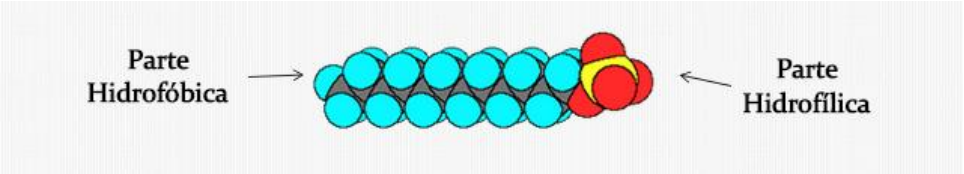
Figura 1. **Gotículas esféricas**



Fuente: SIMMONS, John B. *Cosméticos: formulación, preparación y aplicación.* p. 109.

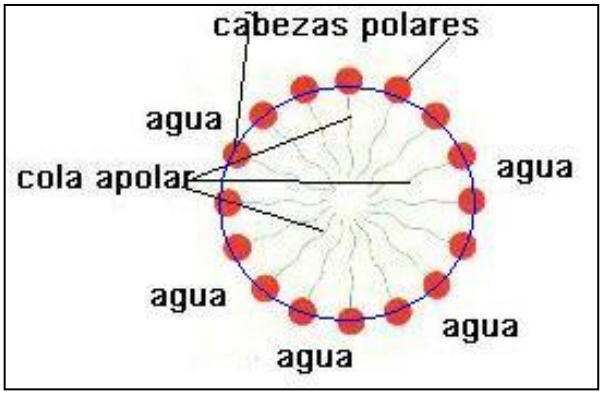
El comportamiento del surfactante en la interfase agua/aceite es el factor dominante en la estabilización de emulsiones.

Figura 2. **Ilustración de surfactante**



Fuente: *Deshidratación y desalado de crudos.* http://slideplayer.es/slide/3615012/. Consulta: 25 de febrero de 2016.

Figura 3. **Componente hidrófobo y componente hidrofílico**



Fuente: *Biopolímeros.* http://www.uib.cat/facultat/ciencies/prof/ josefa.donoso/ campus/modulos/modulo/modulo8_3.htm. Consulta: 25 de febrero de 2016.

Son tensoactivos que se agregan a la fase grasa de la emulsión para brindar las siguientes características:

- Dispersa la grasa en finas esferas en el seno de la fase acuosa
- Estabilidad
- Unifica las fases de la emulsión (grasa – acuosa)
- Brinda sensación agradable a la piel

- Da mayor extensibilidad sobre la piel
- Compatibilidad cutánea, estandarización de formulaciones

Los emulsificantes pueden clasificarse como iónicos (aniónicos, catiónicos), no iónicos y anfóteros.

2.2.1. Aniónicos

Entre estos se encuentran los jabones, alquilsufatos y los fosfatos.

2.2.2. Catiónicos

Se utilizan en sistemas de aceite en agua (O/W) y su mayor aplicación es en cremas y acondicionadores capilares.

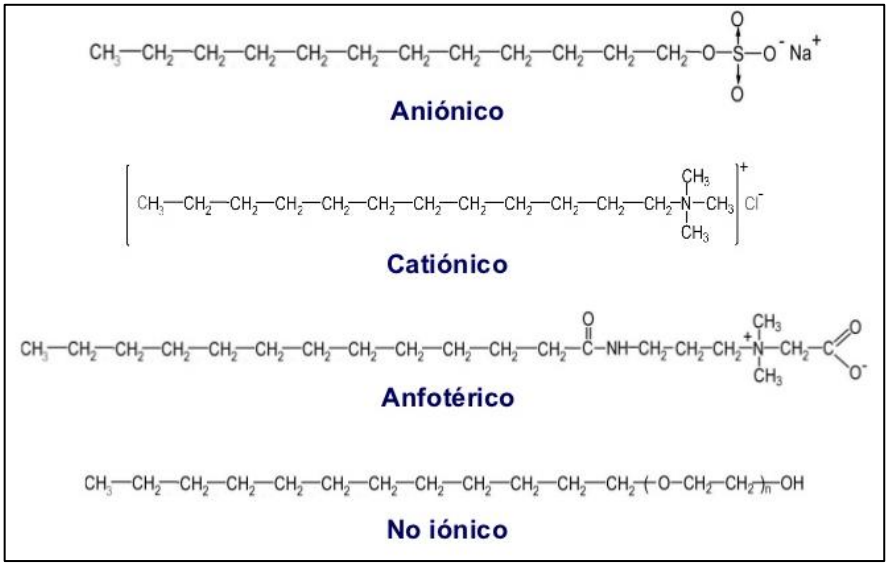
2.2.3. No iónicos

Compuestos covalentes. Solubles en agua para formar emulsiones de aceite en agua O/W y solubles en aceite para emulsiones de agua en aceite W/O. Son de carácter no polar y presentan los siguientes beneficios:

2.2.3.1. Anfóteros

Se comportan como catiónicamente o aniónicamente activos en función del medio en que se encuentren.

Figura 4. **Moléculas de los tipos de emulsificantes**



Fuente: *Cátedra de Farmacotecnia, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.* http://es.slideshare.net/zinzita/emulsiones. Consulta: 25 de febrero de 2016.

2.3. Clasificación de las emulsiones

Existen varios criterios que se puede emplear para clasificar emulsiones:

2.3.1. Por tamaño de micela

Tabla I. **Clasificación según tamaño de micela**

Diámetro medio	Aspecto visual	Ejemplo
Hasta 500 µm	Partículas visibles a simple vista	Arena fina
Hasta 100 µm	Límite de visibilidad	Almidón de papa
Hasta 10 µm	Opaco lechoso	Leche natural
Hasta 1 µm	Lechoso blanco	Leche homogeneizada
Hasta 100 nm	Lechoso azulado	Emulsión muy fina

Fuente: VÁSQUEZ LÓPEZ, David Antonio. *Comparación del costo y el beneficio en la fabricación de emulsiones cosméticas de acuerdo al consumo energético*. p. 4.

2.3.2. Por su composición

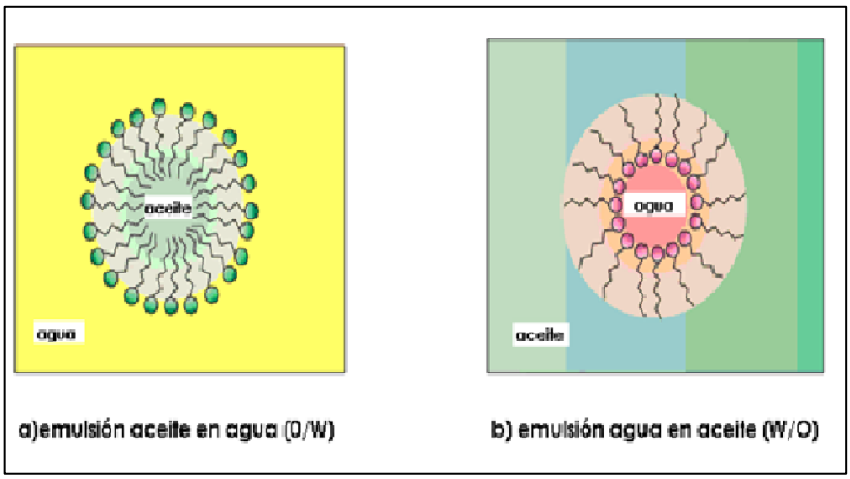
2.3.2.1. Emulsiones O/W (aceite en agua)

Son llamadas también emulsiones oleoacuosas; están compuestas por pequeñas gotas de aceite rodeadas de una fase acuosa, es decir, si las gotas de aceite son dispersas en una fase acuosa continua.

2.3.2.2. Emulsiones W/O (agua en aceite)

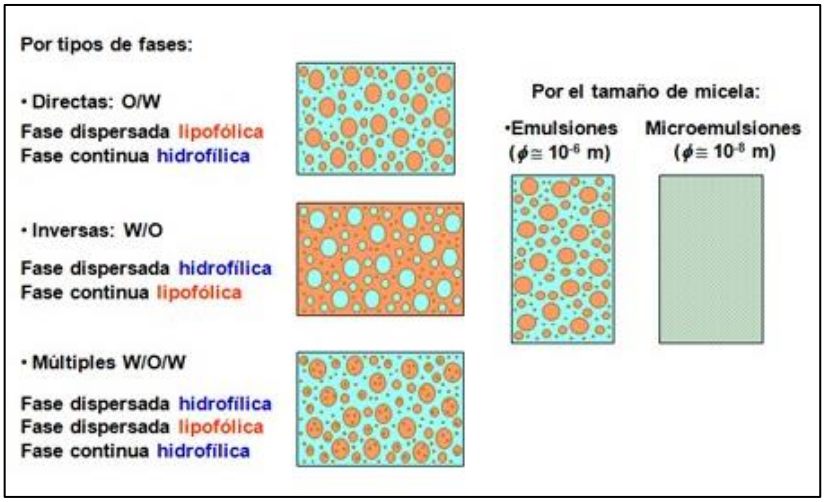
Son llamadas también emulsiones hidroacuosas; son compuestas por pequeñas gotas de agua rodeadas de una fase de aceite, es decir, si el aceite es la fase continua.

Figura 5. **Tipos de emulsiones**



Fuente: *Sistema BHL*. http://sistemahlb.blogspot.com/2010/06/balance-hidrofilico-lipofilico.html. Consulta: 25 de febrero de 2016.

Figura 6. **Por su composición**



Fuente: *Biopolímeros.* http://www.uib.cat/facultat/ciencies/prof/ josefa.donoso/ campus/modulos/modulo/modulo8_3.htm. Consulta: 25 de febrero de 2016.

2.3.3. Por su aplicación

2.3.3.1. Como vehículo

Una emulsión sirve como vehículo cuando se busca un beneficio dado debido a un principio activo y no a las propiedades de la emulsión, por ejemplo, los protectores solares u otro fin.

2.3.3.2. Como emulsión

Este es el caso de las cremas humectantes o hidratantes, pues no se les agrega ningún aditivo sino que se usa debido a los beneficios del producto.

2.3.3.3. Como limpieza de la piel

Son todas cremas que cumplen la función de limpiar como las cremas desmaquillantes.

2.3.3.4. Como beneficio

Cremas con beneficios: como antiestrías, regeneradoras, antiedad, anticelulitis, etc.

2.3.3.5. Como protectoras

Son todas las que contienen SPF, dígase los protectores solares.

2.3.4. Por su finalidad

2.3.4.1. Como decorativas

Todo lo relacionado con color, maquillajes.

2.3.4.2. Como estéticas

Cremas depiladoras y de afeitar.

2.4. Balance hidrofílico lipofílico

El concepto HLB se basa en un método experimental que consiste en atribuir un cierto número HLB a los agentes emulsionantes a partir de datos relativos a la estabilidad de una emulsión. Este número HLB representa implícitamente varios parámetros y da cuenta del balance hidrofílico-lipofílico del sistema.

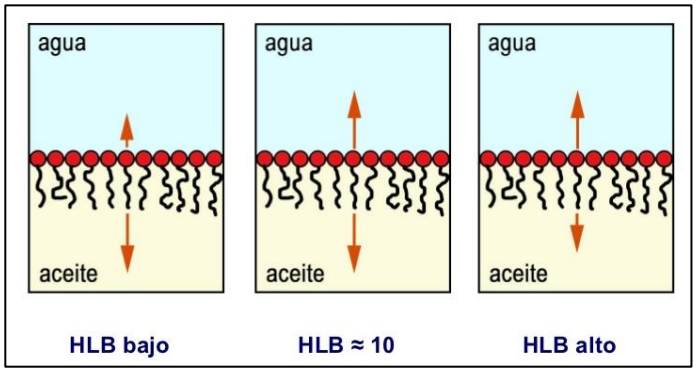
2.4.1. Definición de balance hidrofílico lipofílico

El HLB de un surfactante es una expresión de su balance hidrófilo – lipófilo, es decir, el balance del tamaño y fuerza de los grupos hidrofílicos (afín al agua o polar) y lipofílicos (no afín al agua o no polar) de un surfactante. Todos los surfactantes consisten de una molécula que combina tanto a grupos hidrofílicos como a lipofílicos.

El balance hidrofílico-lipofílico o HLB, por sus siglas en inglés, es un sistema numérico para la clasificación de las propiedades de la emulsificación

que permite eliminar un gran número de emulsificantes antes de comenzar con los ensayos experimentales.

Figura 7. **Balance hidrofílico lipofílico**



Fuente: *Cátedra de Farmacotecnia, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.* http://es.slideshare.net/zinzita/emulsiones. Consulta: 25 de febrero de 2016.

Tabla II. **Rangos de HBL en la industria**

HLB	USOS
4-6	Emulsionante (agua en aceite).
7-9	Humectante.
8-18	Emulsionante (aceite en agua).
13-15	Detergente.
15-18	Solubilizante.

Fuente: *Cátedra de Farmacotecnia, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires*. http://es.slideshare.net/zinzita/emulsiones. Consulta: 25 de febrero de 2016.

2.5. Características de las emulsiones

2.5.1. Características físicas

- Emulsión O/W (aceite en agua)
    - Evaporación rápida dejando sensación fresca en la piel
    - Sensación seca
    - Estabilidad buena a temperatura baja
    - Fabricación con materias primas de bajo costo
    - Buena aplicación en áreas de la piel
- Emulsión W/O (agua en aceite)
    - Sensación de grasa en la piel.
    - Buena barrera protectora.
    - Mantiene la humedad cutánea.
    - Preparación de cremas con materias primas lipofílicas que fácilmente los absorbe la piel.

Otras características físicas determinantes para la estabilidad de una emulsión que se deben tomar en cuenta son: tipo de emulsión, determinación de pH, resistencia a centrifuga y resistencia a los cambios de temperaturas.

2.5.2. Características organolépticas

Son todas las características que pueden percibirse de forma directa por los sentidos sin utilizar aparatos o instrumentos de estudios. Estas características deben cumplir con las necesidades del consumidor final del producto: olor, color, aroma, aspecto, presentación.

2.5.3. Características físico-químicas

El estado natural de las emulsiones tiende a ser inestable y por esta razón sus fases sufren una separación, por lo tanto, es importante evaluar las siguientes características para evitar problemas posteriores a su elaboración.

Entre estas características se pueden mencionar:

2.5.3.1. Tipo de emulsión

Indica si la fase externa es agua o aceite. Existen mecanismos para evaluar el sentido de la emulsión:

- Dilución: una emulsión de fase externa acuosa se disuelve en agua mientras que la de fase externa aceite no lo hace.

- Coloración: se añaden gotas de colorante soluble en una de las fases e insoluble en otra, lo que indica que la emulsión toma el color de la fase continua.

2.5.3.2. Tamaño de gotícula de fase interna

El tamaño ideal de la gotícula de una emulsión oscila entre el rango de 0,5 a 2,5 micras; dan una mejor estabilidad las más finas.

2.5.3.3. Determinación de pH

Las emulsiones que tienen aplicación en el cabello han de mantener el pH ligeramente ácido de un rango de 3 a 6.

2.5.3.4. Resistencia a centrífuga

Consiste en someter la emulsión a una fuerza de 5 a 10 g durante varios minutos soportando cierto número de revoluciones sin que esta se separe; esta prueba ayuda a evaluar la resistencia al cremado.

2.5.3.5. Resistencia a cambios de temperatura

Las emulsiones son sometidas a cambios de temperatura durante un tiempo determinado. El estudio se realiza a tres temperaturas diferentes: 5 °C, 45 °C y temperatura ambiente por 3 días.

2.6. Propiedades de las emulsiones

Una emulsión posee propiedades que están determinadas por el emulsificante, el tipo de emulsión y por otros factores como las propiedades de la fase continua, la relación entre la fase interna y la externa, el tamaño de partícula de la emulsión, la relación entre la fase continua y las partículas (incluso las cargas iónicas) y las propiedades de la fase discontinua.

2.6.1. Solubilidad de la emulsión

La solubilidad de una emulsión está terminada por la fase continua, es decir, si la fase continua es hidrosoluble la emulsión puede ser diluida con agua, y si la fase continua es oleosoluble la emulsión se puede disolver en aceite.

2.6.2. Viscosidad en la emulsión

La viscosidad de una emulsión cuando hay exceso de fase continua es virtualmente la viscosidad de dicha fase. Al aumentar la proporción de la fase interna aumenta la viscosidad de la emulsión hasta un punto en que la emulsión deja de ser líquida. Cuando el volumen de la fase interna sobrepasa el de la externa, se aglomeran las partículas de la emulsión y la viscosidad aparente es parcialmente viscosidad estructural.

La viscosidad de las emulsiones cosméticas varía según la cantidad del agente espesante; también, se ve influida por la cantidad de grasas que contiene la fase oleosa, así como del tipo y cantidad de emulsificante. La literatura no indica claramente cuál es el efecto de la formulación, sino que al aumentar la concentración de emulsionante, disminuye el tamaño de gota y, por lo tanto, un aumento de viscosidad. Otro aspecto a considerar es que la viscosidad puede estar considerablemente afectada por la formulación. En realidad parece que la viscosidad de la emulsión es extremadamente baja para los sistemas de tensión interfacial ultrabaja; el tamaño de gota de tales sistemas debe ser muy pequeño, pero la velocidad de coalescencia es también muy rápida.

2.6.3. Estabilidad de la emulsión

La estabilidad de una emulsión depende de los siguientes factores: el tamaño de partícula, la diferencia de densidad de ambas fases, la viscosidad de la fase continua y de la emulsión acabada, las cargas de las partículas, la naturaleza, la eficacia y cantidad del emulsivo, y las circunstancias de almacenamiento, o sea, las temperaturas altas y bajas, la agitación y vibración, la dilución o evaporación durante el almacenamiento o el uso.

La estabilidad se refiere a la no coalescencia de las partículas de la emulsión y la no sedimentación.

2.6.4. Tamaño y distribución

Los tamaños de las partículas de una emulsión son gobernados por la cantidad y la eficacia del emulsivo, el orden de la mezcla y la clase de agitación.

2.6.5. Color y apariencia

Las emulsiones tienden a tener un aspecto turbio debido a la fase de muchas interfaces de dispersión de la luz a medida que pasa a través de la emulsión. Las emulsiones se ven blancas cuando toda la luz se dispersa por igual. Si la emulsión se diluye lo suficiente, más alto, la frecuencia y de baja longitud de onda de la luz se dispersa más, y la emulsión aparecerá más azul esto se llama el efecto Tyndall.

Si la emulsión se concentra lo suficiente, el color se distorsiona hacia longitudes de onda relativamente largas y aparece más amarillo. Este fenómeno es fácilmente observable al comparar la leche desnatada que contiene poca grasa; a la crema que contiene una concentración mucho más alta de grasa de la leche.

Estas propiedades de color están relacionadas con el índice de refracción y las del aspecto se definen según la textura, producción de gas, degradación de activos y la presentación del producto, según las especificaciones determinadas por el fabricante.

2.6.5.1. Efecto Tyndall

Se conoce como efecto Tyndall al fenómeno a través del cual se hace presente la existencia de partículas de tipo coloidal en las disoluciones o también en gases, debido a que estas son capaces de dispersar la luz.

2.6.6. Textura

Conjunto de percepciones que permiten evaluar las características físicas de una muestra por medio del sentido del tacto excluyendo las influencias de temperatura y color.

2.6.7. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica de una emulsión depende de la conductividad de la fase continua.

2.7. Definición de producto cosmético

Los cosméticos son productos para la belleza, higiene o cuerpo. Son sustancias o preparados destinados a aplicarse en las diversas partes superficiales del cuerpo. Su función varía desde limpiar, perfumar o proteger hasta modificar, mantener y corregir aspectos u olores corporales. Los productos cosméticos se pueden presentar de distintas formas como cremas o geles, entre otros.

2.8. Categorías de productos cosméticos

- Corporales
- Faciales
- Capilares

- Protectoras
- Fragancias
- Maquillaje
- Limpieza
- Uso diario

2.9. Área de producción de productos cosméticos

El área de producción de cosméticos debe cumplir con varias normas estrictas como las buenas prácticas de manufactura, normas ISO, normas OSHA, entre otras, dependiendo de las certificaciones que estén implementadas para el proceso de la fabricación. Por lo que se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros.

- Procedimientos garantizados y certificados del uso del producto.

- Almacenaje correcto de las materias primas, material de empaque, lotes y producto terminado. Deben ser almacenados y transportados bajo condiciones apropiadas para prevenir la contaminación del producto.

- Identificación correcta de la materia prima, del lote a trabajar y del producto terminado.

2.10. Proceso de fabricación de cremas cosméticas

La fabricación de cremas cosméticas se divide en cuatro fases:

- Formulación
- Fabricación a escala laboratorio

- Fabricación lote piloto
- Fabricación a gran escala

2.10.1. Formulación

Esta es la primera fase de la fabricación de cremas cosméticas. Donde se define el tipo de emulsión. En esta fase se define todo los componentes y principios activos que tendrá la emulsión. Es la fase más importante de la fabricación por lo que se deben tomar en cuenta todos los parámetros tanto económicos como de estabilidad de la emulsión.

2.10.2. Fabricación a escala laboratorio

Es la segunda fase de la fabricación de una crema cosmética; los equipos a nivel laboratorio pueden llegar a ser de lo más sencillo a lo más complejo. A nivel laboratorio no se obtiene una fabricación de gran cantidad, sin embargo, es la cantidad necesaria para poder evaluar los parámetros de calidad de la crema.

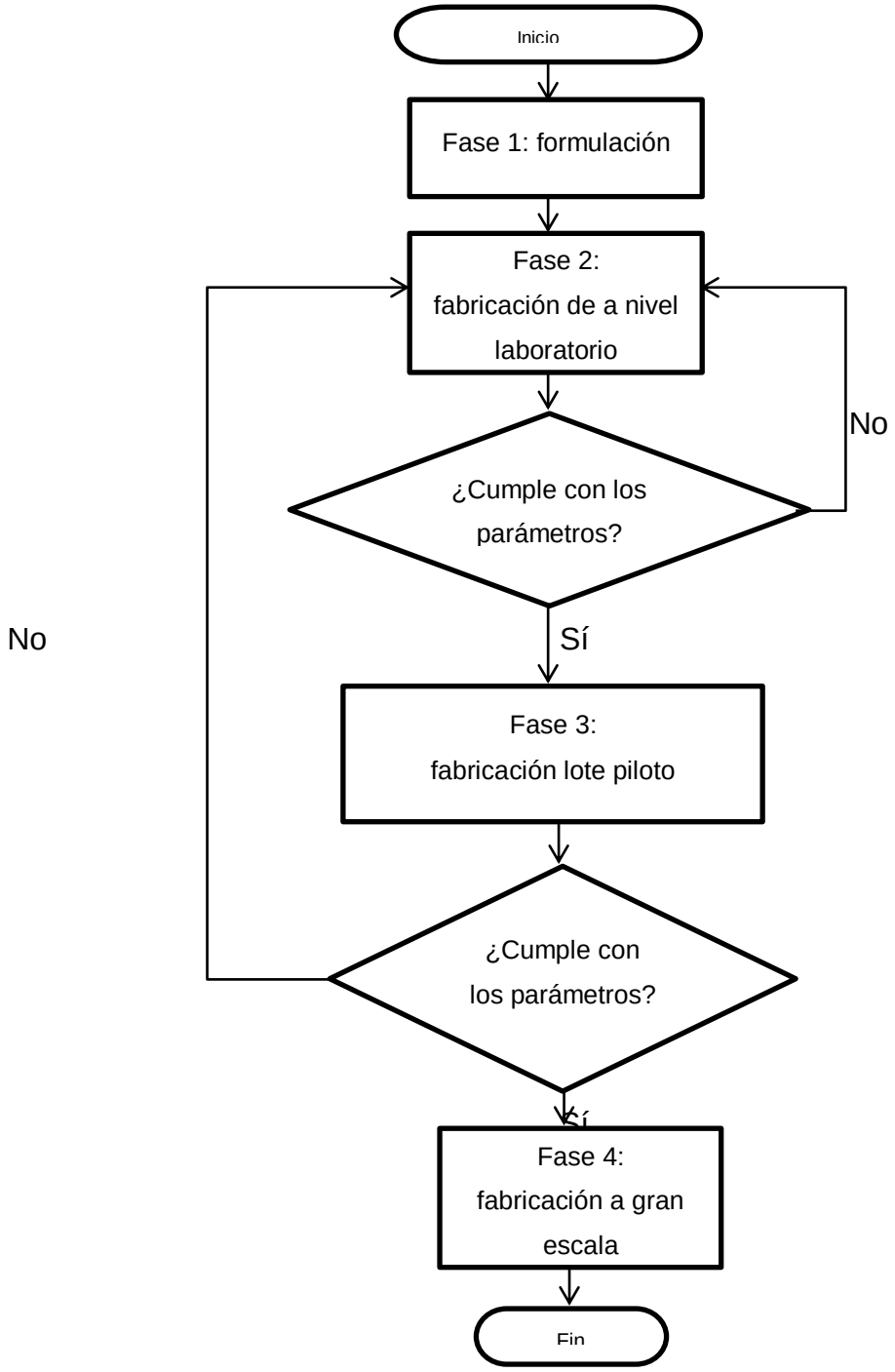
2.10.3. Fabricación de lote piloto

Es la fase tercera de fabricación donde se fabrica una crema cosmética trabajada a nivel laboratorio de una cantidad aproximada de 50 kg; se verifica el comportamiento exacto del escalonamiento.

2.10.4. Fabricación a gran escala

Cuarta fase de fabricación de una crema cosmética en la cual se procede a fabricar lotes discontinuos de 200 Kg a 6 000 Kg. Esta fase es fabricada después de obtener los resultados aceptables en la tercera fase.

Figura 8. **Proceso de fabricación de cremas cosméticas**



Fuente: elaboración propia.

2.11. Modo de fabricación de emulsiones

Las emulsiones se pueden fabricar de diferentes maneras:

- Fabricación en caliente
- Fabricación en fío

2.11.1. Fabricación en caliente

Para fabricar una emulsión en caliente se debe realizar el siguiente procedimiento:

2.11.1.1. Fase acuosa

Antes de iniciar cualquier proceso se debe cumplir con las normas de buenas prácticas de manufactura, limpiando y desinfectando el mezclador. Se pesa el 50 % de agua a utilizar para luego proceder a calentarla. En esta fase se agregan las materias primas solubles en agua.

Se procede a mezclar dando agitación al tanque a una velocidad moderada de unos 20 rpm hasta llegar a una temperatura de 75 °C – 80 °C

2.11.1.2. Fase oleosa

En esta fase de igual manera se deben limpiar y desinfectar los instrumentos y el equipo. Se introducen a la marmita las ceras que se deben controlar que tengan una temperatura de 75 °C hasta que estén completamente fundidas agitando a una velocidad de 300 rpm - 400 rpm.

Se logra observar un color amarillento en las grasas que indica su total fundición.

Se agrega la fase oleosa a la acuosa lentamente de tal forma que se logre la emulsión formando un compuesto viscoso y blanquecino similar a la nata. Este proceso debe realizarse entre una temperatura de 75 °C – 80 °C. Se agita hasta llegar a una temperatura de 60 °C.

Luego, para lograr que la temperatura disminuya de manera eficaz se agrega el 50 % de agua restante y se agita a unos 40 rpm dejando que se incorpore el agua a la emulsión; se debe esperar que llegue a una temperatura de 40 °C.

Una vez conseguida esa temperatura, se observan características de una buena emulsión como un aspecto brillante y consistente que difícilmente podrá incorporarse aire. En esta fase se agregan los preservante y la fragancia que se agregan en esta fase o al lograr una temperatura menor para evitar la descomposición y evaporación de la fragancia.

2.11.2. Fabricación en frío

Para fabricar una emulsión en caliente se debe realizar el siguiente procedimiento:

2.11.2.1. Fase acuosa

Se limpia y desinfecta el tanque mezclador. Se pesa la cantidad de agua deseada.

2.11.2.2. Fase oleosa

Las materias primas de esta fase se agregan en el mezclador. En este tipo de emulsión se incorporan aceites, emolientes, preservantes, colorantes y fragancia. Las materias se agregan una a una con una agitación constante de tal manera de que las materias logren una buena incorporación.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Las variables que mayor aportación brindan para la metodología de trabajo son: viscosidad, pH, prueba de centrífuga, apariencia, color, olor, entre otras, enlistadas en la siguiente tabla.

3.1.1. Variables del sistema

Tabla III. **Variables del sistema**

Núm.	Variable	Dimensional	Factor potencial		Factores perturbadores	
			Constante	Variable	Controlable	No controlable
Análisis del proceso						
1.	Viscosidad	Pa-s	X		X	
2.	pH	Adimensional	X		X	
3.	Prueba de centrifuga	Rpm	X		X	
4.	Apariencia	Adimensional	X		X	
5.	Color	Adimensional	X			
6.	Olor	Adimensional	X		X	
7.	Separación de fases	Adimensional		X	X	
8.	Costo de materia prima	Q	X			X
9.	Costo de fabricación de cremas	Q/Kg	X			X
10.	Tiempo trabajado en cada emulsión	H		X		X
11.	Costo total de cada fabricación	Q		X		X

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Variables de control independientes

Tabla IV. **Variables de control independientes en una emulsión en frío y caliente**

Núm.	Variable	Unidades de medida	Descripción
1	Temperatura	°C	Temperatura en la que se fabricará la emulsión
2	Porcentaje de surfactante	%	Porcentaje de surfactante utilizado
3	Costo total de materia prima	Q	Costo de materia prima
4	Tiempo trabajada para cada emulsión	H	Tiempo en que se fabricó cada emulsión
5	Costo de fabricación de cada emulsión	Q	Costo de energía utilizada

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Variables de control dependientes

Tabla V. **Variables de control dependientes en una emulsión en frío y caliente**

Núm.	Variable	Unidades de medida	Descripción
1	Viscosidad en cada emulsión	Pa.s	Estabilidad que tuvo cada emulsión
2	pH en cada emulsión	Adimensional	Rango de pH que se utilizará en la emulsión
3	Costo de fabricación cada emulsión a diferente porcentaje de surfactante	Q	Costo fabricación de cada emulsión
4	Prueba de centrifuga	Rpm	Prueba de separación para cada emulsión
5	Propiedades organolépticas en general	Adimensional	Apariencias físicas, descripción del producto.
6	Porcentaje de variación del surfactante	%	Cantidad en porcentaje que se variara el surfactante

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación de campo de estudio

- Área: Laboratorio de Investigación y Desarrollo/Personal Care.
- Proceso: emulsiones cosméticas de uso capilar con proceso en frío y en caliente.
- Etapa del proceso: formulación de dos tipos de emulsiones: frío y caliente; que cumpla con los análisis organolépticos, fisicoquímicos y pruebas de estabilidad.
- Ubicación: Km 26.5 Carretera San Lucas Sacatepéquez, núm. 0.87, Finca Choacorral, San Lucas Sacatepéquez.
- Clima: húmedo frío rodeado de bosque húmedo templado.

3.3. Recursos humanos

- Investigadora responsable: María Alejandra Gómez Hernández.
- Gerente: Eliseo Monjes Reyes, del Departamento Investigación y Desarrollo CONTRASA.
- Jefe de laboratorio: María Fernanda Marín Calderón, Departamento Investigación y Desarrollo CONTRASA.
- Asesor: ingeniero Sergio Alejandro Recinos.

3.4. Recursos materiales disponibles

- Agua destilada
- Cetiol CC
- Crodamol STS
- Cosmedia CTH E
- Aceite mineral
- Glicerina

- Styleze W-20
- Pantenol
- Germall Plus
- Lonzaserve PC
- Crodacol CS90
- Incroquat Behenyl TMS 50
- Alcohol cetílico
- Ceraphil 70
- Emulgin B2
- Acondicionador Jaguar 300
- Gluadin WLM
- DC-1784
- DC- 1501
- DC-344
- Fragancia
- Extracto

3.5. Equipo y cristalería

En el laboratorio se emplea equipo especial para el desarrollo de las actividades práctica.

3.5.1. Equipo

- Incubadora *Termo Scientific* modelo 403.
- Balanza electrónica calibrada *Ohaus Scout Pro*, SP 6000 con precisión de 1 g y con un período de precalentamiento de media hora antes de uso.

- Viscosímetro rotacional digital Brookfield *RVDVE* serie 850016.
- Centrífuga de mesa Hettich EBA 20.
- Potenciómetro HACH modelo PH-3 serie 319060.
- Termómetro digital de pincho TRACEABLE.
- Motor de agitación CUTES CT-2000ES.
- Refrigerador.
- Cronómetro.
- Plancha térmica Thermo Scientific model No. SP131325.

3.5.2. Cristalería

- Espátula de acero inoxidable
- Micro-espátula de 120 mm
- Espátula cuchara, plana 230 mm
- Piseta 500 ml
- Escobilla de laboratorio
- Tubo de ensayo
- Vidrio de reloj
- Beaker de vidrio de 600 mL y 1 000 mL

3.6. Técnica cuantitativa y cualitativa

Las técnicas cualitativas y cuantitativas consisten en la descripción detallada de situaciones, eventos, personas, comportamientos observables.

Se determinó la cantidad de materia prima, tiempos de fabricación y costos de cada emulsión por medio de la técnica cuantitativa.

La técnica cualitativa fue de ayuda para poder determinar las propiedades organolépticas de cada emulsión cosmética obtenida como producto final.

3.7. Recolección y ordenamiento de la información

Los análisis se realizaron por medio de la comparación de costos de ambas emulsiones en los productos de uso capilar. También, por medio de los métodos establecidos dentro de la empresa CONTRASA para la satisfacción del cliente.

Se logró obtener una crema de uso capilar por medio de un método denominado proceso en frío que consiste en realizar la fabricación de una crema que no necesita calor para adquirir la emulsión sino que se utiliza un polímero emulsionante para obtener la consistencia adecuada y se mezclan todos los materiales a temperatura ambiente. Para obtener la crema de uso capilar se evaluó la materia prima enviadas por el proveedor, debiendo cumplir con análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la corporación. Seguidamente, se realizó una lista de materia prima para fabricar la crema de uso capilar con proceso en caliente anotando el porcentaje de uso, la función de cada materia prima para tener una idea de cómo formular.

3.7.1. Emulsión en frío para una crema de uso capilar

- Se tomó el dato de hora de inicio y finalización de fabricación.
- Se tomó el dato de fecha de inicio y finalización de fabricación.
- Se pesó el agua desmineralizada en un recipiente adecuado de 1000 mL de capacidad.
- Se pesó Germall Plus, Pantenol, Styleze W20, glicerina, aceite mineral, Cetiol CC, Crodamol STS, silicona DC-1501, Cosmedia CTH E.

- Se agregó la materia prima pesada con anterioridad al recipiente de 100 mL con agua y se agitó constantemente hasta que la mezcla estuvo homogénea y con la consistencia adecuada.
- Se pesó la fragancia y se disolvió en BHT hasta que se encontró totalmente incorporada la fragancia.
- A continuación, se agregó al recipiente de fabricación es decir a la mezcla homogénea lograda: la disolución.
- Se pesó y agregó uno a uno Extractos y Lonzaserve PC.
- Se procedió a medir pH y viscosidad, ajustando pH a las emulsiones según el rango requerido.
- Se realizó la prueba de centrifuga a cada una de las emulsiones.
- Se colocó una muestra en el refrigerador con los datos de fecha y hora en la que se colocó para poder realizar la prueba de estabilidad requerida.
- Se colocó una muestra en el horno con los datos de fecha y hora en la que se colocó para poder realizar la prueba de estabilidad requerida.

3.7.2. Emulsión en caliente para una crema de uso capilar

- Se tomó el dato de hora de inicio y finalización de fabricación.
- Se tomó el dato de fecha de inicio y finalización de fabricación.
- Se pesó el agua desmineralizada en un recipiente adecuado de 1 000 mL de capacidad y se calentó a una temperatura de 85 °C.
- Luego se pesó Jaguar CS300 y se agitó constante hasta disolverlo.
- En un recipiente de capacidad de 600 mL se pesó Incroquat Behenyl TMS*50, Emulgin B2, Crodacol CS90, alcohol cetilico, Ceraphyl-70 y se procedió a calentar a una temperatura de 75 °C.

- Se verificó que la temperatura de fase A se encuentre a 85 °C y que la fase B se encuentre a 75 °C y se mezclaron ambas fases bajo agitación constate hasta lograr una mezcla homogénea y formar la emulsión.
- Se disolvió Pantenol en agua desmineralizada.
- Se verificó que la mezcla se encuentre a una temperatura de 35 °C y se agregó una a una la materia prima: DC-1501, Gluadin WLM, Lonzaserve, Styleze W20, extractos, D-Pantenol (disuelto anteriormente), Germall Plus y fragancia.
- Se midió pH y viscosidad ajustando el pH al rango requerido a cada una de las emulsiones.
- Se realizó la prueba de centrifuga a cada una de las emulsiones.
- Se colocó en el refrigerador una muestra con los datos de fecha y hora en la que se colocó para poder realizar la prueba de estabilidad requerida.
- Se colocó en el horno una muestra con los datos de fecha y hora en la se colocó para poder realizar la prueba de estabilidad requerida.

3.7.3. Costos de materia prima de emulsión en frío para crema de uso capilar

- Se obtuvo el costo de cada materia prima que se utilizó para la fórmula de emulsión en frío de la crema de uso capilar.
- Se cuantificó el tiempo que se utilizó para la fabricación de la emulsión en frío.
- Se realizaron encuestas sobre el desempeño del producto y se tabularon los resultados de dichas encuestas.

3.7.4. Costos de materia prima de emulsión en caliente para crema de uso capilar

- Se obtuvo el costo de cada materia prima que se utilizó para la fórmula de emulsión en caliente de la crema de uso capilar.
- Se cuantificó el tiempo que se utilizó para la fabricación de la emulsión en caliente.
- Se realizaron encuestas sobre el desempeño del producto y se tabularon los resultados de dichas encuestas.

3.8. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Los resultados obtenidos fueron recopilados en hojas de cálculo, agrupadas en las diferentes corridas y materia prima a utilizar. Lo cual ayudó a comparar los costos por cada proceso de emulsión y además se realizaron los gráficos de costos y beneficio de ambos métodos.

El desarrollo de este proyecto inicia con el análisis de las materias primas para la formulación. Se desarrolló una fórmula para una base de crema que pueda ser utilizada para fabricar cualquier tipo de crema de uso capilar dentro de la empresa CONTRASA. La base contiene el homopilímero catiónico, encargado de darle emulsión a la crema. Se diseñó 1 fórmula base para crema de uso corporal a la cual se le realizaron análisis fisicoquímicos y organolépticos para determinar si cumplían con los parámetros establecidos. De igual manera, se fabricó la base de crema que ya existe en el la empresa CONTRASA, donde ambas se pusieron en comparación logrando obtener el primer resultado de aceptabilidad.

Se desarrollaron las tres 3 fórmulas donde se varió el porcentaje de surfactante teniendo en cuenta los componentes y principios activos que se deseaba que tuviera la crema cosmética. Una vez producidas las 3 cremas (crema 1, crema 2 y crema 3) de uso capilar se procedió a evaluar propiedades organolépticas, análisis fisicoquímicos. Una vez terminada la evaluación de las 3 emulsiones cosméticas (crema 1, crema 2 y crema 3) de uso capilar se procedió a calcular el costo de fabricación de cada fórmula, tanto fabricadas en frío y el costo de una crema fabricada en caliente. Para lo cual, se evaluaron varios aspectos: tiempo de fabricación para cada tipo de proceso, se realizó el cálculo para determinar el costo de mano de obra, el costo de las materias primas.

Se determinaron dos tipos de estabilidad: estabilidad preliminar y estabilidad acelerada. La estabilidad preliminar es evaluar las propiedades organolépticas, fisicoquímicas. La estabilidad acelerada es la evaluación de las propiedades organolépticas, fisicoquímicas de la crema durante 2 meses. Se establecieron 4 factores que afectan la estabilidad en una crema: estabilidad a temperatura ambiente, estabilidad en horno (40 ºC), estabilidad en refrigeración (6 ºC) y estabilidad en sol.

A continuación, se muestran las tablas en las cuales se recolectaron los datos.

Tabla VI. **Análisis fisicoquímicos de la base utilizada para la emulsión en frío**

Materia prima	Viscosidad cps	pH	Centrifuga
Cosmedia CTH E	20 000	4,00	No hay separación de fases

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Análisis organolépticos de la base utilizada para la emulsión en frío**

Análisis sensorial	Cosmedia CTH E
Olor	Bueno
Color	Excelente
Apariencia	Excelente
Brillo en el cabello	Bueno
Peinado en húmedo	Excelente
Peinado en seco	Bueno
Desenredo del cabello	Bueno
Suavidad del cabello	Excelente
Estática reducida en el cabello	Bueno

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Cuantificación de tiempos de la elaboración de los tipos de emulsiones**

Descripción	Emulsión en frío	Emulsión en caliente
Pesado de materia prima fase oleosa	0 minutos	20 minutos
Pesado de materia prima fase acuosa	15 minutos	5 minutos
Incorporación de materias primas	10 minutos	15 minutos
Emulsión	0,50 minutos	0,67 minutos
Agitación y homogeneización de la mezcla	20 minutos	45 minutos
Total de tiempo requerido minutos	**45,50**	**85,67**

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Costo de materias primas para el proceso de emulsión en frío para crema de uso capilar**

Materia prima	Costo MP Q/kg	Función
Agua desmineralizada	0,00	Vehículo
Aceite mineral	12,94	Suavizante
Cetiol CC	83,71	Emoliente
Crodamol STS	143,14	Brillo y estilizado
DC-1501	53,29	Silicona
Glicerina	9,16	Humectante

Continuación de la tabla IX.

Cosmedia CTH E	232,08	Surfactante
Styleze W20	208,14	Formador de película
Extracto	118,31	Beneficio natural
BHT	53,00	Antioxidante
Germall Plus	267,58	Preservante
Lonzaserve PC	55,63	Preservante
D Pantenol UD	122,00	Provitamina B5
Fragancia	148,20	Perfume

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Costo de materias primas para el proceso de emulsión en caliente para crema de uso capilar**

Materia prima	**Costo MP Q/kg**	**Función**
Incroquat Behenyl TMS*50	68,57	Acondicionador
Eumulgin B2	26,74	Surfactante
Crodacol CS 90	20,64	Emoliente y modificador
Alcohol Cetilico	17,02	Estabilizador
Ceraphyl – 70	134,66	Desenredo y antiestática
Agua desmineralizada	0,00	Vehículo
Jaguar CS300	112,01	Acondicionador
Germall Plus	267,58	Preservante
DC-1501	53,29	Silicona
Gluadin WLM	228,01	Proteína de trigo
Lonzaserve PC	55,63	Preservante
Styleze W20	208,14	Formador de película
Extracto	118,31	Beneficio natural
D-Pantenol UD	122,00	Provitamina B5
Fragancia	148,16	Perfume

Fuente: elaboración propia.

Costo de gastos de energía utilizada

$$I = \frac{P}{V}$$

(Ecuación 1)

Donde

- I= corriente de la plancha térmica (A)
- P= potencia de la plancha térmica (W)
- V= voltaje de la plancha térmica (V)

Datos necesarios adicionales:

Costo de la energía en San Lucas Sacatepéquez, Guatemala

- 1,14Q/KW.h

Costo materia prima

$$\text{Costo MP} = \text{costo TMP} * \text{Cantidad fabricada}$$

(Ecuación 2)

Donde

- Costo MP= costo de materia prima utilizada (Q)
- Costo TMP= costo total de materia prima utilizada para la fabricación (Q)
- Cantidad fabricada= total de kilogramos fabricada de crema (Kg)

Tabla XI. **Comparación de costos de una emulsión en proceso frío y en proceso en caliente**

Descripción	Emulsión en frío	Emulsión en caliente
Gastos de energía utilizada	Q 0,00	Q 1,75
Costo establecido de mano de obra	Q 0,50	Q 0,80
Materia prima Q/kg	Q 7,60	Q 10,16
Otros (material de empaque)	Q 3,87	Q 3,87
Total	Q 11,97	Q 16,58

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Variaciones del porcentaje (%) del surfactante de la emulsión en frío y en caliente**

Variaciones	Porcentaje %
Primera variación	1,50
Segunda variación	1,00
Tercera variación	0,50

Fuente: elaboración propia.

3.9. Análisis estadístico

En el análisis estadístico se calcularon promedios estadísticos de las tres variaciones de surfactante para cada tipo emulsión con el propósito de determinar cuál de las tres variaciones tiene el mejor desempeño para el consumidor. Evaluado por medio de encuestas con ocho preguntas con dos respuestas: bueno o excelente.

3.9.1. Media aritmética

La media aritmética de un conjunto de datos se calcula con la siguiente ecuación:

$$\overline{x} = \frac{x_1 + x_2 + \ x_3 + \cdots + x_n}{n}$$

(Ecuación 3)

Donde

- $\overline{x}$ = valor promedio
- x_1 = Valor observado
- n = Número de datos

A partir de la media aritmética, también, se encuentra la desviación estándar (S) que permite observar la dispersión entre valores para una misma medición respecto al promedio.

3.9.2. Desviación estándar

El cálculo de la desviación estándar se representa por:

$$s = \sqrt{\sum_i \frac{(x_i - \overline{x})^2}{n-1}}$$

(Ecuación 4)

Donde

- s = desviación estándar
- $\overline{x}$ = media aritmética
- x_i= valor iésimo
- n = número total de datos

También, se realizó un análisis estadístico de los datos obtenidos de las tres variaciones de surfactante para cada tipo de emulsión por medio de un análisis de varianza, el cual se utiliza para verificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias cuando se tienen más de dos muestras o grupos en el mismo planteamiento. Esto con el propósito de determinar cuál de las tres variaciones tiene el mejor desempeño para el consumidor.

$$H0: \mu 1 = \mu 2$$
$$H1: \mu 1 \neq \mu 2$$

La técnica fundamental consiste en la separación de la suma de cuadrados (SS) en componentes relativos a los factores contemplados en el modelo. En la prueba FISHER se reúne evidencia de cada población bajo estudio y se usan datos para calcular un estadístico muestral. Después, se consulta la distribución muestral apropiada para determinar si el estadístico contradice la suposición de que la hipótesis nula es cierta.

3.9.3. Varianza

Se realizó para determinar si existe diferencia entre los métodos utilizados para fabricar las emulsiones de una crema de uso capilar. Para la empresa CONTRASA.

$$\sigma = s^2$$

(Ecuación 5)

Donde

- s = desviación estándar
- σ= varianza

3.9.4. Grados de libertad

Los grados de libertad también se utilizan para caracterizar una distribución específica apropiada para diferentes tamaños de muestra y diferentes números de parámetros del modelo.

$$\frac{(k-1)}{(n-k)}$$

(Ecuación 6)

Donde

- k = número de las filas o tratamientos
- n = número total de datos

El valor crítico se localiza en la tabla F según los grados de libertad del denominador y del numerador y con un nivel de significancia α = 0.05.

3.9.5. Cálculos para la tabla ANOVA

El análisis de varianza lleva a la realización de pruebas de significación estadística usando la denominada distribución F. Una vez que se han calculado las sumas de cuadrados, las medias cuadráticas, los grados de libertad y la F, se proceden a elaborar una tabla que reúna la información, denominada tabla de análisis de varianza o ANOVA.

Tabla XIII. **Tabla de análisis de ANOVA**

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F calculado	F teórico
Tratamientos	k – 1	SST	$S_1{}^2 = \frac{SST}{(k-1)}$	$\frac{S_1{}^2}{S^1}$	Tabla de Fisher
Error	n – K	SSE	$S^2 = \frac{SSE}{(n-k)}$		
Total	n – 1	SSTotal			

Fuente: DEVORE, Jay. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias.* p. 417.

Donde

$$F_{n1,n2} = \frac{\frac{SST}{k-1}}{\frac{SSE}{n-k}} = \frac{S_1{}^2}{s^2} \qquad \text{(Ecuación 7)}$$

$Suma\ de\ cuadrados$:

$$SSTotal = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \qquad \text{(Ecuación 8)}$$

$Suma\ de\ cuadrados\ debido\ al\ tratamiento$:

$$SST = \sum \left(\frac{T_c^2}{n_c}\right) - \frac{(\sum X)^2}{n} \qquad \text{(Ecuación 9)}$$

$Suma\ del\ cuadrado\ del\ error$:

$$SSE = SSTotal - SST \qquad \text{(Ecuación 10)}$$

Donde

- x = cada una de las observaciones
- n = número total de las observaciones

- T_c = total de la columna de cada tratamiento
- n_c = número de observaciones de cada tratamiento

3.10. Interpretación de la tabla ANOVA

La prueba de hipótesis en ANOVA es de una cola con un nivel de confianza del 95 %, un estadístico F grande llevará al rechazo de la hipótesis nula y un valor pequeño hará que no se rechace.

Si $F_{calculada} \leq F_{teórica,}$ entonces, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. Y si $F_{calculada} > F_{teórica,}$ entonces, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Para comprobar la hipótesis se utilizó Microsoft Excel en la opción de análisis de datos para el análisis de varianza con un factor

4. RESULTADOS

Tabla XIV. **Costo de la fabricación de una emulsión en frío con la primera variación en el porcentaje de surfactante**

Materia prima	Porcentaje %	Cantidad en Kg	Costo MP Q/kg	Costo de la fabricación total Q
Cosmedia CTH E	1,50	0,02	232,08	9,94

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Costo de la fabricación de una emulsión en frío con la segunda variación en el porcentaje de surfactante**

Materia prima	Porcentaje %	Cantidad en Kg	Costo MP Q/kg	Costo de la fabricación total Q
Cosmedia CTH E	1,00	0,01	232,08	8,77

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Costo de la fabricación de una emulsión en frío con la tercera variación en el porcentaje de surfactante**

Materia prima	Porcentaje %	Cantidad en Kg.	Costo MP Q/kg	Costo de la fabricación total Q
Cosmedia CTH E	0,50	0,005	232,08	7,62

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Costo de la fabricación de una emulsión en caliente con la primera variación en el porcentaje de surfactante**

Materia prima	Porcentaje %	Cantidad en Kg.	Costo MP Q/kg	Costo de fabricación total Q
Eumulgin B2	1,50	0,015	26,74	10,56

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Costo de la fabricación de una emulsión en caliente con la segunda variación en el porcentaje de surfactante**

Materia prima	Porcentaje %	Cantidad en Kg.	Costo MP Q/kg	Costo de fabricación total Q
Eumulgin B2	1,00	0,01	26,74	10,43

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Costo de la fabricación de una emulsión en caliente con la tercera variación en el porcentaje de surfactante**

Materia prima	Porcentaje %	Cantidad en Kg.	Costo MP Q/kg	Costo de fabricación
Eumulgin B2	0,50	0,005	26,74	10,23

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Análisis organoléptico de una emulsión en frío con la primera variación (1,50 %) en el porcentaje de surfactante**

Análisis organoléptico	Bueno	Excelente
Olor	40 %	60 %
Color	30 %	70 %
Apariencia	40 %	60 %
Brillo en el cabello	50 %	50 %
Peinado	20 %	80 %
Desenredo del cabello	25 %	75 %
Suavidad del cabello	13 %	87 %
Estática reducida en el cabello	43 %	57 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Análisis organoléptico de una emulsión en frío con la segunda variación (1,00 %) en el porcentaje de surfactante**

Análisis organoléptico	Bueno	Excelente
Olor	69 %	31 %
Color	50 %	50 %
Apariencia	78 %	22 %
Brillo en el cabello	60 %	40 %
Peinado	24 %	76 %
Desenredo del cabello	87 %	13 %
Suavidad del cabello	96 %	4 %
Estática reducida en el cabello	47 %	53 %

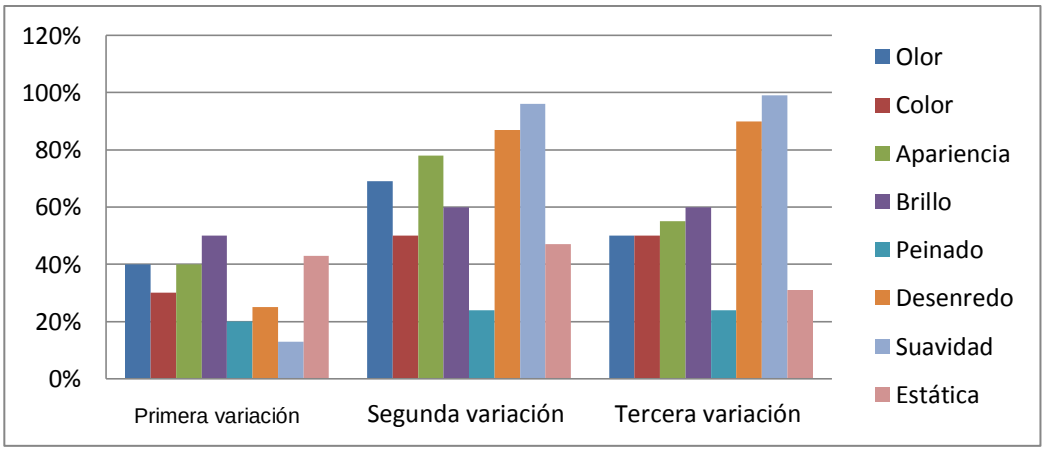
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Análisis organoléptico de una emulsión en frío con la tercera variación (0,50 %) en el porcentaje de surfactante**

Análisis organoléptico	Bueno	Excelente
Olor	50 %	50 %
Color	50 %	50 %
Apariencia	55 %	45 %
Brillo en el cabello	60 %	40 %
Peinado	24 %	76 %
Desenredo del cabello	90 %	10 %
Suavidad del cabello	99 %	1 %
Estática reducida en el cabello	31 %	69 %

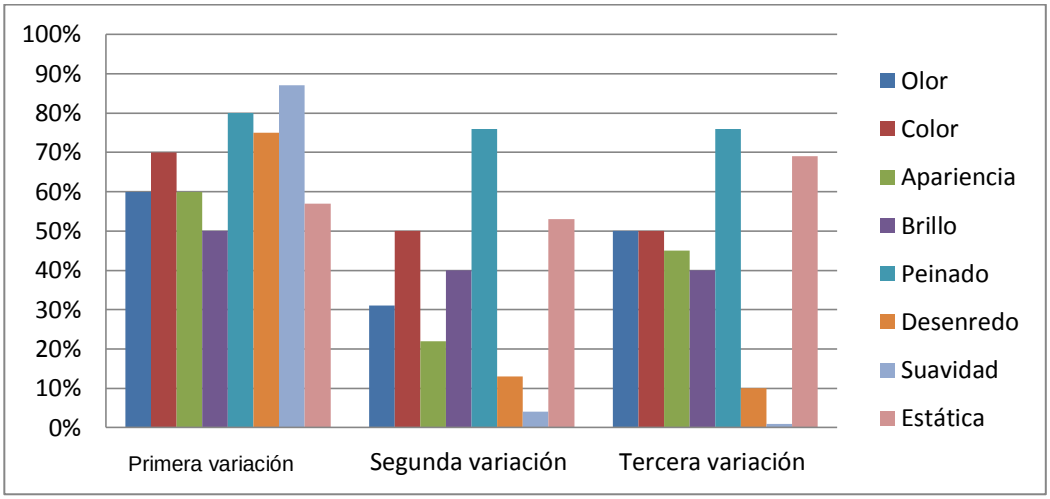
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Comparativo del porcentaje de aceptación de bueno de las tres variaciones del surfactante de la crema capilar en frío**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Comparativo del porcentaje de aceptación de excelente de las tres variaciones del surfactante de la crema capilar en frío**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Análisis organoléptico de una emulsión en caliente con la primera variación en el porcentaje de surfactante**

Análisis organoléptico	Bueno	Excelente
Olor	30 %	70 %
Color	10 %	90 %
Apariencia	20 %	80 %
Brillo en el cabello	23 %	77 %
Peinado	25 %	75 %
Desenredo del cabello	25 %	75 %
Suavidad del cabello	33 %	67 %
Estática reducida en el cabello	23 %	77 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Análisis organoléptico de una emulsión en caliente con la segunda variación en el porcentaje de surfactante**

Análisis organoléptico	Bueno	Excelente
Olor	50 %	50 %
Color	24 %	76 %
Apariencia	39 %	61 %
Brillo en el cabello	12 %	88 %
Peinado	33 %	67 %
Desenredo del cabello	65 %	35 %
Suavidad del cabello	48 %	52 %
Estática reducida en el cabello	39 %	61 %

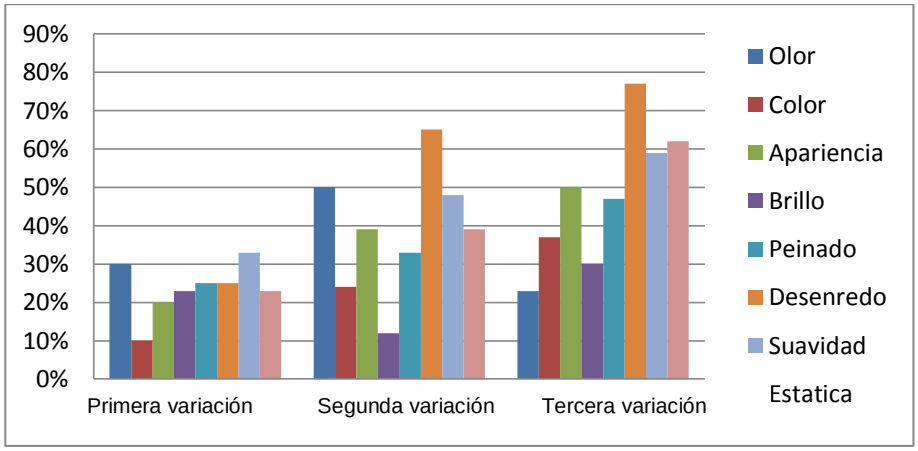
Fuente: elaboración propia

Tabla XXV. **Análisis organoléptico de una emulsión en caliente con la tercera variación en el porcentaje de surfactante**

Análisis organoléptico	Bueno	Excelente
Olor	23 %	77 %
Color	37 %	63 %
Apariencia	50 %	50 %
Brillo en el cabello	30 %	70 %
Peinado	47 %	53 %
Desenredo del cabello	77 %	23 %
Suavidad del cabello	59 %	41 %
Estática reducida en el cabello	62 %	38 %

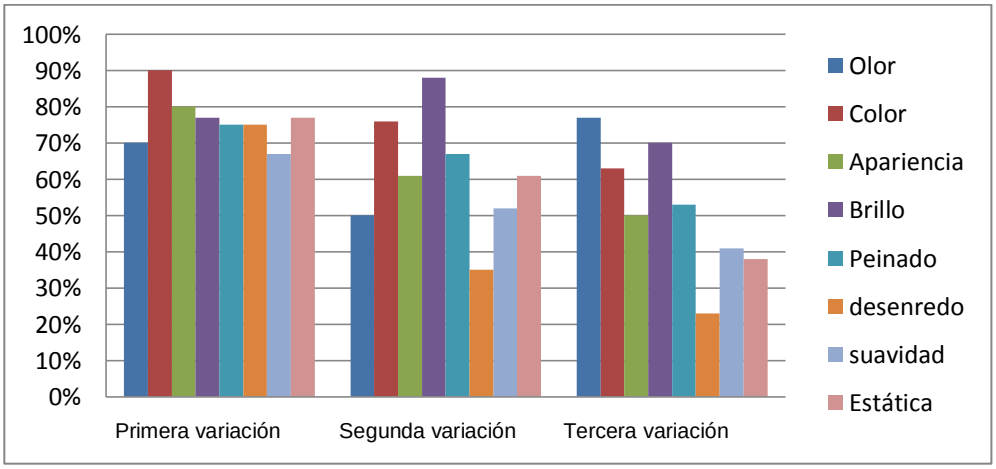
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Comparativo del porcentaje de aceptación de bueno de las tres variaciones del surfactante de la crema capilar en caliente**



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Comparativo del porcentaje de aceptación de excelente de las tres variaciones del surfactante de la crema capilar en caliente**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Comparación de los dos tipos de emulsiones**

Tipo de emulsión	Bueno	Excelente
Emulsión en frío	51 %	49 %
Emulsión en caliente	37 %	63 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Comparación de las tres variaciones de surfactante de la emulsión en frío para la crema de uso capilar**

Variaciones	Bueno	Excelente
Primera variación	33 %	67 %
Segunda variación	64 %	36 %
Tercera variación	57 %	43 %

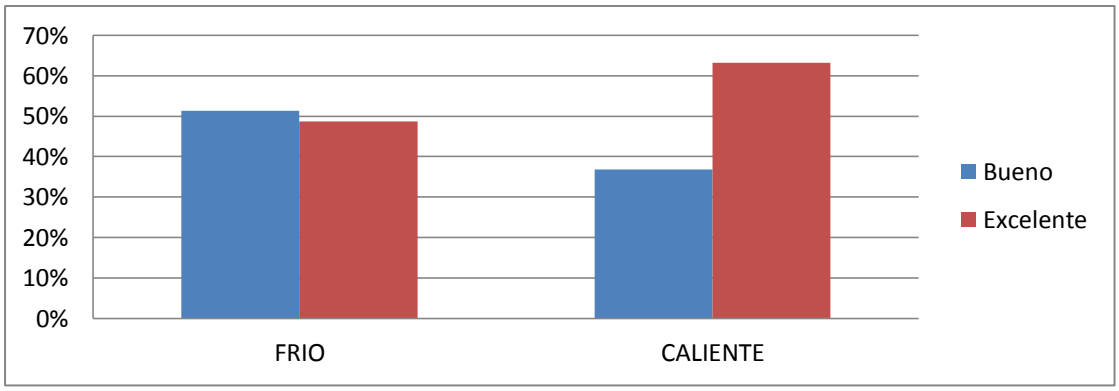
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Comparación de las tres variaciones de surfactante de la emulsión en caliente para la crema de uso capilar**

Variaciones	Bueno	Excelente
Primera variación	24 %	76 %
Segunda variación	39 %	61 %
Tercera variación	48 %	52 %

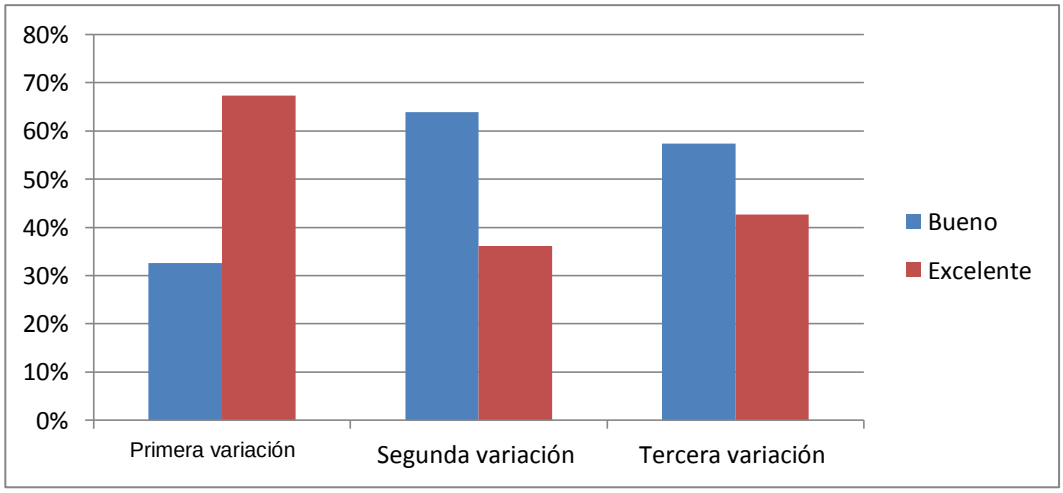
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Comparativo de las dos tipos de emulsiones fabricadas para la crema de uso capilar**



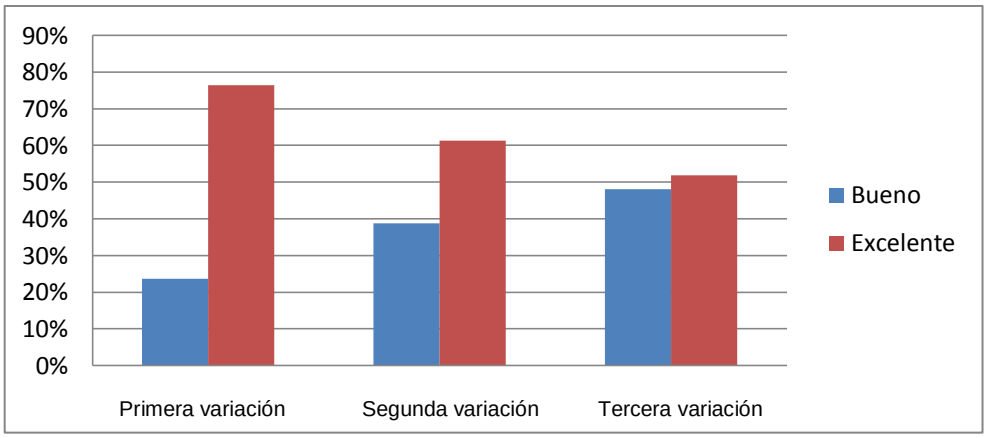
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Comparativo de las tres variaciones de surfactante en la emulsión en frío para la crema de uso capilar**



Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Comparativo de las tres variaciones de surfactante en la emulsión en caliente para la crema de uso capilar**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Análisis fisicoquímico de una emulsión en frío con las diferentes variaciones en el porcentaje de surfactante**

Variaciones de surfactante	pH	Viscosidad cps	Prueba de Centrifuga
Primera variación	4,14	17 860	Satisfactoria
Segunda variación	4,38	16 420	Satisfactoria
Tercera variación	4,11	9 040	Satisfactoria

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Análisis fisicoquímico de una emulsión en caliente con las diferentes variaciones en el porcentaje de surfactante**

Variaciones de surfactante	pH	Viscosidad	Prueba de Centrifuga
Primera variación	5,33	34 037	Satisfactoria
Segunda variación	5,78	23 120	Satisfactoria
Tercera variación	5,21	16 480	No satisfactoria

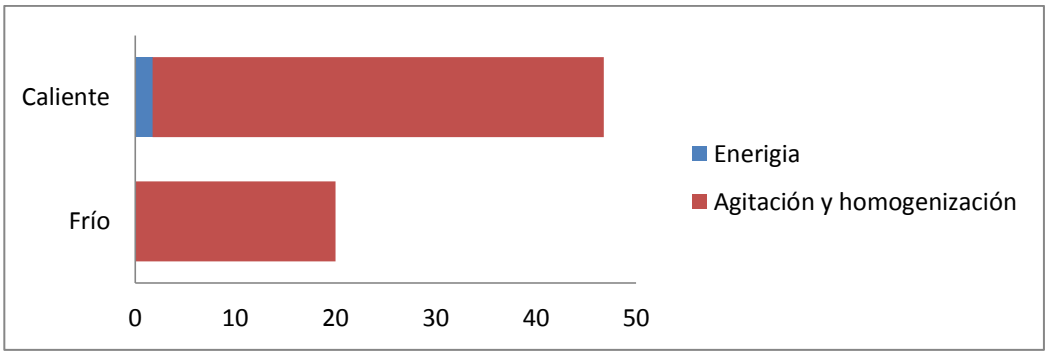
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Energía requerida para cada emulsión**

Descripción	Emulsión en frío	Emulsión en caliente
Gastos de energía utilizada	Q 0,00	Q 1,75
Agitación	20 minutos	45 minutos

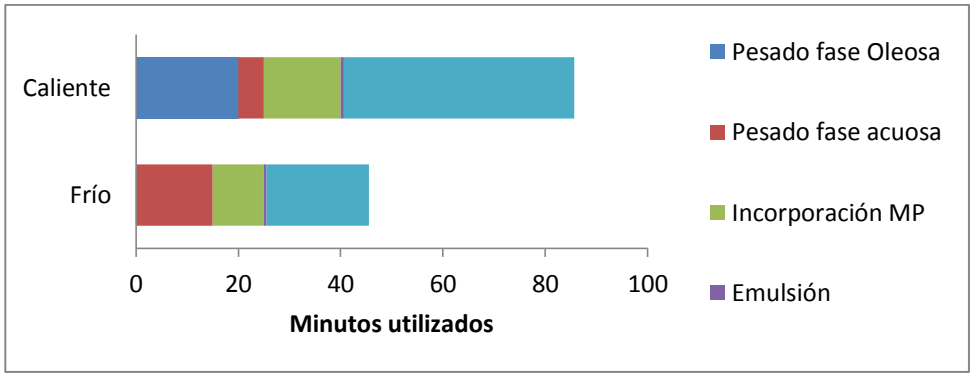
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Energía requerida para cada emulsión para una crema de uso capilar**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Tiempo requerido para cada emulsión**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Análisis estadístico de los dos métodos utilizados para fabricar una crema de uso capilar aceptación de excelente para surfactante al 1,5 %**

Tipo de emulsión	Media aritmética	Desviación	Varianza
Emulsión en frío	0,084	0,113	0,010
Emulsión en caliente	0,095	0,033	0,001

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Análisis estadístico de los dos métodos utilizados para fabricar una crema de uso capilar aceptación de excelente para surfactante al 1,0 %**

Tipo de emulsión	Media aritmética	Desviación	Varianza
Emulsión en frío	0,045	0,387	0,150
Emulsión en caliente	0,076	0,186	0,034

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Análisis estadístico de los dos métodos utilizados para fabricar una crema de uso capilar aceptación de excelente para surfactante al 0,5 %**

Tipo de emulsión	Media aritmética	Desviación	Varianza
Emulsión en frío	0,053	0,472	0,224
Emulsión en caliente	0,064	0,223	0,049

Fuete: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Análisis estadístico del pH de los dos métodos utilizados para fabricar una crema de uso capilar con tres variaciones de surfactante**

Tipo de emulsión	Media aritmética	Desviación	Varianza
Emulsión en frío	4,210	0,044	0,002
Emulsión en caliente	5,440	0,180	0.033

Fuete: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Análisis estadístico de la viscosidad de los dos métodos utilizados para fabricar una crema de uso capilar con tres variaciones surfactante**

Tipo de emulsión	Media aritmética	Desviación	Varianza
Emulsión en frío	14 440	44776800	2,00496E+15
Emulsión en caliente	24 545	157172912,7	2,47033E+16

Fuete: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Análisis estadístico del tiempo de los dos métodos utilizados para fabricar una crema de uso capilar con tres variaciones surfactante**

Tipo de emulsión	Media aritmética	Desviación	Varianza
Emulsión en frío	9,100	12,962	168,014
Emulsión en caliente	17,130	15,541	241,516

Fuete: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Análisis de varianza ANOVA para surfactante al 1,5 % en el método en caliente y método en frío**

Origen de las variaciones	Grados de libertad	F	$F_{teórico}$
Entre grupos	1	3,49	4,60
Dentro de los grupos	14		
Total	15		

Fuente: elaboración propia.

Debido que $F_{calculado} \leq F_{teórico,}$ se acepta la hipótesis nula (H_0) con un nivel de significancia del 95 %.

Tabla XXXIX. **Análisis de varianza ANOVA para surfactante al 1,0 % en el método en caliente y método en frío**

Origen de las variaciones	Grados de libertad	F	$F_{teórico}$
Entre grupos	1	3,97	4,60
Dentro de los grupos	14		
Total	15		

Fuente: elaboración propia.

Debido que $F_{calculado} \leq F_{teórico,}$ se acepta la hipótesis nula (H_0) con un nivel de significancia del 95 %.

Tabla XL. **Análisis de varianza ANOVA para surfactante al 0,5 % en el método en caliente y método en frío**

Origen de las variaciones	Grados de libertad	F	$F_{teórico}$
Entre grupos	1	4,05	4,60
Dentro de los grupos	14		
Total	15		

Fuente: elaboración propia.

Debido que $F_{calculado} \leq F_{teórico,}$ se acepta la hipótesis nula (H_0) con un nivel de significancia del 95 %.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El motivo del presente estudio fue obtener el costo e implementar nuevos desarrollos de formulación en la fabricación de las emulsiones cosméticas, utilizando el proceso de fabricación en caliente como en frío. Para ello se evalúan varios aspectos.

Se diseñó una fórmula base para un proceso de emulsión en frío para una crema de uso capilar, evaluando las propiedades organolépticas y fisicoquímicas de la formulación diseñada. Se establecerá factores que afectan directamente a la estabilidad química una formulación nueva. Se comparó el costo de un proceso de una fabricación de una emulsión frío como el costo de una fabricación de una emulsión en caliente.

La diferencia consiste en que las emulsiones que son procesadas en frío no utilizan calentamiento para su fabricación, por lo que no hay uso de vapor para realizar estos productos; esto logra disminuir los costos de fabricación ya que el período de tiempo promedio de vapor por cada equipo para fabricar una crema procesada en caliente es de 2 a 2,5 horas aproximadamente.

Las emulsiones en caliente presentan mayor tiempo de fabricación ya que poseen tiempos prolongados para el calentamiento de las materias primas como el tiempo de enfriamiento. Este último tiempo es necesario para que se pueda concluir la fabricación, ya que las fragancias como los principios activos deben ser agregadas a una temperatura que oscile entre los rangos 35 °C – 40 °C para que no pierdan sus propiedades.

Otro aspecto a analizar fue el costo de las materias primas que se utilizan para ambos tipos de emulsiones, se tabuló en las tablas IX y X. El costo de las materias primas para las emulsiones en frío es mayor ya que ciertos elementos presentan mayor costo por kilogramo. Específicamente, la base de la crema en frío es la que sufre un aumento en su precio debido a la tecnología que presenta el material base para lograr la emulsión y el elevado costo del preservante, ya que por no presentar calentamiento en el proceso, se corre el riesgo de contaminación por los altos volúmenes de agua.

Se desarrollaron 3 fórmulas variando el porcentaje de surfactante para un proceso en caliente, se evaluaron sus propiedades organolépticas y fisicoquímicas de cada una. El mismo procedimiento se realizó para el proceso en frío.

De las primeras 3 fórmulas del proceso en caliente se observó que efectivamente el porcentaje de surfactante tiene un impacto en una crema de uso capilar ya que los resultados de sus propiedades fisicoquímicas fueron diferentes, logró la de mayor aceptabilidad la segunda variación porque es la que tiene un rango de pH, viscosidad y prueba de centrifuga promedio a la establecida. De igual manera, el costo de la misma es menor a la primera fórmula desarrollada.

Las propiedades fisicoquímicas de la segunda variación son resultados más estables según lo muestra la tabla XXX ya que en comparación de las tres variaciones sus resultados están en el promedio de lo establecido. Y como bien lo muestra la tabla, la tercera variación no logró obtener satisfactoria la prueba de centrifuga por lo que fue necesario descartar la posibilidad de usar esta fórmula desarrollada.

Según la figura 12 el comportamiento de la aceptación de estas tres formulaciones según las 8 preguntas encuestadas muestra una mayor aceptabilidad para la crema desarrollada con la segunda variación, ya que esta cumple con el mayor porcentaje de aceptabilidad para el consumidor llenando las expectativas del producto.

De las 3 fórmulas del proceso en frío se observó que la que dio mejores resultados fue la primera variación ya que sus parámetros organolépticos y fisicoquímicos fueron los que mejor se adaptan a las necesidades establecidas para el buen desempeño del producto final.

Según muestra la figura 11, las respuestas de las 8 preguntas encuestadas donde se observa que la primera variación tiene el comportamiento más estable en comparación a las otras dos.

En la figura 14 se puede observar que en comparación a las tres variaciones, la primera variación es la que obtuvo mayor porcentaje de aceptación ya que los resultados obtenidos muestran la tendencia que el consumidor la destacó como excelente.

Los dos procesos de elaboración de un crema de uso capilar tuvieron diferente aceptación en el consumidor ya que se según los resultados de cada proceso expuestos en la figura 13 y tabla XXVI da como resultado con mayor aceptabilidad la crema de uso capilar elaborada con el proceso en caliente, esto debido a que la consistencia de una crema fabricada con una emulsión en proceso de caliente tiene una mejor apariencia y consistencia para el consumidor haciendo creer que es una crema con mayor funcionalidad. El aspecto de la crema fabricada en proceso en caliente por lo general es más

densa y con mayor viscosidad por lo que el consumidor le da una mayor aceptabilidad.

Dentro del análisis de ambos procesos de elaboración de una crema capilar se realizó un estudio de costo y beneficio de la fabricación de ambos procesos existentes: frío y caliente. Para lo cual fue necesario evaluar los costos de la elaboración y fórmula de cada proceso, involucrando tiempo, energía, material de empaque, materia prima.

Los resultados se pueden observar en la figura 16 que da a conocer a la energía que se necesita para realizar cada emulsión en los diferentes tipos de proceso: frío y caliente. En esta figura se observa que la cantidad de energía utilizada para fabricar una emulsión en frío es despreciable por lo que se puede concluir que al fabricar una emulsión en frío la energía siempre será despreciable ya que por carecer de una fase oleosa se ahorra todo tipo de energía; sin embargo, este tipo de emulsión si necesita de una agitación y homogenización lo cual significa que requiere de un tiempo para realizar este proceso.

Dicho tiempo se puede observar en la figura 17 la cual consiste en dar los resultados de la cuantificación de tiempos de elaboración de una crema de uso capilar utilizando cada proceso, es decir, el proceso en frío y en caliente. En esta figura se observa como el proceso en caliente requiere de un costo más elevado al requerido en un proceso en caliente.

Según el análisis estadístico que se realizó comprueba que no existe diferencia significativa en ambos procesos por lo cual es factible poder utilizar ambos procesos dentro de la producción de la empresa CONTRASA.

El análisis estadístico de la ANOVA permite deducir que entre las variaciones de surfactante (1,5 %, 1,0 % y 0,5 %) no existe diferencia significativa dentro de los parámetros fisicoquímicos y organolépticos que requiere el consumidor.

La comparación que se realizó en los tiempos de fabricación para cada proceso según el análisis estadístico si hay gran variación por lo que en relación a tiempos la diferencia significativa es de gran intervalo. Por lo que al momento de tener una producción saturada y de urgencia es factible poder utilizar el método en frío y así lograr reducir tiempos.

6. LOGROS OBTENIDOS

1. Los costos para las fabricaciones de cremas de uso capilar en la empresa CONTRASA disminuyeron un 27,80 %.

2. La formulación más estable a partir de realizar las pruebas variando el porcentaje de surfactante fue utilizando el 1,5 % de surfactante.

3. Al utilizar el 0,5 % de surfactante no se logra obtener una emulsión estable que cumpla con las expectativas del consumidor.

4. El tiempo de fabricación con el proceso en frío en comparación con el proceso en caliente disminuye en 40 minutos.

CONCLUSIONES

1. El costo de una fabricación de una crema de uso capilar en caliente fue de 27,80 %, mayor al de una emulsión en frío, ya que la emulsión en frío carece de gastos de energía y el tiempo utilizado para la fabricación es menor.

2. El costo de la formulación de una crema de uso capilar fabricada con un proceso de emulsión en caliente fue de 25,19 % más elevado en comparación a un proceso de emulsión en frío.

3. El tiempo requerido para la elaboración de una crema de uso capilar con un proceso de una emulsión en frío fue menor al proceso de emulsión en caliente, con una diferencia de aproximadamente 40 minutos.

4. La crema de uso capilar fabricada en frío cumplió con los rangos y parámetros de las propiedades fisicoquímicas y organolépticas: olor, color y apariencia.

5. La variación de surfactante en los dos tipos de emulsiones presentaron una reacción considerable para la prueba de centrífuga ya que si se utiliza un porcentaje menor al 0,5 % de surfactante la emulsión empieza a presentar una leve separación entre las fases.

6. La crema de uso capilar con 1,5 % de concentración de surfactante presentó los mejores parámetros fisicoquímicos y mayor aceptación por el consumidor en la evaluación de las propiedades organolépticas.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar un porcentaje de surfactante no mayor al 1,5 % para poder obtener una crema de uso capilar con propiedades fisicoquímicas y organolépticas adecuadas para el consumidor.

2. No utilizar un porcentaje de surfactante no menor al 1,0 % para poder obtener una crema de uso capilar con propiedades fisicoquímicas y organolépticas adecuadas para el consumidor.

3. Tener el cuidado necesario para la fabricación de una crema de uso capilar con un proceso en frío, colocando un porcentaje no menor al 0,2 % de preservante para evitar la contaminación de la crema ya que esta por carecer de una fase oleosa donde se necesita temperaturas elevadas es más propensa a la contaminación.

4. Utilizar dos métodos de fabricación de emulsiones para desarrollar una crema de uso capilar para poder balancear tiempos en producción.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Balance hidrofílico lipofílico*. [En línea]. <http://es.slideshare.net/zinzita/emulsiones>. [Consulta: 7 de noviembre de 2016].

2. *Clases de emulsiones*. [En línea]. <http://sistemahlb.blogspot.com/2010/06/balance-hidrofilico-lipofilico.html>. [Consulta: 7 de noviembre de 2016].

3. CHANG, Raymond. *Química*. 6a ed. México: Editorial McGraw-Hill, 1998. 977 p.

4. CHO ÁLVAREZ, Lileana Magali. *Estudio del emulsificante como variable de estabilidad de una mezcla semisólida para la fabricación de cremas cosméticas.* Trabajo de graduación de ingeniería química, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2012. 280 p.

5. J. B., Wilkinson y R. J., Moore. *Cosmetología de Harry*. España: Ediciones Díaz de Santos, 1990. 1062 p.

6. LÓPEZ VÁSQUEZ, David Antonio. *Comparación del costo y beneficio en la fabricación de emulsiones cosméticas de acuerdo al consumo energético*. Trabajo de graduación de ingeniería industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2008. 152 p.

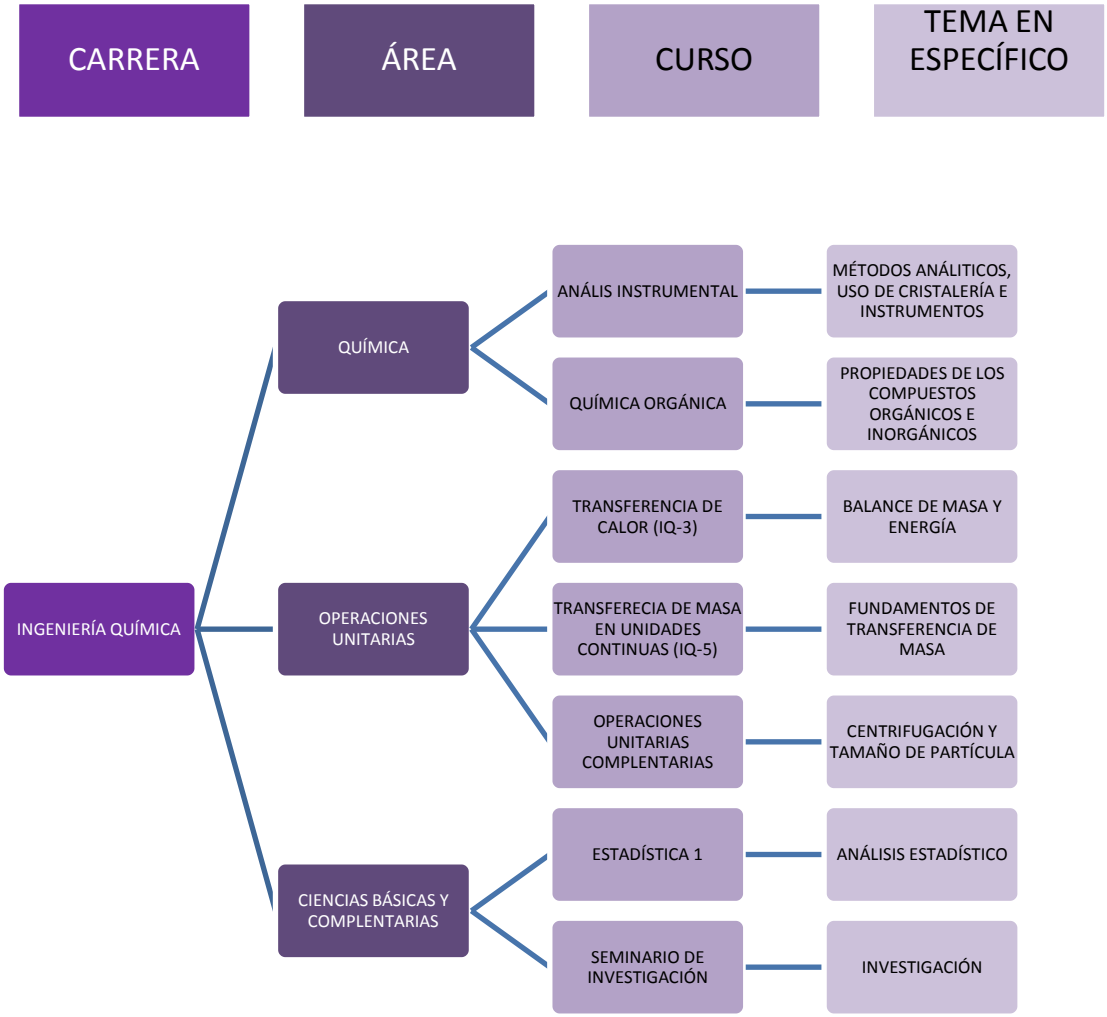
7. SIMMONS V., John. *Cosméticos: formulación, preparación y aplicación*. España: El Viejo topo, 2000. 108 p.

8. Textos científicos. *Definición de emulsión 2015*. [En línea]. <http:// www. textoscientificos.com/emulsiones/introduccion>. [Consulta: 7 de noviembre de 2016].

9. VALDEZ CONTRERAS, Flor Azucena. *Implementación y desarrollo en procesos de fabricación de cremas de uso corporal, obtenidas usando como base emulsión fabricada en frío, dirigida a la venta por catálogo de cosméticos en centro américa en la empresa lancasco, s. a., planta atlántico.* Trabajo de graduación de ingeniería química, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2015. 186 p.

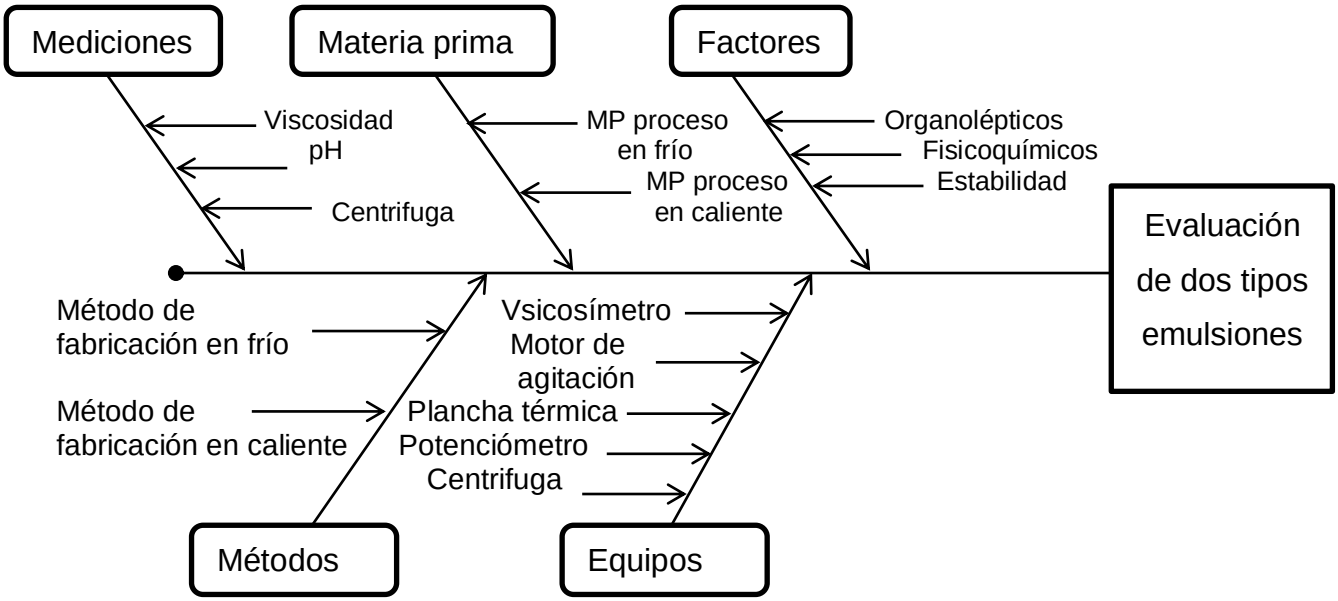
APÉNDICES

Apéndice 1. **Requisitos académicos**



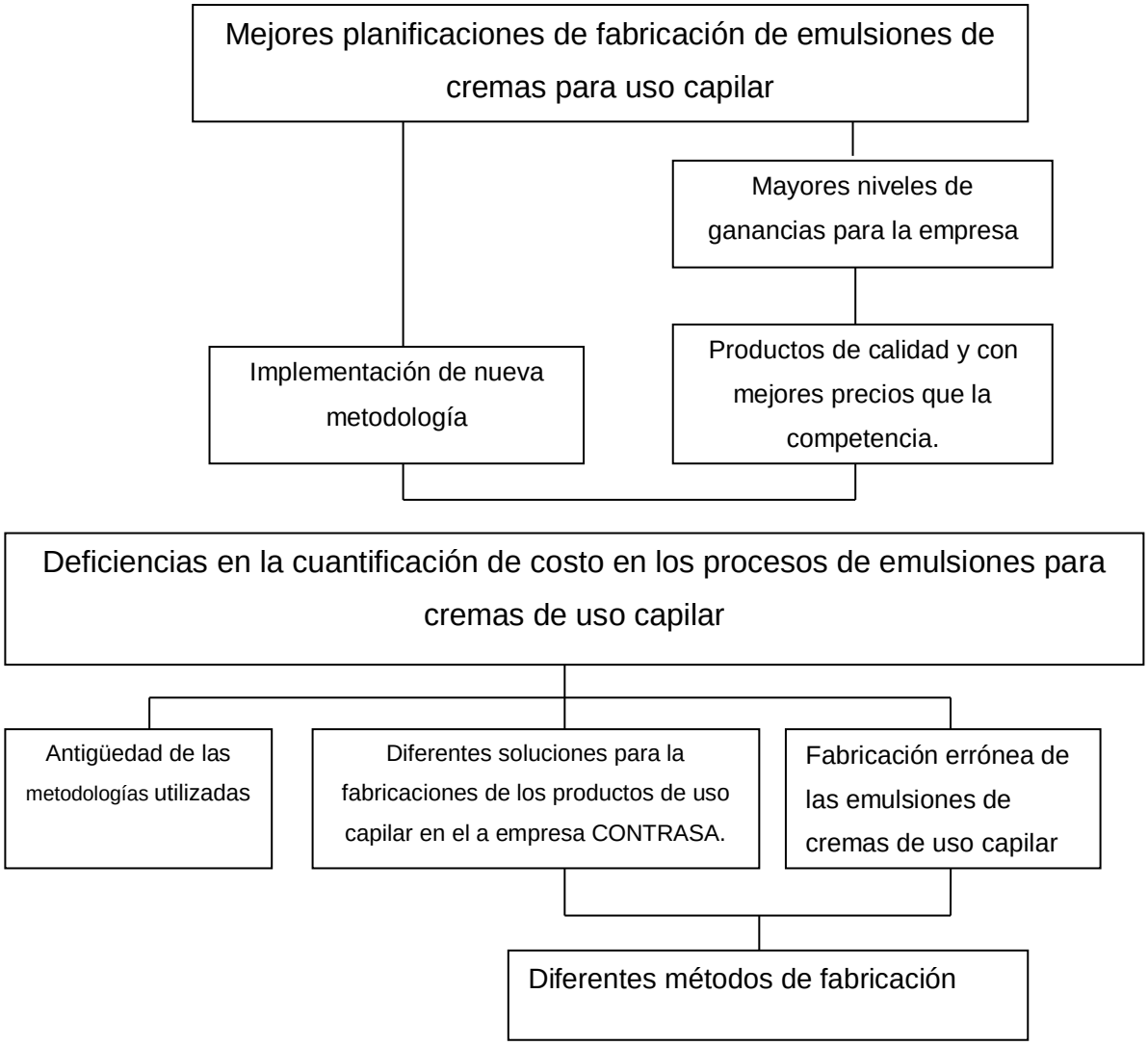
Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2010.

Apéndice 2. **Diagrama de Ishikawa**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2010.

Apéndice 3. **Diagrama de árbol**



Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Word 2010.