

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE BASES CATIONICAS SOBRE TELA TIPO
ALGODÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE UN SUAVIZANTE EN INDUSTRIAS
QUÍMICAS SAINT GERMAIN LTDA.**

**JAVIER STEVEN AGUIRRE VARELA
CINDY DAHIANA RIVERA MERCHÁN**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C.
2017**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE BASES CATIÓNICAS SOBRE TELA TIPO
ALGODÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE UN SUAVIZANTE EN INDUSTRIAS
QUÍMICAS SAINT GERMAIN LTDA.**

**JAVIER STEVEN AGUIRRE VARELA
CINDY DAHIANA RIVERA MERCHÁN**

Proyecto integral de grado para optar el título de
INGENIERO QUÍMICO

**Director
Fernando Moreno
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C.
2017**

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado 1

Jurado 2

Bogotá, D.C., 7 de abril de 2017

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro.

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados.

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General.

Dr. Juan Carlos Posada García-Peña

Decano de Facultad de Ingenierías.

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director Programa de Ingeniería Química

Ing. Leonardo de Jesús Herrera Gutiérrez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo de docentes no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Una de las cosas que me ayudo a culminar mi carrera fue, la fe que tengo en DIOS, por eso primero a Él, le dedico este logro tan importante en mi vida, gracias por haberme dado salud para lograr mis objetivos, tú siempre me diste la fuerza necesaria para continuar y lograrlo.

A la Virgen Santísima y San José por ser los guardianes de todos mis pasos. A mis padres infinitas gracias por su esfuerzo, sacrificio y por todo lo que me han brindado durante estos años, por darme una de las mejores herencias en la vida el estudio, gracias por brindarme una vida de felicidad y amor, admiración y respeto por ustedes, DIOS los bendiga siempre.

A mis hermanos que son una base y pilares para mí. A mi hermana y gran amor por su apoyo incondicional por siempre estar para mí, motivándome para salir adelante.

A mis sobrinitos a quienes amo tanto: María, Danna y Juan Andrés, para que siempre sigan sus sueños y vean en mí un ejemplo a seguir y a pesar de las dificultades que se le presenten, siempre logren salir adelante.

A mi nonita por su gran amor y por estar siempre a mi lado mostrándome el camino correcto con amor y disciplina.

A mi compañero de tesis por su apoyo incondicional durante estos años de carrera y por brindarme una maravillosa amistad que siempre llevare en mi corazón.

*A mis abuelitos que desde el cielo guían mi camino.
A mi ángel en el cielo a quien admiro por ser un ejemplo de vida para mí.*

Cindy Dahiana Rivera Merchán

DEDICATORIA

A Dios por brindarme salud y aliento suficiente para la culminación del proyecto.

A mi padre por demostrarme el significado de la constancia y compromiso, por apoyarme incondicionalmente en todas las decisiones que he tomado durante lo que llevo de vida.

A mi madre por ser la persona con la que puedo reír sin importar el problema que afronte y quien nunca me abandono cuando la necesite.

A mi abuela por su apoyo y ánimo que me han hecho superar cualquier adversidad.

A mis hermanos por distraerme en los días que en verdad necesitaba olvidar todo, por sus bromas y por todas las risas brindadas.

A mi cuñada, por brindarme todo su apoyo durante toda mi formación y por distraerme cuando era necesario.

A ti amor por llegar a mi vida para llenarla de grandes experiencias que nunca olvidaré.

A mi amiga y compañera de trabajo de grado por sacarme el mal genio y luego hacer que sonría para quitar el estrés del momento

Javier Steven Aguirre Varela.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su gratitud a:

A nuestras familias, por su gran apoyo durante toda nuestra vida, por motivarnos a no rendirnos en las etapas difíciles de la carrera y por nunca dejarnos solos en la etapa más importante de nuestra vida profesional.

A Industrias Químicas Saint Germain LTDA., por financiar el proyecto y aportar las instalaciones y equipos necesarios para el desarrollo del mismo.

Al Ingeniero Fabián Ballesteros, por brindarnos su apoyo, dedicación, aportes y confianza durante el desarrollo del proyecto.

A Elizabeth Torres Gámez, Ingeniera Química porque a pesar de no ser nuestra asesora nos brindó su apoyo en los momentos que la necesitábamos, nos brindó sus conocimientos y su tiempo para la orientación.

Al ingeniero Oscar Lombana por sus asesorías a lo largo del proyecto, por su comprensión y dedicación.

Al ingeniero Fernando Moreno, por su disposición y contribución intelectual que brindo durante las asesorías, y por la ayuda brindada para la finalización del proyecto.

A la Universidad de América por brindarnos los conocimientos necesarios para afrontar los retos que se presenten a lo largo de nuestra profesión como Ingenieros químicos.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	22
OBJETIVOS	23
1. GENERALIDADES	24
1.1 SUAVIZANTE TEXTIL	24
1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SUAVIZANTES TEXTILES	25
1.2.1 Por su tiempo de duración	25
1.2.2 Por su origen	25
1.2.3 Por su naturaleza iónica	25
1.2.3.1 Suavizantes no iónicos	25
1.2.3.2 Suavizantes aniónicos	25
1.2.3.3 Suavizantes catiónicos	25
1.2.4 Otros tipos de suavizantes	26
1.2.4.1 Suavizantes siliconados	26
1.2.4.2 Suavizantes fluorados	26
1.3 COMPOSICIÓN DE LOS SUAVIZANTES TEXTILES	26
1.3.1 Material activo	27
1.3.2 Auxiliares de formulación	27
1.3.2.1 Espesante	27
1.3.2.2 Preservante	27
1.3.2.3 Estabilizante	27
1.3.2.4 Fragancia	27
1.3.2.5 Colorante	27
1.3.2.6 Agente antiestático	27
1.3.2.7 Humectantes	27
1.3.2.8 Agentes de re-humectación	27
1.4 ESPECIFICACIONES QUÍMICAS DEL SUAVIZANTE.	28
1.4.1 pH	28
1.4.2 Viscosidad	28
1.4.3 Estabilidad	28
1.4.4 Solubilidad en agua	28
1.5 ESPECIFICACIONES FÍSICAS DEL PRODUCTO TEXTIL	28
1.5.1 Color	28
1.5.2 Olor	28
1.6 DISEÑO DE EXPERIMENTOS	28
1.7 METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE LOS FACTORES DEL PROYECTO	29
1.7.1 Evaluación de la suavidad	29
1.7.2 Evaluación de estabilidad	30
1.7.2.1 Tipos de estabilidad	30
1.7.3 Medición de pH	30

1.8	MARCO LEGAL	30
2.	METODOLOGÍA	32
2.1	EQUIPOS	33
2.2	MATERIAS PRIMAS	36
2.3	PREPARACIÓN DE FORMULACIONES	37
2.3.1	Primer grupo de formulaciones	37
2.3.2	Formulaciones con adición de espesante	38
2.3.3	Aditivos	39
2.3.4	Evaluación de formulaciones	39
2.3.5	Procedimiento de medición de variables	39
2.3.5.1	Pruebas de lavado	40
2.3.5.2	Grado de suavidad	40
2.3.5.3	Determinación de perfiles de viscosidad	40
2.3.5.4	Determinación de densidad	41
2.3.5.5	Determinación de pH	41
2.3.5.6	Pruebas de estabilidad	41
3.	IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL MERCADO	43
3.1	ESTADO DEL MERCADO ACTUAL CONSUMIDOR DE SUAVIZANTES	43
3.1.1	Determinación de propiedades de los principales suavizantes del mercado	44
3.1.2	Perfiles de viscosidad de los suavizantes textiles del mercado	45
4.	IDEAS	48
4.1	SELECCIÓN DE MATERIAS PRIMAS	48
4.2	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	48
4.2.1	Efecto de la materia activa sobre la formulación	49
4.2.1.1	Perfiles de viscosidad del primer grupo de formulaciones	49
4.2.1.2	Pruebas de lavado del primer grupo de formulaciones	51
4.2.2	Efecto del tipo de espesante sobre la formulación	52
4.2.2.1	Perfiles de viscosidad del segundo grupo de formulaciones	53
4.2.2.2	Pruebas de lavado del segundo grupo de formulaciones	55
4.2.3	Efecto del emulsificante sobre la formulación	56
4.2.3.1	Perfiles de viscosidad del tercer grupo de formulaciones	57
4.2.3.2	Pruebas de lavado del tercer grupo de formulaciones	58
5.	SELECCIÓN	61
5.1	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	61
5.1.1	Especificaciones del diseño de experimentos	61
5.1.1.1	Factores del diseño	61
5.1.1.2	Niveles del diseño	61
5.1.2	Hipótesis	62
5.2	EXPERIMENTACIÓN	62
5.2.1	Perfiles de viscosidad de las formulaciones experimentales	62
5.2.2	Pruebas de lavado de las formulaciones experimentales	64

5.2.3	Adición de fragancia sobre la formulación elegida	67
5.2.3.1	Perfiles de viscosidad de las formulaciones con fragancia	68
5.2.3.2	Pruebas de lavado de las formulaciones con fragancia	69
5.2.3.3	Determinación de pH y densidad de las formulaciones con fragancia	70
5.2.3.4	Elección del porcentaje de fragancia en la formulación	70
6.	CONDICIONES DE PROCESO	72
6.1	PRIMER MEZCLADO	73
6.1.1	Temperatura	73
6.1.1.1	Pruebas de estabilidad del primer mezclado	73
6.1.1.2	Pruebas de lavado del primer mezclado	75
6.1.2	Tiempo de agitación	77
6.2	DILUCIÓN DEL ESPESANTE EN EL EMULSIFICANTE	79
6.3	SEGUNDO MEZCLADO	79
6.3.1	Pruebas de estabilidad del segundo mezclado	79
6.3.2	Pruebas de lavado del segundo mezclado	81
6.4	TERCER MEZCLADO	83
6.4.1	Prueba de estabilidad de la formulación final	83
6.4.1.1	Pruebas de lavado	85
6.4.1.2	Perfiles de viscosidad durante las pruebas de estabilidad	87
6.4.1.3	Cambio total de las propiedades del suavizante textil	88
7.	CONCLUSIONES	89
8.	RECOMENDACIONES	90
	BIBLIOGRAFIA	91
	ANEXOS	93

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Perfiles de viscosidad de suavizantes del mercado Colombiano.	47
Tabla 2. Efecto del tipo de base sobre el pH y densidad de la formulación	50
Tabla 3. Perfiles de viscosidad del primer grupo de formulaciones	51
Tabla 4. Altura aportada por el primer grupo de formulaciones	52
Tabla 5. Grado de suavidad aportado por el primer grupo de formulaciones	52
Tabla 6. Efecto del tipo de espesante sobre el pH y la densidad de la formulación	54
Tabla 7. Perfiles de viscosidad del segundo grupo de formulaciones	55
Tabla 8. Altura aportada por el segundo grupo de formulaciones.	56
Tabla 9. Grado de suavidad aportado por el segundo grupo de formulaciones	56
Tabla 10. Efecto del emulsificante sobre el pH y densidad de la formulación	58
Tabla 11. Perfiles de viscosidad del tercer grupo de formulaciones	59
Tabla 12. Altura aportada por el tercer grupo de formulaciones	60
Tabla 13. Grado de suavidad aportado por el tercer grupo de formulaciones	60
Tabla 14. Niveles del diseño de experimentos	63
Tabla 15. Formulaciones aceptables del diseño de experimentos	64
Tabla 16. Composición de las formulaciones elegidas	64
Tabla 17. Perfiles de viscosidad de las formulaciones experimentales	65
Tabla 18. Altura aportada por las formulaciones experimentales	67
Tabla 19. Grado de suavidad aportado por las formulaciones experimentales	67
Tabla 20. Composición de formulaciones con variación de fragancia	70
Tabla 21. Perfiles de viscosidad de las formulaciones con fragancia	70
Tabla 22. Altura aportada por las formulaciones con fragancia	71
Tabla 23. Grado de suavidad aportado por las formulaciones con fragancia	71
Tabla 24. pH y densidad de las formulaciones con fragancia	72
Tabla 25. Seguimiento de la estabilidad para diferentes temperaturas del proceso	75
Tabla 26. Temperaturas estables para el primer mezclado	77
Tabla 27. Altura aportada por las formulaciones del primer mezclado del proceso	78
Tabla 28. Grado de suavidad aportado por el primer mezclado del proceso	78
Tabla 29. Seguimiento de estabilidad de los diferentes tiempos de agitación	79
Tabla 30. Tiempos de agitación para la segunda mezcla	81
Tabla 31. Pruebas de estabilidad a diferentes tiempos de agitación del segundo mezclado	84
Tabla 32. Altura aportada por las formulaciones del segundo mezclado	84
Tabla 33. Grado de suavidad aportado por las formulaciones del segundo mezclado	85
Tabla 34. Composición de la formulación final	86
Tabla 35. Altura aportada durante las pruebas de estabilidad	87
Tabla 36. Grado de suavidad aportado durante las pruebas de estabilidad	87
Tabla 37. Perfiles de viscosidad de las pruebas de estabilidad	89

Tabla 38. Cambio total de propiedades del suavizante textil	90
Tabla 39. Condiciones del proceso de producción.	90

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Equipos utilizados para la formulación del producto suavizante	33
Cuadro 2. Equipos disponibles para la investigación en Industrias Químicas Saint Germain LTDA	35
Cuadro 3. Materias primas utilizadas en la preparación de las formulaciones	37
Cuadro 4. Evaluación de las características de los suavizantes del mercado	45
Cuadro 5. Componentes de los suavizantes del mercado Colombiano	46
Cuadro 6. Características principales de las bases utilizadas	49
Cuadro 7. Características principales de los espesantes	49
Cuadro 8. Puntuación promedio para la concentración de fragancia en la formulación	73
Cuadro 9. Prueba de estabilidad de la formulación final	85

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Perfiles de viscosidad de los suavizantes del mercado Colombiano	47
Gráfica 2. Perfiles de viscosidad del primer grupo de formulaciones	51
Gráfica 3. Perfiles de viscosidad del segundo grupo de formulaciones	55
Gráfica 4. Perfiles de viscosidad del tercer grupo de formulaciones	59
Gráfica 5. Perfiles de viscosidad de las formulaciones experimentales	65
Gráfica 6. Perfiles de viscosidad de las formulaciones con fragancia	70
Gráfica 7. Perfiles de viscosidad de las pruebas de estabilidad	89

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ensayo de volumen y esponjosidad	30
Figura 2. Metodología para el diseño del suavizante textil	32
Figura 3. Preparación de primeras mezclas	38
Figura 4. Preparación de formulaciones con espesante	39
Figura 5. Situación actual de los suavizantes textiles en el mercado Colombiano	44
Figura 6. Suavidad aportada por las diferentes materias activas	53
Figura 7. Suavidad aportada por los espesantes a las fibras textiles	57
Figura 8. Suavidad aportada por los emulsificantes a las fibras textiles	61
Figura 9. Suavidad aportada por las formulaciones experimentales	68
Figura 10. Suavidad aportada por las formulaciones con fragancia	72
Figura 11. Proceso general de la producción del suavizante textil.	74
Figura 12. Suavidad aportada por las formulaciones del primer mezclado	78
Figura 13. Suavidad aportada por las formulaciones del segundo mezclado	84
Figura 14. Suavidad aportada durante las pruebas de estabilidad	88

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Cambio de esponjosidad de las fibras textiles	40
Ecuación 2. Grado de suavidad aportado a las fibras textiles	40
Ecuación 3. Densidad de las formulaciones realizadas	41
Ecuación 4. Cambio de la variable x	42
Ecuación 5. Porcentaje de cambio de variable	42
Ecuación 6. Porcentaje cambio total de propiedades	42

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Encuesta realizada para determinar el estado del mercado actual	93
Anexo B. Combinaciones arrojadas por el diseño de experimentos	94
Anexo C. Formato de la encuesta para la elección del porcentaje de fragancia	96
Anexo D. Cálculo de las variables medidas	97

ABREVIACIONES

%p/p: Porcentaje peso a peso

(.): Miles

(,): Cifras decimales

cm: Centímetro

C: Carbonos.

COP: Peso Colombiano

cp.: Centipoise

DOE: Diseño de experimentos

g: Gramos

l: Litros

mg: Miligramos

ml: Mililitros

NTC: Norma Técnica Colombiana

pH: Potencial de hidrógeno

Quats: Compuestos de Amonio Cuaternario

rpm: Revoluciones por minuto

s: segundos

GLOSARIO

ADSORCIÓN: proceso durante el cual los átomos, iones o moléculas son retenidos en la superficie de un material.

AGENTE TENSIOACTIVO O SURFACTANTE: compuesto caracterizado por tener alguna acción interfacial específicamente sobre la tensión superficial de otra sustancia.

BENCH DE MERCADO: es el punto de referencia que tienen las empresas para comparar sus productos con los líderes del mercado.

ESTABILIDAD: un producto es estable si se mantiene en estado estacionario, es decir, igual en el tiempo y una modificación razonablemente pequeña de las condiciones iniciales no alteren la funcionalidad del mismo.

FIBRA TEXTIL: materiales hechos de filamentos que forman hilos o telas mediante tejido.

PROPIEDAD INTRÍNSECA: se considera intrínseca a las propiedades que no varían con la cantidad de materia que se considera.

QUATS: bases de sales de amonio cuaternarias utilizadas en la fabricación de suavizantes debido a sus características catiónicas.

VISCOSIDAD: es la resistencia que tienen las moléculas que conforman un líquido para separarse unas de otras, es decir, es la oposición de un fluido a deformarse.

RESUMEN

El mercado de suavizantes textiles no ha suplido adecuadamente las expectativas de los consumidores en cuanto a la suavidad que se debe aportar a las fibras textiles, es por esto que las compañías que se dedican a fabricar productos para el hogar han visto una gran oportunidad de innovar en un mercado poco explorado como lo es este, el objetivo de este proyecto fue evaluar el efecto de 3 bases catiónicas sobre tela tipo algodón en la producción de un suavizante para Industrias Químicas Saint Germain Ltda.

El desarrollo del proyecto se centró en encontrar la combinación de componentes (base, espesante y emulsificante) que supliera los requerimientos de la empresa en términos de calidad y competitividad, para esto, se eligieron tres bases catiónicas, tres espesantes y tres surfactantes aniónicos diferentes, los cuales constituían la mayor parte de la formulación.

En segundo lugar, se determinaron los suavizantes más vendidos del mercado actual a través de una encuesta realizada a 100 personas para luego identificar las propiedades de cada uno de ellos y de acuerdo a estos resultados se eligió el suavizante guía del proyecto.

Seguidamente, se realizó una pre-experimentación para identificar las materias primas que aportaban mayor grado de suavidad a las telas, para así empezar un diseño de experimentos de vértices extremos que arrojó las combinaciones (11) que se realizaron en la experimentación, a estas combinaciones se les determinaron sus propiedades mediante pruebas de lavado, determinación de pH, cálculo de densidad y determinación de perfil de viscosidad.

Luego se compararon los resultados y se escogió la formulación que presentó las mejores propiedades. Posteriormente se prepararon formulaciones variando la concentración de fragancia y se realizó una encuesta a 30 personas para determinar el porcentaje que atraía al consumidor para adquirir el producto y a la formulación con mayor puntuación se le realizó una prueba de estabilidad durante 30 días.

Finalmente, Al conocer la composición final de la formulación, se determinaron las condiciones mínimas (temperatura y tiempo de agitación) del proceso para fabricar un suavizante textil estable que proporcionara el mayor grado de suavidad posible a las telas.

Palabras clave: Suavidad, Materia activa, Espesante, Emulsificante, Viscosidad, Estabilidad, pH, Densidad.

INTRODUCCIÓN

Los suavizantes textiles son productos utilizados para uso doméstico, en procesos industriales y durante el proceso de ciclo de lavado de diferentes telas, su función es brindarle esponjosidad a las fibras textiles eliminando la electricidad estática acumulada en las mismas y proteger las fibras textiles a través de la neutralización del pH dejado por los detergentes utilizados por los hogares e instituciones actuales además de impartir un aroma agradable para los consumidores.

La creciente demanda del producto se debe a la disminución del tiempo que se le dedica al cuidado de las prendas, esta disminución de tiempo causa que sea necesaria la utilización de lavadoras frecuentemente. Otro motivo, es el aumento en las exigencias de confort por parte de los consumidores. Es por estas razones, que se hace necesario el desarrollo de la investigación para mejorar la calidad del producto textil.

Este proyecto surge de las problemáticas enunciadas anteriormente y como una oportunidad para Industrias Químicas Saint Germain LTDA., de mejorar la calidad del suavizante textil que produce. El presente proyecto necesitó de un diagnóstico de equipos y materias primas con la que cuenta la empresa y una etapa experimental para escoger la formulación más adecuada para la producción del suavizante textil, considerando que la base utilizada debía ser catiónica debido a las propiedades antiestáticas y bactericidas que posee además de presentar la mayor sustentividad a las telas.

Además, se establecieron las condiciones del proceso de producción a escala laboratorio, en esta etapa se determinaron el número de mezclados junto con la temperatura y tiempo de agitación de cada uno de ellos. El resultado de la investigación se muestra en el presente proyecto.

Finalmente, la investigación logra aportar a Industrias Químicas Saint Germain Ltda., una mejora en el proceso de producción de los suavizantes textiles producidos por la misma (Saint Eco y Saint Premium) y reducir la cantidad de materias primas que se utilizaban anteriormente aumentando el índice de suavidad aportado a las fibras textiles al momento del ciclo de lavado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de 3 bases catiónicas sobre tela tipo algodón en la producción de un suavizante para industrias Saint Germain Ltda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las materias primas requeridas en el proceso de elaboración del suavizante textil a escala laboratorio.
- Seleccionar la base catiónica que presente mayor resultado de suavidad sobre algodón a través de desarrollo experimental.
- Determinar las especificaciones técnicas del proceso de elaboración del suavizante textil a escala laboratorio.

1. GENERALIDADES

Si bien es cierto que la industria textil ha crecido de una manera apreciable en cuanto a los diferentes tipos de materiales utilizados en la producción de ropa (principalmente algodón) y se ha caracterizado por innovar en la moda y el confort de los consumidores, también es cierto que dichos consumidores no están totalmente conformes con el servicio dado que las prendas textiles quedan ásperas y arrugadas cuando salen del proceso de lavado. Es por esto que la industria de suavizantes textiles se ha concentrado en darle a las prendas volumen y lisura para disminuir la electricidad estática causante de estos fenómenos. Esta electricidad estática es un resultado de cargas eléctricas que se forman en la ropa debido a su baja conductividad eléctrica además de la fricción causada dentro del ciclo de lavado originando adherencia de pelos y motas a las mismas.

1.1 SUAVIZANTE TEXTIL

De acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 3287 “Un suavizante para ropa es un producto o compuesto que neutraliza las cargas electroestáticas presentes en los textiles, con el fin de impartir suavidad a la tela”¹, es decir que los suavizantes textiles son productos que le aportan a las fibras una serie de características deseables por los consumidores, además de dejar la ropa suave, reducen la electricidad estática y se generan menos arrugas.

Ahora bien, el aumento del uso de suavizantes textiles ha nacido de las siguientes exigencias:

- La implementación de detergentes sintéticos en la industria dio como resultado la obtención de unas fibras naturales más limpias, en consecuencia, más exentas de aceites naturales y ceras.
- La aparición de fibras sintéticas hizo que la necesidad de utilizar un suavizante textil fuera necesaria para que se parecieran a las fibras naturales.
- Diversas combinaciones del algodón con resinas se sienten de manera áspera por lo que precisan de suavidad para ser aceptados.

A continuación se presentan las características principales que un suavizante textil debe poseer²:

- Aportar tacto suave blando, liso y voluminoso.
- Fácil manejo.
- Ninguna tendencia al amarillamiento.
- Fácil degradación biológica
- No tóxico

¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS (INCONTEC) Jabones, detergentes, suavizante, líquidos para ropa. Primera actualización NTC 3287 Bogotá D.C, 2008. P.1

²CARRION, Javier. Propiedades Generales De Los Suavizantes Textiles Catiónicos: Especificaciones De Los Productos y Sus Efectos En Los Textiles. [Electronic (1)]: INTEXTAR, 1988.

- No corrosivo
- Estabilidad térmica
- “Estabilidad a la temperatura; no volátil al vapor”³

1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SUAVIZANTES TEXTILES

1.2.1 Por su tiempo de duración. Se refiere al tiempo durante el cual la fibra textil tiene las propiedades aportadas por el suavizante, los cuales pueden ser: permanentes “son los que confieren un tacto suave a la mayoría de las fibras de modo duradero, es decir, que resistan incluso lavados a ebullición”⁴ (resinas de poliuretano o elastómeros de silicona); semipermanentes (a base de polietileno) o no permanentes “el tacto suave que generan sale a la 1,2 o máximo 3 lavadas”⁵ (derivados de ácidos grasos).

1.2.2 Por su origen. Los suavizantes pueden ser naturales (provenientes de grasas), seminaturales (derivados sencillos de grasas) o sintéticos (caracterizados por ser compuestos nitrogenados)

1.2.3 Por su naturaleza iónica. Esta clasificación está basada de acuerdo a la polaridad de la materia activa.

1.2.3.1 Suavizantes no iónicos. Se caracterizan por tener una parte hidrófoba y una hidrófila lo que hace que posea una carga neutra “pueden tornarse relativamente hidrofílicos gracias a la presencia de una cadena poliéster de tipo polióxido de etileno. El grupo hidrófobo es generalmente un radical alquilo”⁶. Se requieren cantidades de materia activa considerables debido a su falta de carga positiva, sin embargo, no presentan alteración en el color de las prendas gracias a que en su estructura no se encuentran ácidos grasos.

1.2.3.2 Suavizantes aniónicos. “Son aquellos que en solución acuosa, se disocian en un anión anfífilo y un catión metálico o amonio”⁷. Se caracterizan por ser compatibles con casi todos los detergentes y jabones, generar espuma y disminuir su solubilidad en agua cuando se utilizan en concentraciones elevadas.

1.2.3.3 Suavizantes catiónicos. Son utilizados como agentes antiestáticos “primero se absorben sobre sustratos cargados negativamente, y segundo muchos de ellos tienen propiedades bactericidas”⁸ gracias a su carga positiva, se requieren

³MANFRED ISER, Peter. Terminación Textil Química, Aplicación y Tecnología. [Electronic (1)]: 2006. p. 5

⁴Universidad Tecnológica del Norte. Ácidos Grasos. [Electronic(1)]: Ecuador: p. 12

⁵Universidad Tecnológica del Norte. Ácidos Grasos. [Electronic (1)]: Ecuador.

⁶SALAGER, JEAN LOUIS. Surfactantes tipos y usos. [Electronic (1)]. Venezuela. [Consultado el Diciembre 92016]. Disponible en: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S300A.pdf>

⁷FERNANDEZ, Álvaro. Surfactantes aniónicos. [Electronic (1)]. Mérida, Venezuela. [Consultado el diciembre 122016]. Disponible en: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S302.pdf>

⁸SALAGER, Jean Louis y FERNANDEZ, Álvaro. Cuaderno Firp S304: Surfactantes catiónicos y otros surfactantes. [Electronic (1)]. Mérida, Venezuela. [Consultado el Enero 12017]. Disponible en: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S304.pdf>

concentraciones muy bajas para obtener buenos resultados de suavidad y poseen una gran sustentividad con la mayoría de fibras textiles. Se disocian en solución acuosa en un catión orgánico anfífilo y un anión generalmente del tipo halogenuro. La gran mayoría de estos surfactantes son compuestos nitrogenados del tipo sal de amina grasa o de amonio cuaternario (QUATS).

Actualmente, los suavizantes catiónicos predominan en el mercado sobre los otros grupos de suavizantes citados anteriormente, por diversas razones, como:

- Son productos que dan el mayor grado de suavidad por peso a relativamente bajas concentraciones.
- Son sustantivos para casi todas las fibras y de fácil aplicación, impartiendo en muchos casos un acabado duradero.
- Proporcionan un tacto altamente característico y muy apreciado.
- Imparten efecto antiestático sobre los tejidos de fibras sintéticas.
- Mejoran en algunos casos la resistencia a la rotura, al desgarrar y a la abrasión del tejido.

Las estructuras químicas de los suavizantes textiles catiónicos más empleados, son: compuestos de amonio cuaternario con cadenas grasas, sales de amido-aminas, grasas cuaternarias e imidazolininas cuaternarias.

1.2.4 Otros tipos de suavizantes. A continuación se explicaran otros tipos de suavizantes que no son muy explorados en la industria textil.

1.2.4.1 Suavizantes siliconados. Son utilizados para disminuir la tensión superficial de las prendas y presentan una gran afinidad a las grasas debido a su naturaleza hidrófoba “Si se introducen grupos de silicona en una molécula de surfactante, se aumenta el carácter hidrófobo de este”⁹.

1.2.4.2 Suavizantes fluorados. Los compuestos fluorocarbonados se caracterizan por aportar gran hidrofobicidad a los suavizantes textiles, sin embargo su costo es demasiado alto por lo que no es utilizado para este propósito, sino que se utiliza para la producción de los gases de los extintores gracias a su gran resistencia térmica “La introducción de hidrocarburos perfluorados en las partes lipofílicas de los surfactantes aumenta el carácter hidrófobo y disminuye la reactividad química”¹⁰

1.3 COMPOSICIÓN DE LOS SUAVIZANTES TEXTILES

Los suavizantes textiles se componen de un material activo encargado de bajar la tensión superficial del agua y permitir la mojabilidad de las fibras y de auxiliares de

⁹SALAGER, JEAN LOUIS. Surfactantes tipos y usos. [Electronic (1)]. Venezuela. [Consultado el Diciembre 9 2016]. Disponible en: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S300A.pdf>

¹⁰SALAGER, JEAN LOUIS. Surfactantes tipos y usos. [Electronic (1)]. Venezuela. [Consultado el Diciembre 9 2016]. Disponible en: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S300A.pdf>

formulación que afectan el comportamiento de viscosidad del producto además de aportar un valor agregado al mismo (olor, color, estabilidad).

De una forma más estricta “las formulaciones suavizantes suelen constar de los componentes siguientes”¹¹:

1.3.1 Material activo. Es el que proporciona la característica principal (suavidad). Actualmente los componentes activos más utilizados son los compuestos de amonio cuaternario o quats, estos compuestos facilitan la adherencia a las fibras textiles (cargadas negativamente) debido a que parte de su molécula posee carga positiva.

El resto de la molécula es grasa, por lo tanto, lubrica la tela y aporta suavidad al tacto. Sin embargo, al ser gran parte grasa reduce la mojabilidad de la fibra por lo que se utilizan otros ingredientes para reducir esta desventaja como siliconas amino-funcionales y gomas de siliconas.

1.3.2 Auxiliares de formulación. Estos componentes co-ayudan al componente activo, su función es alterar la viscosidad del producto y modificar su estabilidad al almacenamiento.

1.3.2.1 Espesante. Tiene la función de modificar la viscosidad del suavizante textil, aumentando o disminuyendo la viscosidad del fluido.

1.3.2.2 Preservante. También llamado conservante evita el crecimiento de microorganismos permitiendo aumentar el tiempo de vida útil del producto.

1.3.2.3 Estabilizante. Mantiene el producto en una sola fase, es decir, evita que el suavizante se separe en dos o más fases garantizando la calidad en el producto.

1.3.2.4 Fragancia. Se requieren bajos niveles para aportar un valor agregado al producto además de esconder los olores procedentes de las materias primas utilizadas para la elaboración del mismo.

1.3.2.5 Colorante. Son compuestos que aportan color al producto, por lo general se debe ajustar su pH al pH del suavizante.

1.3.2.6 Agente antiestático. Se agregan a la formulación para aumentar este efecto en algunos suavizantes.

1.3.2.7 Humectantes. Se utilizan para evitar la deformación elástica de los tejidos por el uso continuo de suavizantes textiles.

1.3.2.8 Agentes de re-humectación. Son aditivos que mejoran la mojabilidad de la fibra cuando se utiliza un suavizante textil catiónico

¹¹CARRION, Javier. Propiedades Generales De Los Suavizantes Textiles Catiónicos: Especificaciones De Los Productos y Sus Efectos En Los Textiles. [Electronic (1)]: INTEXTAR, 1988. p. 73-74

1.4 ESPECIFICACIONES QUÍMICAS DEL SUAVIZANTE

1.4.1 pH. Esta propiedad influye en la solubilidad en agua del producto, por lo tanto se debe regular de acuerdo a la NTC 3287, la cual, estipula que el pH de un suavizante textil debe tener un rango entre 2 y 6.

1.4.2 Viscosidad. En el país no existen normas legales que establezcan rangos de viscosidad para el producto, sin embargo la empresa brinda un rango aceptable de 100 cP a 600 cP para generar una buena dispersión en agua y garantizar la uniformidad en su aplicación sobre la fibra textil.

1.4.3 Estabilidad. “Esta estabilidad es relativa, pues varía con el tiempo y en función de factores que aceleran o retardan alteraciones en los parámetros del producto”¹². Para que un producto se considere adecuado no se deben presentar separación entre fases, cristalización o precipitación de alguno de sus componentes, en otras palabras, debe ser un producto homogéneo.

1.4.4 Solubilidad en agua. Esta característica depende en gran parte del perfil de viscosidad del suavizante textil, pH y co-ayudantes de dispersión que puedan ser utilizados en la formulación.

1.5 ESPECIFICACIONES FÍSICAS DEL PRODUCTO TEXTIL

Las especificaciones físicas más importantes de un suavizante de telas son el color y el olor.

1.5.1 Color. Esta propiedad tiene la función de lograr un impacto positivo y agradable en el consumidor, sin embargo, se altera debido al grado de oxidación que pueda tener el suavizante.

1.5.2 Olor. Es una de las especificaciones que aunque no puede ser determinada (excepto con un panel de expertos) es de vital importancia para los consumidores debido a que aumenta el grado de confort al momento de la compra del producto o del uso de fibras textiles (las cuales deben tener un olor agradable).

1.6 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

También llamado DOE es una herramienta estadística utilizada para diseñar las características ideales de un producto que satisfaga necesidades y expectativas de manera adecuada. De acuerdo al ingeniero industrial Jorge Jimeno Bernal “es muy

¹²ANVISA. Serie Calidad en Cosméticos. [Electronic (1)]. Brasil. [Consultado el enero 32017]. Disponible en: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/106351/107910/Gu%C3%ADa+de+Estabilidad+de+Productos+Cosm%C3%A9ticos/dd40ebf0-b9a2-4316-a6b4-818cac57f6de>

útil cuando tenemos entre manos un producto complicado cuyo resultado puede depender de una gran cantidad de variables”¹³

El diseño de experimentos se realiza para:

- Identificar las variables que tienen influencia en la formulación de un producto.
- Establecer relación entre las variables de entrada con las variables respuesta.
- Especificar la combinación más adecuada de las variables para reducir la variabilidad en la funcionalidad del producto final.

1.7 METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE LOS FACTORES DEL PROYECTO

1.7.1 Evaluación de la suavidad. Los suavizantes textiles modifican algunas propiedades físicas de los tejidos al ser absorbidos en los mismos (propiedades como volumen y sensación de suavidad al tacto).

En primer lugar, el volumen está directamente relacionado con la suavidad del tejido, es decir, a medida que aumenta el volumen también aumenta la suavidad de la fibra textil. Por otra parte, la suavidad depende de la cantidad de materia activa en la formulación del suavizante así como del tipo de cadena alquílica “Las cadenas lineales alquílicas son más efectivas en la suavidad que las ramificadas”¹⁴.

En esta investigación es necesario aplicar un método que represente cuantitativamente el grado de suavidad aportado a la fibra textil (para evitar conclusiones y resultados subjetivos), además Industrias Químicas Saint Germain Ltda., no cuenta con un equipo que permita determinar la suavidad aportada a las telas por medio de algún algoritmo matemático, por lo tanto se maneja el ensayo de volumen y esponjosidad que permite medir la suavidad de los tejidos basados en el texto propiedades generales de los suavizantes textiles catiónicos¹⁵:

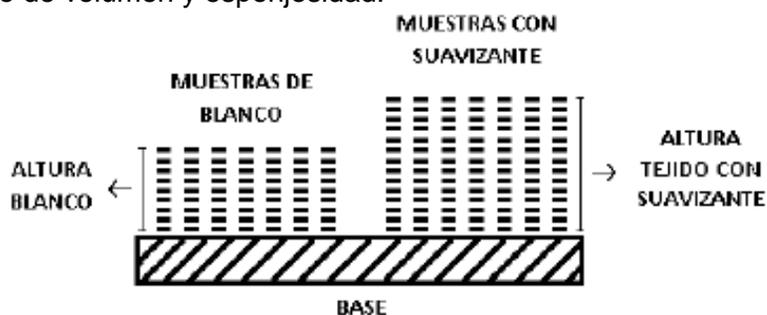
- Ensayo de volumen y esponjosidad: Este ensayo consiste en la utilización de dos muestras iguales de tela. A continuación se tomara una muestra y se aplicara el suavizante textil, luego se dejara secar naturalmente (al sol, con temperatura promedio de 20°C) y una vez secas se organizaran los trozos de algodón en forma de columna y se medirá su altura, luego se compara la altura de la muestra con la altura del blanco (muestra sin suavizante textil). Según la teoría la suavidad y la esponjosidad son proporcionales por lo que a mayor altura mayor será la suavidad aportada a las fibras, por tal motivo, se espera que las muestras tengan una altura superior a la del blanco tal como se muestra en la **Figura 1**.

¹³Bernal Jorge. Diseño de experimentos (DOE): Para qué sirve y cómo realizarlo. [Electronic (1)]. España. [Consultado el Diciembre 262016]. Disponible en: <http://www.pdcahome.com/2117/disen-de-experimentos-para-que-sirve-y-como-realizarlo/>

¹⁴CARRION, Javier. Propiedades Generales De Los Suavizantes Textiles Catiónicos: Especificaciones De Los Productos y Sus Efectos En Los Textiles. [Electronic (1)]: INTEXTAR, 1988. p. 9.

¹⁵¹⁵CARRION, Javier. Propiedades Generales De Los Suavizantes Textiles Catiónicos: Especificaciones De Los Productos y Sus Efectos En Los Textiles. [Electronic (1)]: INTEXTAR, 1988.

Figura 1. Ensayo de volumen y esponjosidad.



1.7.2 Evaluación de estabilidad. Es la propiedad que brinda la vida útil del producto, es decir, es el tiempo en el cual el suavizante (en este caso) mantiene las mismas propiedades que tenía al momento de terminada la formulación.

1.7.2.1 Tipos de estabilidad. Para el correcto desarrollo de la investigación se tendrán en cuenta las siguientes estabilidades:

- Estabilidad física: se refiere a la forma inalterada del producto. En esta investigación corresponde a la homogeneidad del mismo.
- Estabilidad Química: La propiedad química a evaluar dentro del proyecto es el pH.
- Estabilidad de funcionalidad: Se refiere al motivo de comercialización del producto (el uso que se le dará) en este caso es la suavidad.

1.7.3 Medición de pH. Se realiza a través de un pHmetro digital marca Pocket. El equipo es sumergido en la formulación para leer esta propiedad.

1.8 MARCO LEGAL

El decreto 1594 de 1984 tiene por objeto definir las sustancias con comportamiento tóxico cuando están en contacto con el agua además establece los estándares de calidad del agua para que pueda ser utilizada dentro del proceso de producción de un suavizante textil.

“El decreto 585 de 1991 tiene como objetivo principal reorganizar el instituto colombiano para el desarrollo de la ciencia y tecnología –COLCIENCIAS- como ente promotor y regulador de la innovación en el país”¹⁶. Dicho ente según la ley 29 de 1990 debe evaluar y aprobar los proyectos de investigación a los que la misma organización de reconocimiento, este decreto influye sobre Industrias Químicas Saint Germain Ltda., debido a que es un ente reconocido por la entidad (COLCIENCIAS) como centro de innovación y desarrollo.

El decreto 677 de 1995 da los regimientos que deben cumplir empresas dedicadas a la producción de productos domésticos para adquirir la licencia sanitaria de funcionamiento “y a las Normas Técnicas de Fabricación para los productos de aseo,

¹⁶Decreto Número 585 De 1991. (1991). 26 de febrero de 1991. p. Título I-Título III

higiene y limpieza y otros productos de uso doméstico, aprobados por el Ministerio de Salud”.¹⁷

Este capítulo brinda los conceptos necesarios para el desarrollo de suavizantes además de las propiedades principales del producto textil y la normatividad a la cual Industrias Químicas Saint Germain debe regirse. Por otra parte, el capítulo aportó los ensayos (ensayo de volumen y esponjosidad y pruebas de estabilidad), que se deben realizar a los suavizantes para evaluar su desempeño en el tratamiento de las fibras textiles.

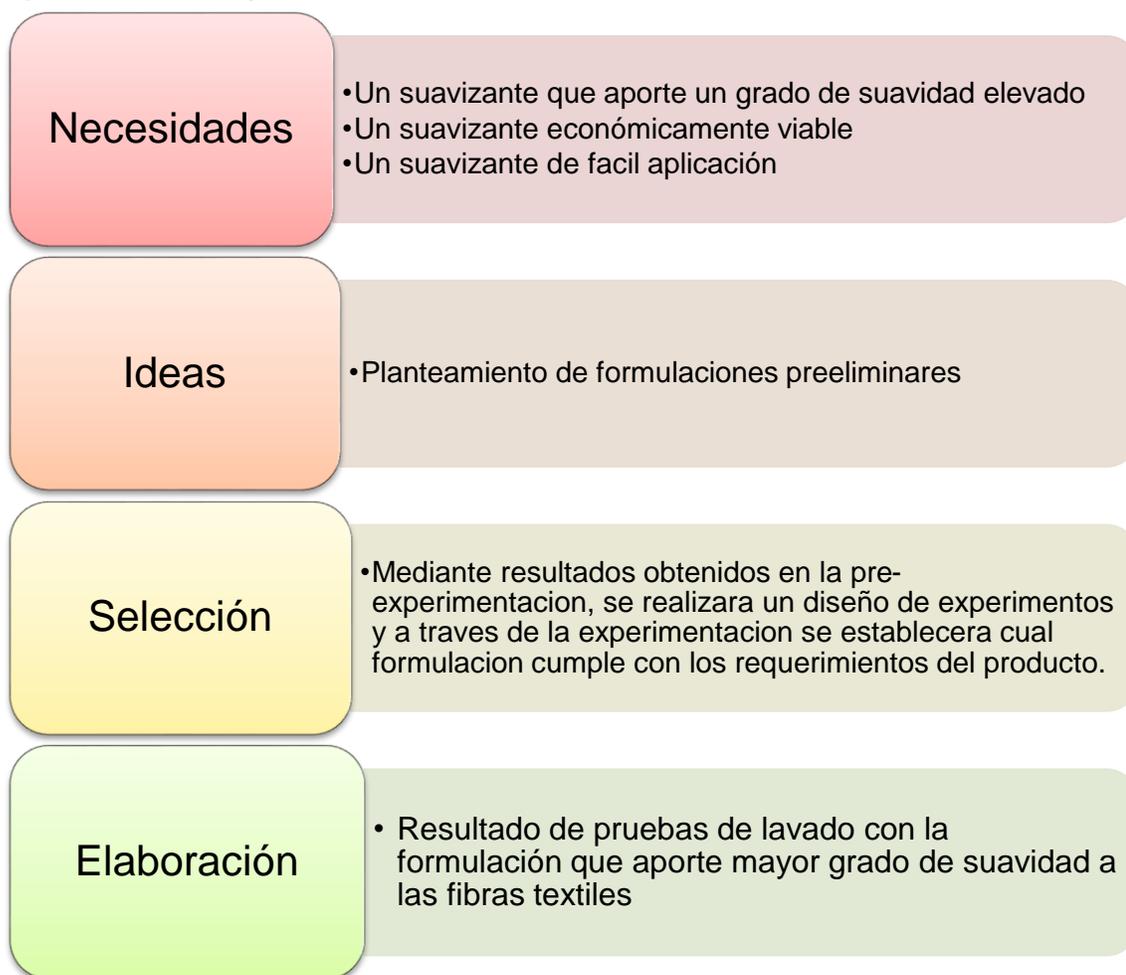
¹⁷SAMPER, Ernesto. Decreto 677 De 1995. [Electronic(1)]: DEL REGIMEN DE LAS LICENCIAS SANITARIAS DE FUNCIONAMIENTO PARA LOS ESTABLECIMIENTOS FABRICANTES DE MEDICAMENTOS, PREPARACIONES FARMACEUTICAS A BASE DE RECURSO NATURALES, COSMETICOS, PRODUCTOS DE USO DOMESTICO. 26 de abril de 1995. p. 7

2. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La producción de cualquier producto nace de una idea que permita suplir las necesidades que se presentan en la vida cotidiana, en este caso, para producir un suavizante textil es necesario conocer las materias primas esenciales que ayuden a disminuir la electricidad estática de las telas.

El procedimiento para desarrollar la investigación se basó en la guía metodológica propuesta por G.D. Moggridge y E.L. Cussler para el diseño de productos químicos en donde se plantean cuatro pasos esenciales para el diseño “Necesidades: ¿Qué necesidades debe tener el producto?; ideas: ¿Qué productos podrían suplir esta necesidad?; selección: ¿Qué ideas son las más prometedoras? y elaboración: ¿Cómo se puede fabricar el producto?”¹⁸. La siguiente figura ilustra la metodología para el diseño del suavizante textil:

Figura 2. Metodología para el diseño del suavizante textil.



¹⁸G.D. Moggridge y E.L. Cussler. AN INTRODUCTION TO CHEMICAL PRODUCT DESIGN. En: Trans IChemE. January 2000. vol. 78, no. Part A, p. 7-8

2.1 EQUIPOS

Los equipos utilizados durante la investigación fueron aportados por el departamento de desarrollo e investigación de Industrias Químicas Saint Germain LTDA.

Se utilizó un viscosímetro marca Brookfield con un rango de 1rpm a 100 rpm, consiste en la rotación de un husillo sumergido en la muestra y una velocidad constante. La resistencia generada por el producto sobre el husillo es directamente proporcional a la viscosidad.

Además, se utilizó un agitador marca IKA referencia RW 20 digital con un rango de 300rpm a 1.500rpm donde se realizaban las formulaciones y se simulaba el ciclo de lavado para el tratamiento de las fibras con el suavizante textil. Este equipo puede ser utilizado para agitar líquidos de alta y baja viscosidad.

Por otra parte, se empleó una plancha de calentamiento marca ACEQ de referencia PLC-6001 cuyo rango va de 0 °C a 300°C para calentar el solvente (agua) de la formulación.

Se utilizó una balanza electrónica PIONNER-OHAUS con exactitud de 0,001g para pesar los componentes utilizados en las pruebas del laboratorio. En el caso de pesar un líquido, permite pesar un material sin tomar en cuenta el peso del recipiente que lo contiene.

Para la determinación de pH se utilizó un pHmetro marca PocketTracer cuyo rango va de 0 a 14 y con exactitud de 0,01 pH. Finalmente la temperatura fue leída desde un termómetro de mercurio. Los equipos utilizados se ilustran en el **Cuadro 1**:

Cuadro 1. Equipos utilizados para la formulación del producto suavizante.

Nombre equipo	Imagen
Viscosímetro Brookfield	

Cuadro 1. Continuación

Nombre equipo	Imagen
Balanza digital PIONNER- OHAUS	
PHmetro PocketTracer	
Termómetro de mercurio	

En el **Cuadro 2.**, muestra el resumen de las características de los equipos utilizados durante el desarrollo del proyecto.

Cuadro 2. Equipos disponibles para la investigación en Industrias Químicas Saint Germain LTDA.

Nombre equipo	Marca	Función	Estado			Rango	Apto para uso
			Nuevo	Modificado	En uso		
Viscosímetro	Brookfield	Determinar el perfil de viscosidad de fluidos	x			1-100 (rpm)	Si
Agitador mecánico	IKA	Mezcla de formas líquidas			x	300-1.500 (rpm)	Si
Plancha de calentamiento	ACEQ	Calentar líquidos			x	0-300 (°C)	Si
Balanza digital	PIONNER	pesar materias primas			x	0,001-200 (g)	Si
pHmetro	Pocket	Determinar el pH de las formulaciones.			X	0,001-14 (pH)	Si
Termómetro de mercurio	ABC Colombia	Medir la temperatura de los fluidos			x	0-360 (°C)	Si

2.2 MATERIAS PRIMAS

Esta investigación se inició con la evaluación de la materia activa (quats) de carácter catiónico caracterizada principalmente por dar el mayor grado de suavidad a bajas concentraciones (3% a 15%)¹⁹

Por otra parte, uno de los factores que se tuvo que tener en cuenta fue el pH, cuyo rango debe estar entre 2 y 6²⁰. Luego de identificar las características de las bases a utilizar, se establecieron los demás componentes para la formulación elemental de un suavizante textil, es decir, las materias primas necesarios para dar funcionalidad al producto y evitar otras que mejoren el aspecto físico del mismo.

Se toma como solvente el agua, debido a su bajo costo y fácil obtención, por otro lado, se seleccionan surfactantes de carácter catiónico de cadenas carbonadas lineales cortas (entre 14 y 18 C)²¹ debido a las propiedades descritas ...sección **1.2.3.3**...

Adicionalmente es necesario garantizar la estabilidad de las mezclas realizadas, para lo cual, se evaluaron tres surfactantes aniónicos facilitando la disolución de los espesantes en las formulaciones aumentando su solubilidad en agua y causando la estabilización de las mezclas²². Además, los surfactantes aniónicos fueron elegidos debido a que "si está entre 15 y 18 de carbono, tiene uso como agente emulsificante"²³

Por otra parte, los espesantes utilizados fueron escogidos por su disponibilidad en de acuerdo a información brindada por los proveedores. La empresa codificó los nombres de las materias activas por confidencialidad de la misma.

A continuación se listan las principales razones por las que fueron elegidas estas sustancias:

- En la selección las bases estaban disponibles y los distribuidores garantizan su disponibilidad.
- Cumplen especificaciones técnicas de pH suministradas por la empresa.
- Son compuestos que no son perjudiciales para la salud.
- Permiten el desarrollo de un proceso sencillo gracias a su simplicidad y manejabilidad.

En el **Cuadro 3**. Se muestran las materias primas utilizadas en las formulaciones:

¹⁹ CARRION, Javier. Propiedades Generales De Los Suavizantes Textiles Catiónicos: Especificaciones De Los Productos y Sus Efectos En Los Textiles. [Electronic (1)]: INTEXTAR, 1988.

²⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS (INCONTEC) Jabones, detergentes, suavizante, líquidos para ropa. Primera actualización NTC 3287 Bogotá D.C, 2008. P.1

²¹ CARRION, Javier. Propiedades Generales De Los Suavizantes Textiles Catiónicos: Especificaciones De Los Productos y Sus Efectos En Los Textiles. [Electronic (1)]: INTEXTAR, 1988. p. 76

²² SALAGER Jean-Louis y FERNANDEZ Álvaro. Cuadernos FIRP 302-PP Surfactantes Aniónicos. Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería Química. 2004.

²³ SALAGER Jean-Louis y FERNANDEZ Álvaro. Cuadernos FIRP 302-PP Surfactantes Aniónicos. Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería Química. 2004.

Cuadro 3. Materias primas utilizadas en la preparación de las formulaciones.

Componente	Materia prima
Solvente	Agua
Surfactante Catiónico	SC 1 – 14 C SC 2 – 16 C SC 3 – 18 C
Surfactante aniónico	SN 1- 18 C SN 2- 15 C SN 3- 17 C
Espesante	E 1 E 2 E 3
Fragancia	Floral blue

2.3 PREPARACIÓN DE FORMULACIONES

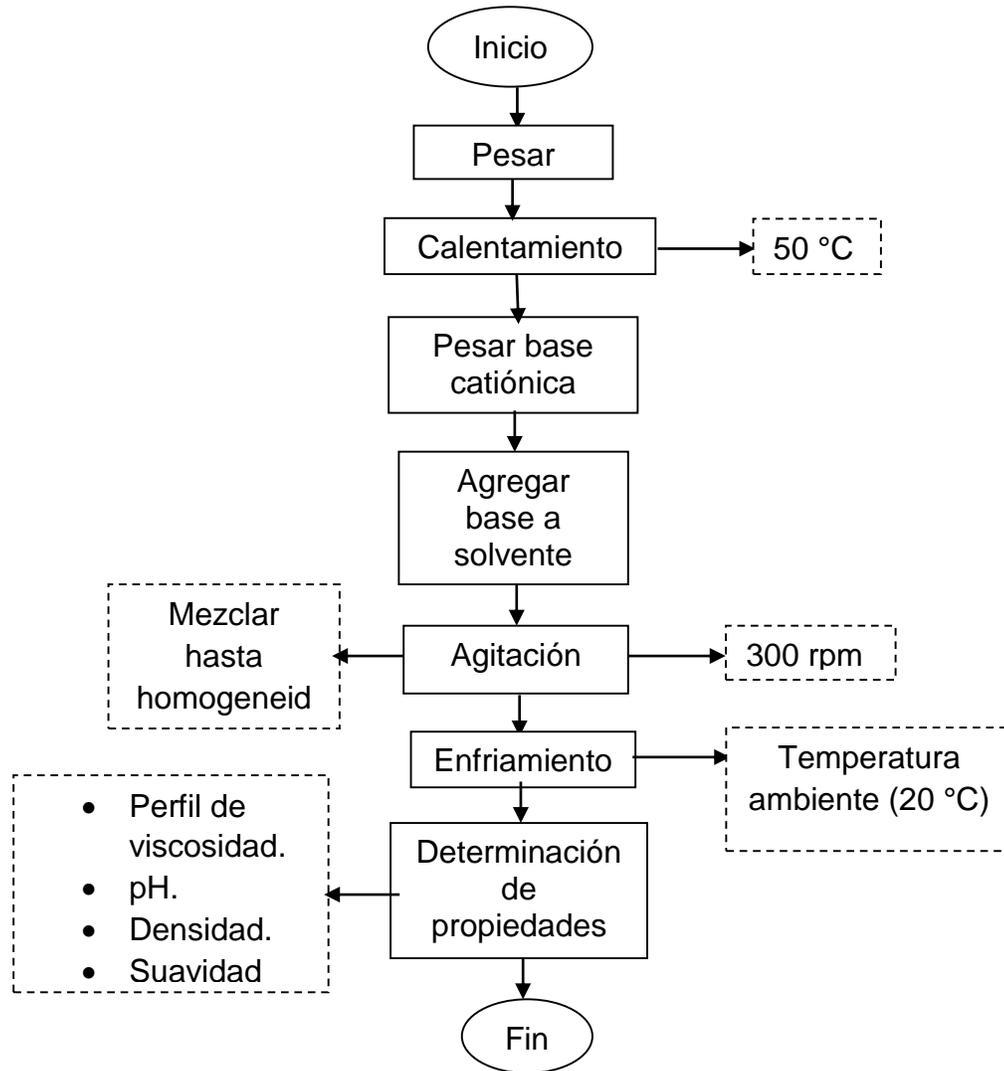
Teniendo en cuenta las materias primas necesarias para la formulación, se establecieron parámetros de composición iniciales basados en información obtenida por el departamento de investigación y desarrollo de Industrias Químicas Saint Germain Ltda., que permitan determinar el comportamiento que tienen las mezclas cuando son sometidas a agitación y la incidencia de las variables del proceso (el perfil de viscosidad del suavizante textil y el grado de suavidad que aporten a las fibras textiles) de sobre las mismas para así obtener datos precisos de sus propiedades y llevar a cabo el diseño de experimentos y finalmente seleccionar las combinaciones que se encuentren dentro de los rangos de composición aceptables por Industrias Químicas Saint Germain Ltda. Para preparar las formulaciones se configuró un sistema de mezclado con agitación propuesto por Industrias Químicas Saint Germain LTDA.:

- Como recipiente contenedor de la formulación se utilizó un beaker de plástico de 1.000 ml de capacidad, 14 cm de alto y 10 cm de diámetro.
- Para el proceso de mezclado se usó un agitador IKA RW20 a 300 rpm.
- La adición de los componentes de la formulación se hizo a través de las paredes del beaker componente por componente.
- Finalmente, se agregó la fragancia de la misma manera que los componentes anteriores.

El orden debe ser seguido estrictamente para evitar que el producto textil presente separación de fases de acuerdo a experiencias previas de la empresa.

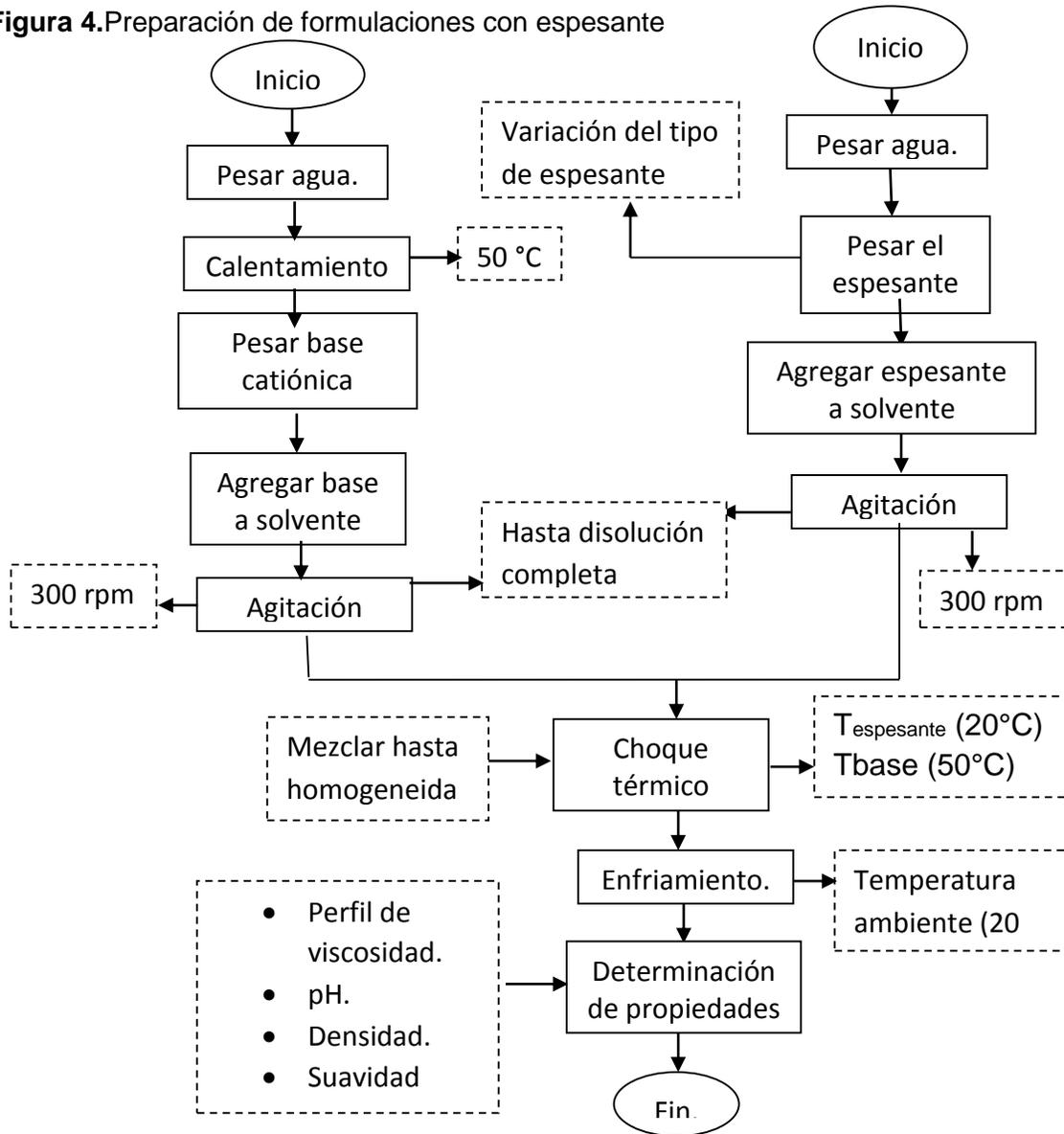
2.3.1 Primer grupo de formulaciones. El procedimiento a realizar constó de mezclar el solvente y la materia activa para estudiar cuál de estas bases era la que aportaba mayor grado de suavidad a las muestras y poder seleccionar la adecuada para la producción del suavizante. La metodología utilizada se ilustra en la siguiente gráfica.

Figura 3. Preparación de primeras formulaciones.



2.3.2 Formulaciones con adición de espesante. De acuerdo a los resultados obtenidos en el procedimiento anterior se escogió la materia activa que aportó el mayor índice de suavidad y una vez elegida la base cationica, se realizó otro mezclado variando los espesantes para nuevamente determinar las características de la formulación como se ilustra en la **Figura 4**:

Figura 4.Preparación de formulaciones con espesante



2.3.3 Aditivos. Son utilizados para brindarle a la formulación un aspecto más agradable para los consumidores y garantizar la competitividad en el mercado. Una de las características más importantes para los consumidores es el aroma, por esta razón el único aditivo utilizado en las formulaciones fue la fragancia.

2.3.4. Evaluación de formulaciones. Con el objeto de evaluar el desempeño de las formulaciones preparadas se cortan 6 trozos de tela 100% algodón de 10 cm x10 cm. La muestra “blanco” consta de los primeros 6 trozos de tela y se mide su altura, la cual se compara con la altura de la misma cantidad de muestra tratada con el suavizante textil.

2.3.5 Procedimiento de medición de variables. Los procedimientos realizados en este proyecto se explican a continuación:

2.3.5.1 Pruebas de lavado. Es la etapa más importante dentro de la evaluación de las formulaciones, por lo mismo, se simularon las condiciones de un ciclo de lavado para cada una de las formulaciones y se realizaron 3 réplicas de cada lavado de acuerdo a experiencias del departamento de investigación de Industrias Químicas Saint Germain LTDA., tal como se lista a continuación:

- Se usó un beaker plástico de 1.000 ml de capacidad, 14 cm de alto y 10 cm de diámetro.
- Se llenó el beaker con 500 ml de agua.
- Se sumergió la muestra dentro del beaker.
- Se agregó 0,25 ml de la formulación (Cantidad brindada por la etiqueta de información del suavizante guía)
- Se mezcló durante 5 minutos en un agitador IKA RW20 a 300 rpm.
- Se enjuagó la muestra.
- Se dejó secar a temperatura ambiente durante 24 horas.
- Se midió la altura de la muestra y se comparó con el blanco.

2.3.5.2 Grado de suavidad. Esta propiedad se evaluó mediante el ensayo de volumen y esponjosidad utilizando la **Ecuación 1**:

Ecuación 1. Cambio de esponjosidad de las fibras textiles

$$\Delta h = h_{mx} - h_o$$

Donde:

Δh : Cambio de altura de la columna de telas

h_{mx} : Altura de la columna después de utilizar una muestra x

h_o : Altura de la columna del blanco

Por otra parte, para determinar el porcentaje de esponjosidad aportado a las fibras textiles se utilizará la **Ecuación 2**:

Ecuación 2. Grado de suavidad aportado a las fibras textiles

$$\%S = \frac{(h_{mx} - h_o)}{h_o} * 100$$

Donde:

$\%S$: Porcentaje de suavidad aportado a las fibras textiles

h_{mx} : Altura de la columna después de utilizar una muestra x

h_o : Altura de la columna del blanco.

2.3.5.3 Determinación de perfiles de viscosidad. Los perfiles de viscosidad fueron graficados a través de números de esfuerzos cortantes de la siguiente forma: Se agregaron 200 ml de la formulación suavizante a un beaker de vidrio de 400 ml de

capacidad, 7 cm de altura y 7,7 cm de diámetro, donde la aguja del equipo se sumergió hasta la línea que queda al nivel del fluido. El procedimiento anterior se realizó a partir de la información brindada por Industrias Químicas Saint Germain LTDA.

El equipo mide la viscosidad de fluidos por medio de una variación de velocidad de deformación que varía de 1 a 100 rpm, el análisis de todas las muestras se realizó una temperatura promedio de 20°C.

2.3.5.4 Determinación de densidad. Para calcular la densidad de las muestras se utilizó un balón aforado de 10 ml de capacidad, el cual se llenó con 10 ml de formulación para luego ser pesado en la balanza digital que se describió anteriormente. Con el peso y el volumen conocidos se aplica la **Ecuación 3**.

Ecuación 3. Densidad de las formulaciones realizadas.

$$\rho_x = \frac{m_x}{V_x}$$

Donde:

ρ_x : Densidad de la muestra x (g/ml).

m_x : Peso de la muestra x (g).

V_x : Volumen de la muestra x (ml).

2.3.5.5 Determinación de pH. El pHmetro se introdujo en cada formulación y se dejó el tiempo necesario para que los electrodos del mismo pudieran generar la corriente eléctrica necesaria para arrojar el valor de pH.

2.3.5.6 Pruebas de estabilidad. Se utilizó una técnica de análisis de estabilidad física de emulsiones basada en una observación visual para verificar si hay fenómenos de desestabilización como “separación gravitacional, coalescencia y floculación”²⁴ de la muestra final. El proceso consistió en agregar 10ml de cada formulación en tubos de ensayo para que permanecieran en reposo y observar si había separación de fases o formación de aglomerados en la misma durante 30 días de la siguiente forma: a la hora de haber hecho la formulación, a las 24 horas, la tercer observación a las 48 horas, luego al 5 día, al día 10, día 20 y finalmente el día 30. Este estudio de estabilidad se realizó mediante observación.

De acuerdo a especificaciones brindadas por Industrias Químicas Saint Germain LTDA., por experimentos hechos anteriormente por el departamento de investigación, se tomaron los perfiles de viscosidad y las pruebas de lavado en rangos de tiempo iguales a los utilizados para realizar las observaciones, finalmente se estableció que el producto final no debía presentar un cambio superior al 20% en estas pruebas para ser aceptable para la compañía (requerimientos de la empresa para poder garantizar

²⁴GONZALÉZ, Gerardo. Mecanismos De Desestabilización De Una Emulsión. [Electronic (1)]: Universidad Nacional Autónoma de México: 2013. p. 2

la calidad del producto). El cambio de propiedades se estableció aplicando las ecuaciones 4 y 5:

Ecuación 4. Cambio de la variable x

$$\Delta V_x = |V_1 - V_2|$$

Donde:

ΔV_x : Cambio de la variable x

V_1 : Valor inicial de la variable

V_2 : Valor final de la variable

Luego de obtener ΔV_x se aplica la Ecuación 5.

Ecuación 5. Porcentaje de cambio de variable.

$$\%CV = \frac{\Delta V * 100}{V_1}$$

En donde:

$\%CV$: Porcentaje de cambio de variable.

ΔV : Cambio de la variable.

V_1 : Valor inicial de la variable.

Finalmente se suman las dos variables a evaluar (viscosidad y grado de suavidad) para calcular el cambio total de propiedades.

Ecuación 6. Porcentaje cambio total de propiedades.

$$\%CT = \%C_{suavidad} + \%C_{viscosidad}$$

Este capítulo muestra los equipos y la selección de materias primas (Surfactante catiónico, espesante, emulsificante y fragancia) necesarios para la producción de suavizantes textiles; Por otra parte, ilustró la metodología para la preparación de las mezclas y las ecuaciones utilizadas para evaluar las principales características de las formulaciones realizadas durante la investigación (perfil de viscosidad, densidad, pH y pruebas de lavado).

3. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL MERCADO

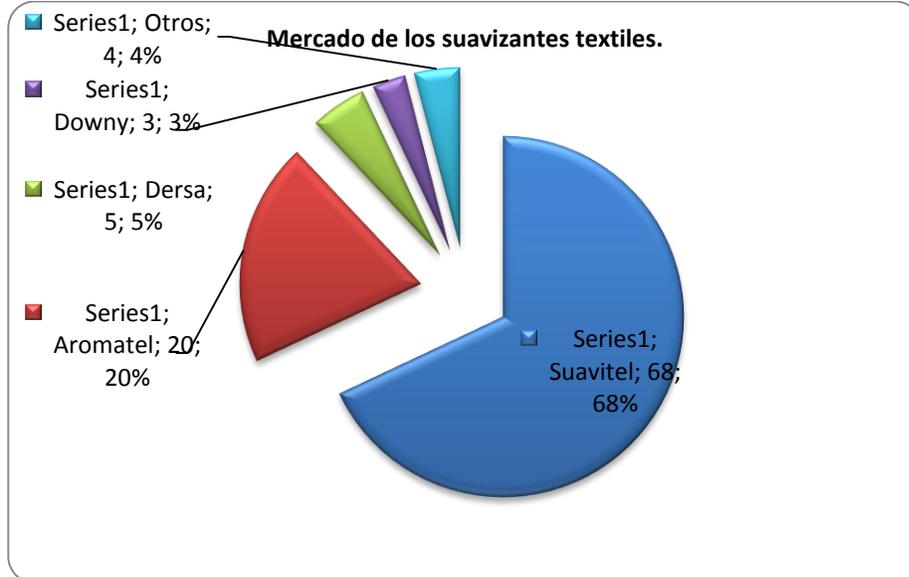
De acuerdo a la metodología propuesta...Capítulo 2... se deben identificar las necesidades del mercado Colombiano a través de la comparación de las propiedades aportadas por los suavizantes textiles que se venden actualmente.

3.1 ESTADO DEL MERCADO ACTUAL CONSUMIDOR DE SUAVAIZANTES

Para empezar, el país modelo de desarrollo sostenido en el sector industria es México por lo cual se toma como referencia. “Tenemos que los suavizantes de telas al año producen 397 millones de dólares y 198 millones de litros en este país”²⁵

Para iniciar la investigación fue necesario determinar cuál era la marca más utilizada por los hogares colombianos, por lo cual, se realizó una encuesta (Anexo A) a 100 personas residentes en las ciudades de Bogotá y Fusagasugá. En la **Figura 5.**, se muestran los resultados obtenidos en las encuestas realizadas.

Figura 5. Situación actual de los suavizantes textiles en el mercado Colombiano.



La figura anterior muestra que el suavizante más utilizado por la población colombiana es Soflán Suavitel con el 68% seguido de la marca Aromatel (20%), Dersa (5%), Downy (3%), además las marcas de mercado como éxito y jumbo (4%). Según las estadísticas brindadas por PROCOLOMBIA (anteriormente PROEXPORT) en el año

²⁵INSTITUTO ESPAÑOL DE COMERCIO EXTERIOR (ICEX). El mercado de los productos de limpieza doméstica en México. [En línea]. Disponible en: <<http://www.cadexco.bo/actual/boletin-inteligencia/EI%20mercado%20de%20productos%20de%20limpieza%20domestica%20en%20M%C3%A9xico-%20ICEX.pdf>>; p.13

2011 “Dicho comportamiento se ha mantenido durante los últimos años, con algunas variaciones en los valores porcentuales de cada competidor”²⁶

Además, Industrias Químicas Saint Germain LTDA., agrego los suavizantes producidos por la misma y proporcionó información referente al sector industrial y hotelero, los estudios realizados arrojaron como resultados que el suavizante textil más utilizado en estos sectores es AMWAY SA8 debido a su alto rendimiento.

3.1.1 Determinación de propiedades de los principales suavizantes del mercado.

Con los datos obtenidos en el diagnóstico de mercado se procedió a realizar un análisis comparativo entre 3 suavizantes más vendidos y los productos fabricados por la compañía, para determinar en qué posición se encuentran estos últimos en relación a los demás. A continuación se muestra el cuadro del análisis:

Cuadro 4. Evaluación de las características de los suavizantes del mercado Colombiano.

Marca	Fabricante	Precio (COP/dosis)	Esponjosidad (cm)	Porcentaje de suavidad (%)	Densidad (g/ml)	pH
Soflán Suavitel	Colgate	14,38	0,5	38,46	0,989	2
Aromatel	Quala	12,00	0,4	30,77	0,983	4
Primavera	Dersa	10,13	0,6	46,15	1,181	3
SA8	Amway	7,5	0,7	53,85	1,166	4
Saint Eco	Saint Germain	7,5	0,3	23,08	1,112	2
Saint Premium	Saint Germain	11,25	0,6	46,15	1,235	4

Con lo anterior se pudo analizar qué:

- La marca SA8 aunque tuvo un costo dosificación de \$7,5 aportando un grado de suavidad de 53,85%.
- Se sugiere que la fibra textil se satura con una cantidad de suavizante determinada por los fabricantes, por lo cual, tratar la fibra con una mayor cantidad de producto no generará mejores resultados.
- Además, el suavizante SA8 puede contener aditivos antiestáticos que ayuden a la suavidad y disminuyan el uso de base en la formulación
- El producto Bench es SA8 producido por Amway debido a que presentó la mejor dispersión en agua (resultado obtenido por observación) sin afectar los resultados de grado de suavidad, además de que el pH se encuentra dentro del rango permitido según la Norma Técnica Colombiana (NTC) 3287 (de 2 a 6).

²⁶ARCE CABALLERO, Andrea y PIEDRAHITA ROJAS, Sergio Andrés. Evaluación De La Viabilidad Técnica y Financiera De La Producción De Un Suavizante De Telas En La Empresa Marchen S.A. Bogotá: Fundación Universidad de América, 2013.

- El suavizante primavera impartió un grado de esponjosidad de 46,15% a las fibras textiles (Sin superar al suavizante producido por Amway).
- Soflán Suavitel aportó un 38,46% de esponjosidad a las muestras, por lo que su uso, podría estar relacionado con el aroma que imparte a la misma, además su pH está en el límite inferior dentro del rango permitido en la normatividad (2), lo que puede causar daños a la fibra textil.
- El suavizante Saint Premium tiene mayor cantidad de base catiónica en comparación con el suavizante Saint económico, por esto se concluyó que la viscosidad depende de la cantidad de materia activa presente en la formulación.

Las propiedades evaluadas en el anterior estudio presentaron una guía general de las características estándar dentro de las cuales debe encontrarse el producto final del proyecto. En el **Cuadro 5** se muestran los componentes de los suavizantes de telas del mercado Colombiano determinados por medio de la observación en sus etiquetas informativas:

Cuadro 5. Componentes de los suavizantes del mercado Colombiano.

Marca	Componentes
Soflán Suavitel	Tensoactivo catiónico, agua, copolímero, silicona, perfume. Contiene menos del 0.1% de fósforo.
Aromatel	Agua, tensoactivo catiónico, fragancia, aditivos
Primavera	Agua, Ingrediente activo (sal de amonio cuaternario), Emulsificante, perfume, conservante y colorante.
SA8	Agua, éster de amonio cuaternario, alcohol isopropílico, fragancia, cloruro de calcio, cloruro de potasio, metilcloroisotioazolinona.
Saint Eco	Agua, base suavizante catiónica, surfactante aniónico y fragancia
Saint Premium	Agua, base suavizante catiónica, surfactante aniónico agentes secuestrantes y fragancia

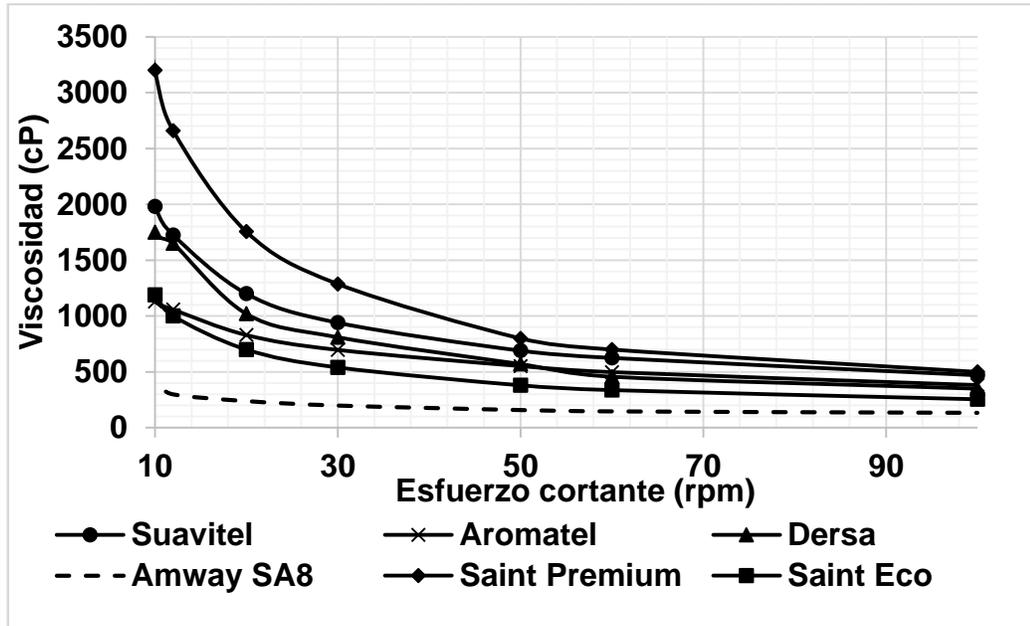
3.1.2 Perfiles de viscosidad de los suavizantes textiles del mercado. Los resultados obtenidos para el perfil de viscosidad de los suavizantes del mercado Colombiano se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Perfiles de viscosidad de suavizantes del mercado Colombiano.

Esfuerzo cortante (rpm)	Viscosidad (cP)					
	Soflán Suavitel	Aromatel	Primavera	SA8	Saint Premium	Saint eco
3	5.130	1.800	5.370	630	9.730	2.970
4	4.530	1.530	5.280	530	7.430	2.250
5	3.160	1.520	3.100	460	6.200	1.900
6	2.830	1.480	2.580	420	5.030	1.630
10	1.980	1.130	1.750	390	3.200	1.190
12	1.725	1.058	1.650	300	2.658	1.000
20	1.200	830	1.020	240	1.755	700
30	940	697	810	200	1.287	540
50	690	552	570	160	800	380
60	625	498	457	148	700	337
100	470	382	350	135	500	255

Para analizar adecuadamente los datos obtenidos se decidió graficar la información como se muestra en la **Gráfica 1**:

Gráfica 1. Perfiles de viscosidad de los suavizantes del mercado Colombiano



De acuerdo a la Gráfica 1. Se podría sugerir que la suavidad aportada a las telas depende de la cantidad de componentes dentro de la formulación, puesto que si se comparan los suavizantes producidos por Industrias Químicas Saint Germain Ltda., se conoce que el suavizante Saint Premium tiene mayor cantidad de base catiónica y de auxiliares de formulación en comparación del Saint económico. Sin embargo el suavizante Saint Premium presentó una muy baja disolución en agua debido a su perfil de viscosidad (9.730 cP a 500 cP).

En orden de viscosidad le sigue Soflán Suavitel, luego primavera y Aromatel, los cuales, presentan una buena disolución en agua lo que genera una dispersión uniforme en las fibras textiles.

Por otro lado, Amway, tuvo el menor perfil de viscosidad (630 cP a 135 cP) y la mejor dispersión en agua, con lo cual se concluyó que la viscosidad tiene relación inversa respecto a la dispersión en agua.

El mercado institucional requiere un suavizante textil de bajo costo, que proporcione suavidad y fragancia a las prendas utilizando bajas concentraciones de producto. Estas son las características principales que debía tener el producto a diseñar en el presente proyecto y fueron evaluadas y comparadas con el desempeño del suavizante de Amway SA8 que es el producto que provee mayor dilución y suavidad.

4. IDEAS

Con la comparación de propiedades realizada se planteó un grupo de mezclas para identificar la base que presenta mayor sustentividad con la fibra textil aportándole el mayor grado de suavidad, mediante la pre-experimentación, para luego plantear el diseño de experimentos con la información obtenida.

4.1 SELECCIÓN DE MATERIAS PRIMAS

En la investigación se utilizaron tres bases catiónicas y tres espesantes. El Cuadro 6., ilustra las principales características de las bases utilizadas en las formulaciones:

Cuadro 6. Características principales de las bases utilizadas.

Característica	SC 1 – 14 C	SC 2 – 16 C	SC 3 – 18 C
Composición	Ester de amonio cuaternario	Ester de amonio cuaternario	Ester de amonio cuaternario
Apariencia	Sólida	Sólida	Líquido
Hidrofilidad	Muy baja	Baja	Alta
pH	2 a 4	2 a 4	1,5 a 4
Proveedor	Dowchemical	Dowchemical	Colquímicos S.A

En el Cuadro 7., se muestra la información referente a los espesantes utilizados en el proyecto:

Cuadro 7. Características principales de los espesantes

Característica	E 1	E 2	E 3
Apariencia	Sólida	Sólida	Líquido
Cambio en la viscosidad	Alto	Alto	Medio
Solubilidad	Alta	Baja	Alta
Proveedor	DowChemical	DowChemical	DowChemical

4.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Como se mencionó anteriormente la preparación de muestras partió de una pre-experimentación para determinar que materias primas cumplen con los requerimientos de Industrias Químicas Saint Germain Ltda. Por otra parte, se decidió comparar cada componente de la formulación contra el suavizante guía para

determinar si había un efecto sobre el producto a probar. A continuación se explicarán los procedimientos realizados durante la pre-experimentación.

4.2.1 Efecto de la materia activa sobre la formulación. Esta parte de la investigación se centró en determinar si el tipo de base catiónica influye en las características del suavizante textil (pH, densidad, y grado de suavidad aportado a la fibra). El procedimiento se basó en hacer mezclas de agua y base catiónica de la siguiente forma:

- Calentar el solvente (agua) a 50°C.
- Agregar la base catiónica al 5% p/p²⁷.
- Agitar manualmente por cinco minutos.
- Enfriar hasta temperatura ambiente.

A continuación se muestra una tabla con la información obtenida:

Tabla 2. Efecto del tipo de base sobre el pH y densidad de la formulación

Base Catiónica	pH	Densidad (g/ml)
SC 1	3	1,090
SC 2	3	1,113
SC 3	4	1,142

En primer lugar las tres formulaciones cumplieron con la normatividad para neutralizar el pH dejado por los detergentes a las fibras textiles.

En cuanto a densidad la formulación con SC 1 presentó el menor valor de las tres y la mayor dispersión en agua, es decir, se homogenizó rápidamente en el agua por lo que no se observaron grumos del producto al momento de tratar las muestras (grumos visto en el caso de SC 3), por lo cual se sugiere según lo observado que a menor densidad mayor será la dispersión al momento del ciclo de lavado.

Por otra parte, SC 3 presentó la menor dispersión en agua, es decir, no se mezcló adecuadamente al ciclo de lavado y fue necesario someter a agitación para disolver toda la formulación al momento del tratamiento, esto podría estar relacionado con que su densidad es elevada y dificulta la homogeneidad en el mismo. Se decidió realizar el diseño de experimentos con el SC 2 debido a que presentó una densidad cercana al SC 1 y una dispersión en agua similar.

4.2.1.1 Perfiles de viscosidad del primer grupo de formulaciones. Los resultados obtenidos para las mezclas de solvente-material activo al 5% p/p son mostrados en la **Tabla 3:**

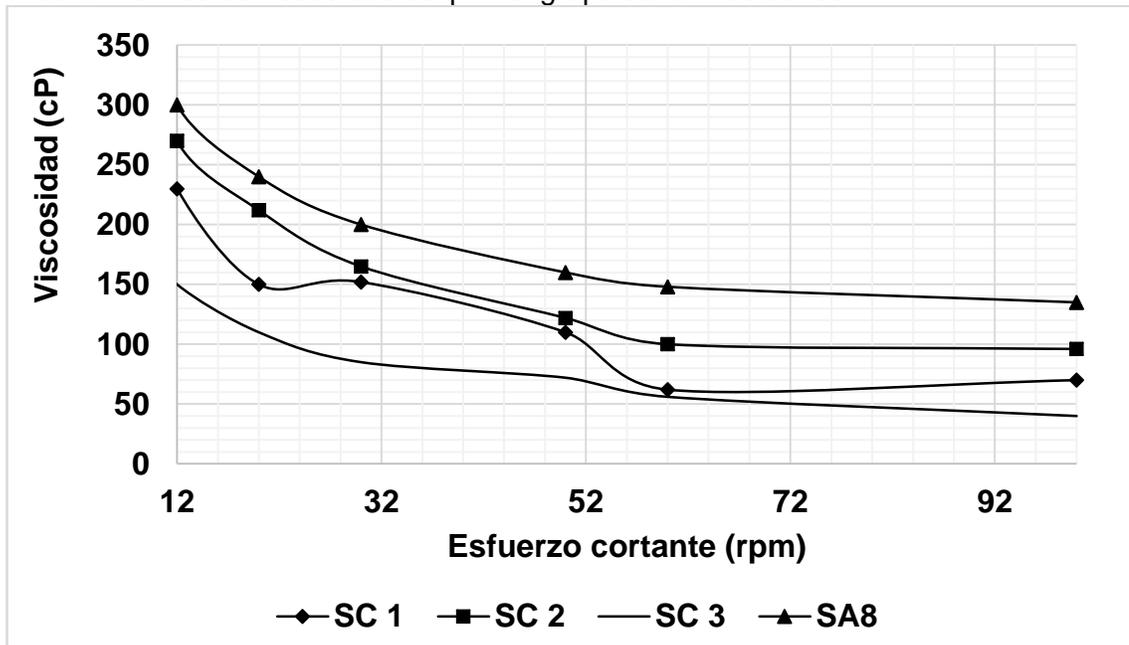
²⁷CARRION, Javier. Propiedades Generales De Los Suavizantes Textiles Catiónicos: Especificaciones De Los Productos y Sus Efectos En Los Textiles. [Electronic (1)]: INTEXTAR, 1988.

Tabla 3. Perfiles de viscosidad del primer grupo de formulaciones.

Esfuerzo cortante (rpm)	Viscosidad (cP)			
	SC 1	SC 2	SC 3	SA8
3	700	500	300	630
4	650	460	280	530
5	500	430	240	460
6	520	400	220	420
10	300	370	180	390
12	230	270	150	300
20	150	212	110	240
30	152	165	85	200
50	110	122	72	160
60	62	100	56	148
100	70	96	40	135

Para realizar un análisis apropiado de los datos fue necesario graficar la **Tabla 3** eliminando los datos de viscosidad que tuvieran una diferencia de 100 cP (en este caso los datos de 3 rpm a 12 rpm) para facilitar la lectura de la gráfica, tal como se ilustra en la **Gráfica 2**:

Gráfica 2. Perfiles de viscosidad del primer grupo de formulaciones.



En primer lugar, la base SC 3 no cumplió con la especificación de perfil de viscosidad debido a que se encuentra en un rango de 300 cP a 40 cP, es decir se encuentra por debajo del valor mínimo de viscosidad (135 cP).

Por otra parte, SC 1 no presentó estabilidad cuando se somete a diferentes niveles de esfuerzo cortante, es decir, según los datos obtenidos, los valores de viscosidad no

guardan el comportamiento que se ve en el suavizante SA8 debido a que fluctúan constantemente.

Finalmente, el componente activo SC 2 presentó similitud al deseado por Saint Germain LTDA., además, tuvo excelente dispersión en agua y su perfil de viscosidad guardó el comportamiento presentado en el producto líder (la curvatura de los perfiles mantiene proporciones equivalentes para ambos productos).

4.2.1.2 Pruebas de lavado del primer grupo de formulaciones. Las pruebas de lavado, se realizaron siguiendo la metodología de ciclo de lavado explicada en el segundo capítulo del proyecto. Este primer ensayo busco determinar cuál de las tres bases utilizadas aporta el mayor índice de esponjosidad a las fibras de algodón, asimismo, para garantizar la calidad de las mediciones se realizaron tres réplicas de cada formulación. Los datos obtenidos se muestran en la **Tabla 4**:

Tabla 4. Altura aportada por el primer grupo de formulaciones.

Base Suavizante	Altura (cm)				
	Blanco	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Promedio
SC 1		1,4	1,4	1,4	1,4
SC 2	1,3	1,6	1,6	1,6	1,6
SC 3		1,5	1,5	1,5	1,5

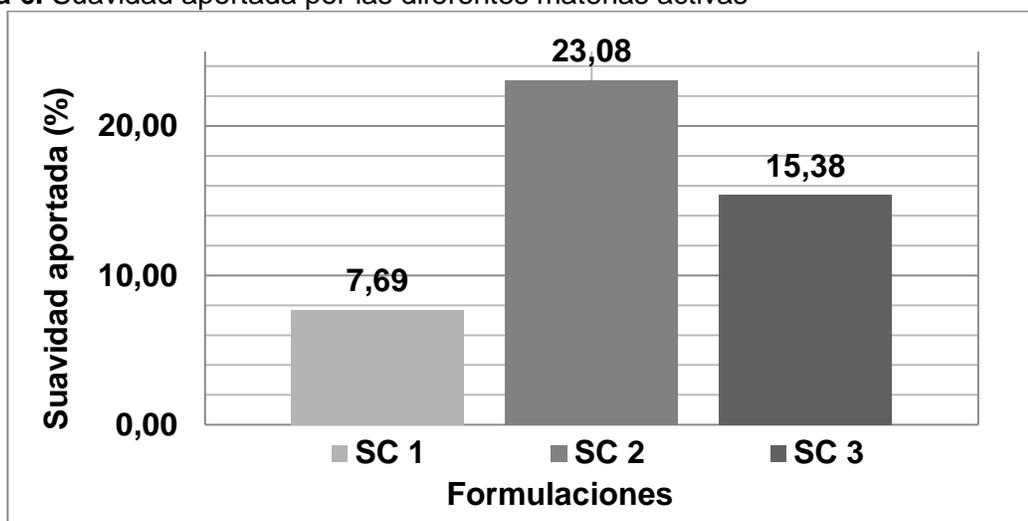
Con los datos obtenidos en la **Tabla 4** se aplicó el método cuantitativo siguiendo la **Ecuación 1**. Cambio de esponjosidad de las fibras textiles y la **Ecuación 2**. Grado de suavidad aportado a las fibras textiles, para obtener los resultados de grado de suavidad aportados por cada base utilizada (**Tabla 5**).

Tabla 5. Grado de suavidad aportado por el primer grupo de formulaciones

Base Suavizante	Altura (cm)	Esponjosidad de la fibra (cm)	Porcentaje de suavidad (%)
Blanco	1,3	0	0,00
SC 1	1,4	0,1	7,69
SC 2	1,6	0,3	23,08
SC 3	1,5	0,2	15,38

Seguidamente se graficaron los datos obtenidos de porcentaje de suavidad para un mejor análisis (Figura 6.).

Figura 6. Suavidad aportada por las diferentes materias activas



En primer lugar, la base SC 1 aportó 7,69% de esponjosidad sobre las fibras textiles por lo cual podría ser necesaria la adición de una concentración 3 veces mayor de la base para producir los resultados deseados, motivo por el cual se decide eliminar esta base como opción para la formulación del suavizante textil.

Al mismo tiempo la base SC 3 presentó un índice de esponjosidad de 15,38%, por lo anterior se descarta como elemento necesario dentro de la investigación.

Siguiendo el parámetro de interés de industrias Químicas Saint Germain LTDA., es decir, la suavidad aportada por las bases a las fibras textiles se decidió seguir la investigación con la base SC 2 como material activo para el diseño de experimentos debido a que fue la base que presentó mayores propiedades (esponjosidad a las telas, pH, densidad y dispersión en agua) adecuadas para la formulación. Finalmente, se comprobó que la tendencia a la absorción sobre las telas aumenta fuertemente con la longitud de la cadena, alcanzando en este caso un máximo con la longitud de cadena C₁₆, observaciones descritas por Müller y Krempel²⁸.

4.2.2 Efecto del tipo de espesante sobre la formulación. Una vez elegido SC 2 como base activa de la formulación se empezó a adicionar el espesante al producto para determinar si el tipo de espesante influye en las características del suavizante textil previamente descritas. El procedimiento se basó en hacer mezclas de agua, base catiónica (SC 2) y espesante de la siguiente forma:

- Calentar la mitad del solvente (agua) a 50°C.
- Agregar la base al 5% p/p
- Agitar por cinco minutos (mezcla 1).

²⁸MULLER HC. Krempel, E. Lipids Science and Technology. [Electronic (1)]: Europa: European journal, 1963. p. 535

- Pesar la otra mitad de solvente y agregar el espesante (a variar) al 1% p/p²⁹ (Mezcla 2).
- Agitar durante 3 minutos.
- Se agrega la mezcla 2 en mezcla 1 (Choque térmico).
- Agitar la formulación hasta disolución completa.
- Enfriar hasta temperatura ambiente.

En el caso del E 2 se tuvo que fundir y agregar a agua caliente para aumentar su solubilidad y garantizar que la mezcla sea lo más homogénea posible. Además no se realizó choque térmico para evitar que el cambio brusco de temperaturas generara que el espesante volviera a estado sólido. A continuación se muestra la **Tabla 6** con la información obtenida:

Tabla 6. Efecto del tipo de espesante sobre el pH y la densidad de la formulación.

Espesante	pH de la formulación	Densidad (g/ml)
E1	3	1.031
E 2	3	1.162
E 3	3	1.110

En primer lugar, no hubo cambio de pH en las formulaciones, es decir, ninguno de los espesantes utilizados afectan esta propiedad.

En segundo lugar, el E 1 disminuyó la densidad de la formulación 0,082 g/ml por lo que se espera que este cambio afecte negativamente el comportamiento de viscosidad de la formulación³⁰. Sin embargo, también se espera que al momento de simular el ciclo de lavado, el grado de suavidad aumente debido a que aumentaría la dispersión en agua³¹.

En cuanto al E 3, no afectó la densidad de la formulación, esto se debe a que este espesante tiene una densidad parecida (1,110 g/ml) a la de la formulación sin el mismo. Por otra parte, El E 2 generó el mayor aumento de densidad en la formulación (1,162 g/ml) debido al estado sólido del mismo y de su baja solubilidad en agua... **Cuadro 7...** (Se requirió agitación mecánica, temperatura de 50°C y un tiempo de agitación de 3 minutos para lograr que se mezclara homogéneamente con el agua)

4.2.2.1 Perfiles de viscosidad del segundo grupo de formulaciones. A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos para las formulaciones con los diferentes espesantes.

²⁹CARRION, Javier. Propiedades Generales De Los Suavizantes Textiles Catiónicos: Especificaciones De Los Productos y Sus Efectos En Los Textiles. [Electronic (1)]: INTEXTAR, 1988.

³⁰ GROUND FON S.A. Viscosidad y densidad de los fluidos: una guía para los usuarios de bombas [Electronic (1)]: España, boletín electrónico. Disponible en: <http://es.grundfos.com/sobre_bombas_grundfos/news-and-press/news/Viscosidad_y_densidad_de_fluidos.html>

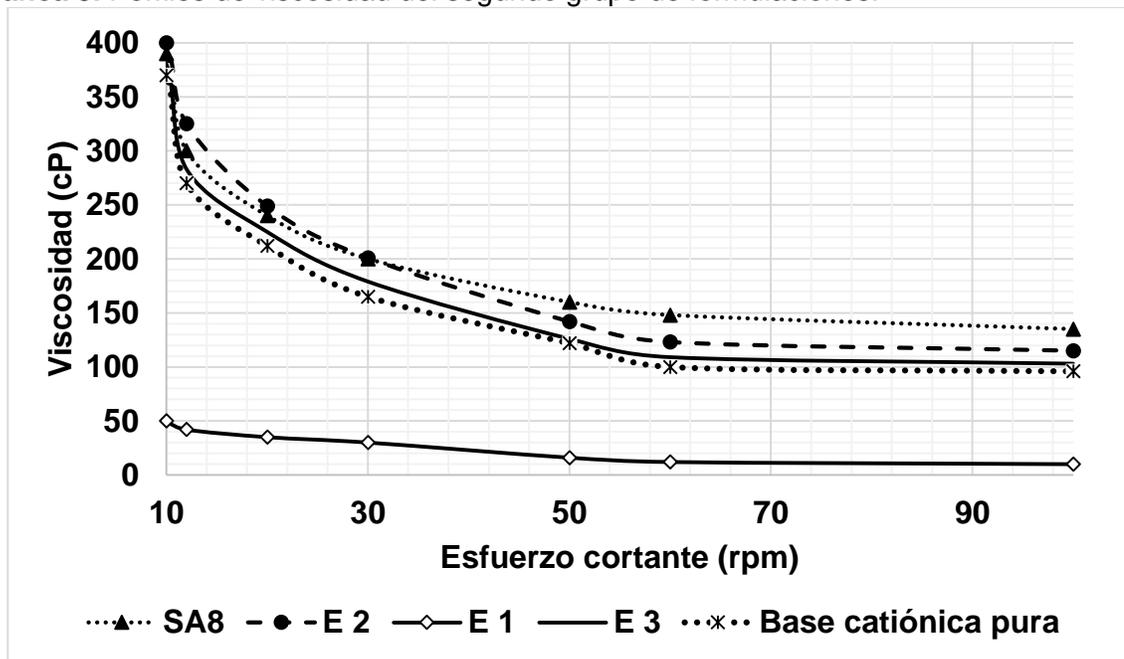
³¹ Industrias Químicas Saint Germain LTDA. Departamento de desarrollo e investigación

Tabla 7. Perfiles de viscosidad del segundo grupo de formulaciones.

Esfuerzo cortante (rpm)	Viscosidad (cP)				
	Base pura	E 1	E 2	E 3	SA8
3	500	170	510	520	630
4	460	150	483	500	530
5	430	100	506	460	460
6	400	80	416	426	420
10	370	50	380	400	390
12	270	42	283	325	300
20	212	35	225	249	240
30	165	30	179	201	200
50	122	16	126	142	160
60	100	12	109	123	148
100	96	10	103	115	135

Del mismo modo que el primer grupo de formulaciones se graficaron los datos a partir del esfuerzo cortante para poder realizar el análisis correspondiente tal como se ilustra **Gráfica 3:**

Gráfica 3. Perfiles de viscosidad del segundo grupo de formulaciones.



El E 1 no presentó el efecto esperado sobre la viscosidad del producto, es decir, al adicionar el componente la viscosidad de la formulación disminuyó drásticamente, por lo cual no es sugerida para seguir con la misma. Como se observa en la **Gráfica 3.**, esta formulación tuvo un comportamiento de viscosidad con rangos de 10 cP a 170 cP lo cual es inferior al rango otorgado por Industrias Químicas Saint Germain LTDA...sección 1.4.2...

Por otra parte, el E 3 presentó un buen manejo (facilidad en condiciones de temperatura de 20 °C y tiempo de agitación de 30 s), adicionalmente tuvo un comportamiento más parecido al perfil de viscosidad (510 cP a 103 cP) del suavizante SA8 (630 cP a 135 cP).

El E 2 a pesar de presentar dificultad en su manejo por su baja solubilidad en agua y estado (sólido), es decir, se requirió agitación mecánica, temperatura de 50°C y un tiempo de agitación de 3 minutos para lograr que se mezclara homogéneamente con el agua, fue el espesante que logro presentar el perfil de viscosidad más cercano al buscado (510 cP a 120 cP).

4.2.2.2 Pruebas de lavado del segundo grupo de formulaciones. Del mismo modo que el primer grupo de formulaciones se realizaron tres réplicas de cada formulación para proporcionar reproducibilidad y aumentar el grado de confianza de los ensayos. Los datos obtenidos se muestran en la **Tabla 8**:

Tabla 8. Altura aportada por el segundo grupo de formulaciones.

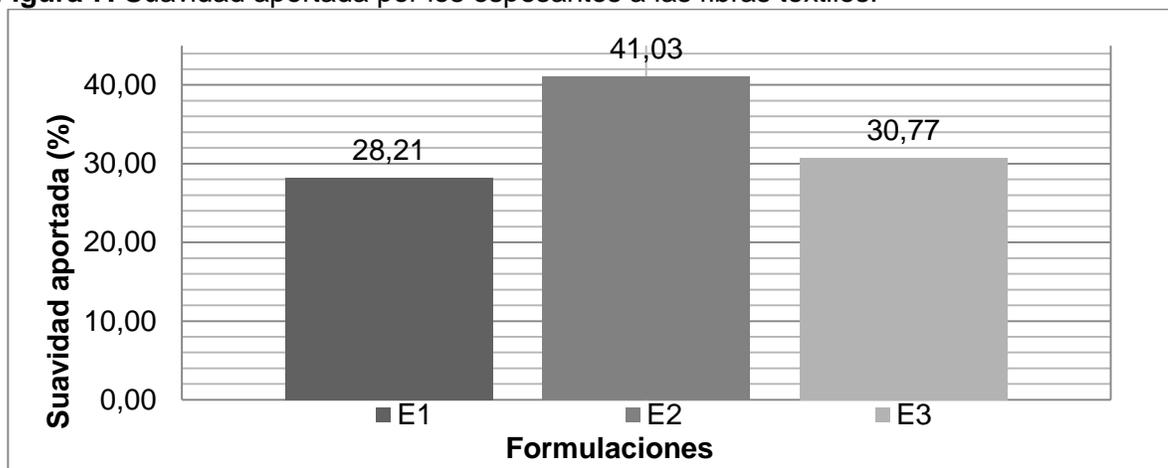
Espesante	Altura (cm)			
	Blanco	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3
E1		1,7	1,7	1,6
E2	1,3	1,8	1,9	1,8
E3		1,7	1,7	1,7

Con los datos obtenidos se procedió a aplicar la Ecuación 1. Y la Ecuación 2. Para graficar y hacer el análisis pertinente tal como se ilustra en la **Tabla 9** y **Figura 7**:

Tabla 9. Grado de suavidad aportado por el segundo grupo de formulaciones.

Base Suavizante	Altura (cm)	Esponjosidad de la fibra (cm)	Porcentaje de suavidad (%)
Blanco	1,3	0	0,00
E1	1,67	0,37	28,21
E2	1,83	0,53	41,03
E3	1,70	0,40	30,77

Figura 7. Suavidad aportada por los espesantes a las fibras textiles.



El E 1 presentó la mayor solubilidad en agua puesto que requirió un tiempo de agitación de 30 s a temperatura ambiente (20°C), sin embargo aportó una esponjosidad de 28,21% sobre las fibras textiles debido a que al agregar este mineral a la formulación se crea una interface más grande dificultando la penetración del suavizante sobre la fibra textil³² por este motivo se descartó el E 1 como agente espesante para la formulación.

Al mismo tiempo el E 3 presentó el mismo resultado que el E 1, es decir, su manejabilidad es excelente por las condiciones mencionadas en la sección **4.2.2.1** pero no aportó un grado de suavidad significativo a las fibras de algodón (30,77%), por lo anterior se descartó como elemento necesario dentro de la investigación.

Finalmente, el E 2 aunque presentó un manejo complejo debido a su solubilidad en agua y al estado en el que se encuentra, aportó un grado de suavidad de 41,03% a las telas, cabe aclarar que la esponjosidad aportada es el objetivo de la investigación y debido a que su comportamiento de viscosidad estuvo entre el rango dado por Industrias Químicas Saint Germain LTDA. (100 cP A 600 cP) se decidió seguir el proyecto utilizando este compuesto como agente espesante.

4.2.3 Efecto del emulsificante sobre la formulación. Al utilizar sustancias que presentan dificultad para mezclarse con agua es importante utilizar un agente que facilite y/o aumente la solubilidad de las mismas, por lo cual en las formulaciones fue necesario el uso de surfactantes aniónicos como emulsificantes para aportar estabilidad y homogeneidad a las mismas puesto que “dependiendo del número de carbonos, puede tener diversas finalidades, es decir, si la cadena está entre 9 a 12 carbonos, se usa como agente humectante, si está entre 12 y 13, se usa como agente detergente, si está entre 15 y 18 de carbono, tiene uso como agente emulsificante”³³.

³²CARRION, Javier. Propiedades Generales De Los Suavizantes Textiles Catiónicos: Especificaciones De Los Productos y Sus Efectos En Los Textiles. [Electronic (1)]: INTEXTAR, 1988.

³³SALAGER Jean-Louis y FERNANDEZ Álvaro. Cuadernos FIRP 302-PP Surfactantes Aniónicos. Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería Química. 2004.

En la **Tabla 10** se muestran los resultados obtenidos de la pre-experimentación:

Tabla 10. Efecto del emulsificante sobre el pH y densidad de la formulación.

Surfactante aniónico	pH de la formulación	Densidad (g/ml)
SN 1 - 18C	3	1,224
SN 2 - 15 C	3	1,172
SN 3 - 17 C	3	1,194

Para empezar, se debe decir que ninguno de los tres emulsificantes afectó el pH de la formulación lo que demuestra que son compatibles con la materia activa y no representan un cambio de rango fuera de la normatividad vigente.

En cuanto a densidad se pudo concluir que el tamaño de la cadena carbonada del emulsificante influye en esta propiedad, es decir, según los datos obtenidos a mayor cantidad de carbonos en la cadena, mayor es la densidad aportada a la formulación tal como se ilustra en el **Cuadro 2** y en la **Tabla 10**.

Siguiendo con lo anterior, la densidad es directamente proporcional a la viscosidad por lo que se debe mantener la formulación con una densidad similar a la del producto guía puesto que “hay que tener en cuenta que la viscosidad puede influir en la dispersabilidad del producto en agua, lo cual afecta la uniformidad del mismo en su aplicación textil”³⁴.

4.2.3.1 Perfiles de viscosidad del tercer grupo de formulaciones. Los perfiles de viscosidad fueron determinados por la misma metodología de las formulaciones previas, los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 11**:

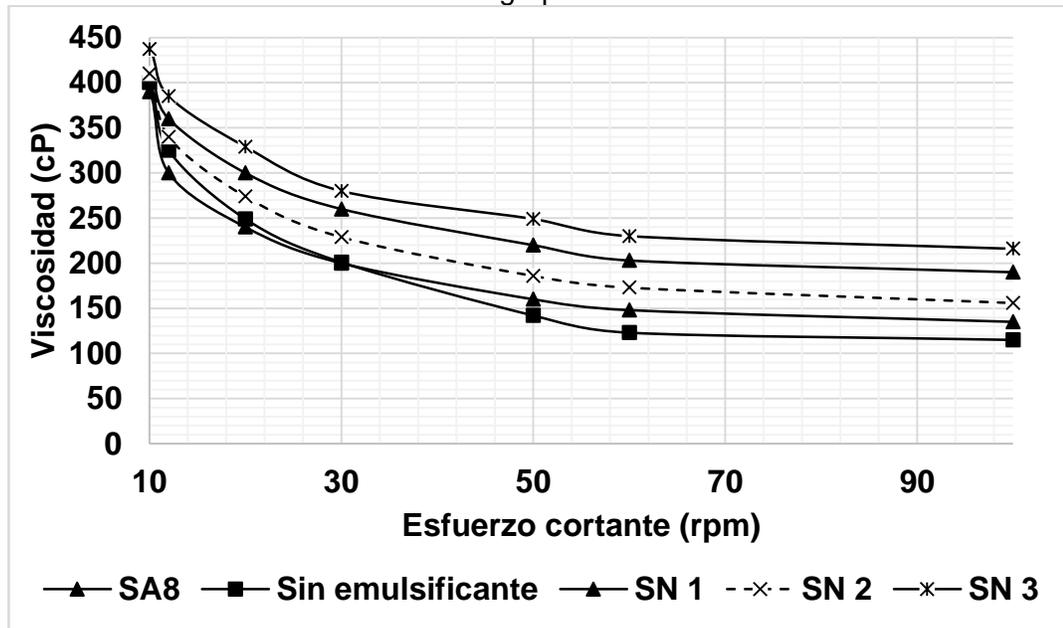
Tabla 11. Perfiles de viscosidad del tercer grupo de formulaciones

Esfuerzo cortante (rpm)	Viscosidad (cP)				
	Formulación sin emulsificante	SN 1	SN 2	SN 3	SA8
3	520	690	530	630	630
4	500	540	510	622	530
5	460	490	470	520	460
6	426	440	430	479	420
10	400	410	410	437	390
12	325	360	340	385	300
20	249	300	274	329	240
30	201	260	229	280	200
50	142	220	186	249	160
60	123	203	173	230	148
100	115	190	156	216	135

³⁴CARRION, Javier. Propiedades Generales De Los Suavizantes Textiles Catiónicos: Especificaciones De Los Productos y Sus Efectos En Los Textiles. [Electronic (1)]: INTEXTAR, 1988.

Se utilizaron los datos a partir de 10 rpm para hacer más clara la interpretación de los datos. A continuación se muestra la **Gráfica 4** utilizada para el análisis de los datos:

Gráfica 4. Perfiles de viscosidad del tercer grupo de formulaciones.



Para empezar, se sugiere que la densidad es directamente proporcional a la viscosidad, es decir, el emulsificante (surfactante aniónico) SN 3 presentó los mayores valores de perfil de viscosidad (216 cP a 630 cP) superando al del suavizante SA8 (135 cP a 630 cP) y a su vez la dispersión en agua disminuyó debido a la formación de grumos de producto al momento de tratar las fibras textiles, por las razones mencionadas los surfactantes SN 1 y SN 3 se eliminan como opción para realizar el diseño de experimentos.

En cuanto al SN 2, se sugiere que el surfactante con cadena lineal de 15 carbonos brinda los mejores resultados en cuanto a viscosidad para la investigación puesto que aumenta la densidad del producto al punto de brindar un comportamiento de viscosidad (156 cP a 530 cP) muy similar al del suavizante líder del mercado institucional (135 cP a 630 cP) al cual se requería llegar. Finalmente, este emulsificante presentó la mejor dispersión en agua facilitando el tratado de las fibras al momento del ciclo de lavado, con la argumentación anterior se escogió como el emulsificante a utilizar en el diseño de experimentos.

4.2.3.2 Pruebas de lavado del tercer grupo de formulaciones. Las pruebas realizadas fueron hechas de la misma forma que se realizaron las anteriores.... Sección 2.3.5.1..., es importante saber si el surfactante aniónico (sustancia utilizada como emulsificante) aporta o quita suavidad en la formulación. Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 12**:

Tabla 12. Altura aportada por el tercer grupo de formulaciones.

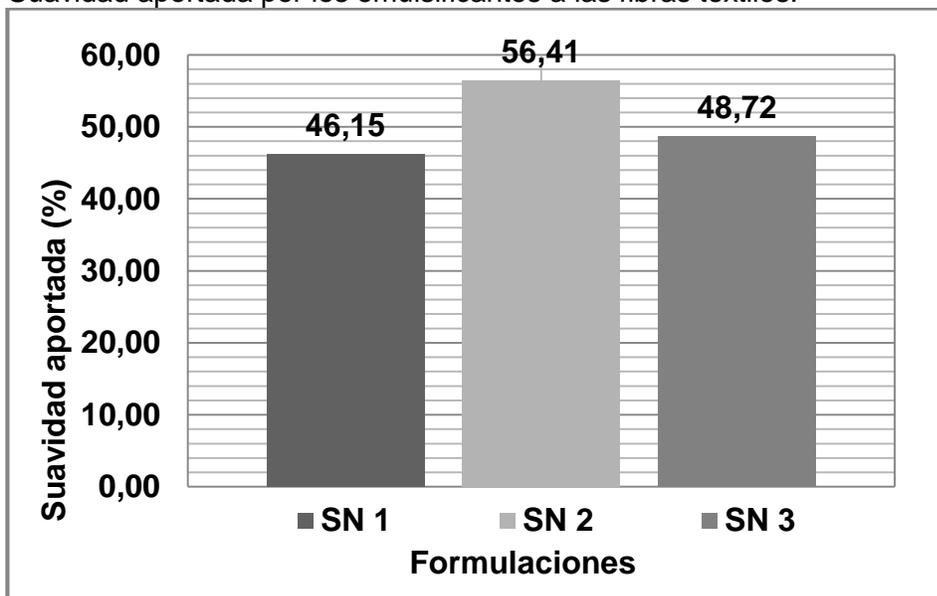
Tipo de emulsificante	Altura (cm)			
	Blanco	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3
SN 1		1,9	1,9	1,9
SN 2	1,3	2	2	2,1
SN 3		1,9	2	1,9

Nuevamente, se aplicaron las ecuaciones (1) y (2) para realizar los cálculos y el análisis correspondiente gráficamente según la **Tabla 13** y **Figura 8**:

Tabla 13. Grado de suavidad aportado por el tercer grupo de formulaciones.

Tipo de emulsificante	Altura (cm)	Esponjosidad de la fibra (cm)	Porcentaje de suavidad (%)
Blanco	1,30	0	0,00
SN 1	1,90	0,60	46,15
SN 2	2,03	0,73	56,41
SN 3	1,93	0,63	48,72

Figura 8. Suavidad aportada por los emulsificantes a las fibras textiles.



Los surfactantes SN 1 y SN 3 no aportaron suavidad a las fibras textiles debido a la longitud de sus cadenas carbonadas.

El emulsificante SN 2 se constituye de una cadena alquílica lineal y generó un aumento en la suavidad de las fibras comprobando lo argumentado en el cuaderno FIRP 302. Surfactantes aniónicos³⁵. Por el comportamiento de viscosidad y grado de esponjosidad aportado a las fibras (56,41%) se decide elegir este surfactante como el que se trabajará en el diseño de experimentos.

³⁵SALAGER Jean-Louis y FERNANDEZ Álvaro. Cuadernos FIRP 302-PP Surfactantes Aniónicos. Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería Química. 2004.

5. SELECCIÓN

Con las materias primas identificadas, las variables influyentes y una propuesta de niveles de variación de estas, se planteó un diseño de experimentos para seleccionar las combinaciones que sean aceptables para la compañía y así disminuir el número de experimentos a realizar reduciendo el tiempo de la investigación tal como se explica en la sección **5.1**.

5.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Inicialmente se pensó en el modelo de Vértices Extremos propuesto por Mc Lean & Anderson³⁶ por las razones listadas a continuación:

- El método es utilizado para experimentos donde se manejan mezclas.
- Es uno de los modelos más apropiados para formulaciones que presentan variación en su composición.
- No es necesario crear réplicas.

El software utilizado para determinar el número de experimentos según variables y niveles establecidos fue Minitab 17³⁷, el cual consiste en ingresar los factores que afecten la formulación (componentes del suavizante textil) y los niveles correspondientes a cada factor.

5.1.1 Especificaciones del diseño de experimentos. Los factores y niveles del diseño se muestran a continuación:

5.1.1.1 Factores del diseño. En este caso, el suavizante textil tiene tres componentes principales, el material activo, el espesante y el agua (componentes que pueden llegar a sumar un 98% dentro de la formulación) por lo que se tomaron como factores independientes, además, el emulsificante utilizado fue tomado como un nivel independiente debido a que influye en las variables respuesta de la formulación. En cuanto al aditivo (fragancia) no se tomó como factor por las siguientes razones:

- Está presente a bajas concentraciones dentro del suavizante textil.
- La evaluación de olor solo puede realizarse organolépticamente, por lo que la investigación perdería objetividad.
- No altera las variables de respuesta (Suavidad, viscosidad, pH y estabilidad)

5.1.1.2 Niveles del diseño. La suma de los niveles debe ser igual a 1 o 100% debido a que se está hablando de composiciones. Además, los niveles que se utilizaron fueron planteados por experiencias previas del departamento de investigación y

³⁶ANDERSON, Virgil L. MCLEAN, Robert A. Design of Experiments: A Realistic Approach. Vol. 5. Marcel Dekker Inc. 1974. p 342.

³⁷Minitab 17 para Windows 10. Versión Multilanguage. Minitab ®. [Programa informático descargable]. Disponible en <<http://www.minitab.com/es-mx>>

desarrollo de Industrias Químicas Saint Germain Ltda., con la salvedad de que los experimentos que excedieran los límites de los niveles de diseño, podrían ser eliminados según necesidades de la empresa. A continuación se muestra la **Tabla 14** con los niveles que se utilizarán:

Tabla 14. Niveles del diseño de experimentos

Factores del diseño	Niveles del diseño (%)
Concentración de material activo.	1– 20
Concentración de espesante	1– 10
Concentración de agua	80 – 90
Concentración de emulsificante	1 – 10

5.1.2 Hipótesis. Las hipótesis planteadas según los resultados experimentales fueron las siguientes:

- Se espera que las muestras con concentraciones elevadas de material activo (quats) no presenten los mayores índices de esponjosidad porque el suavizante sería muy grasoso y no tendría una buena dispersión en agua lo cual dificultaría su adsorción en las fibras textiles.
- La cantidad de espesante en el producto afectara la suavidad aportada en las telas debido a que a concentraciones elevadas el suavizante presenta aspecto muy graso lo que evita que el suavizante entre en contacto con la fibra de manera adecuada.
- Se espera que la viscosidad aumente con el aumento de la concentración de espesante dentro de la formulación lo que afecta la solubilidad del producto en agua y su funcionalidad sobre las fibras.
- Se espera que las formulaciones que contienen mayor cantidad de espesante en relación a la del emulsificante no aporten un grado de suavidad importante a las fibras.
- El comportamiento esperado del perfil de viscosidad en la formulación final estará entre 100cP a 600cP, puesto que se generará una dispersión en agua mayor. Esta propiedad será afectada por la concentración de espesante utilizado.
- Se espera que la formulación final no se separe en dos fases ni presente material particulado durante 30 días, el cambio de las propiedades (Suavidad, viscosidad, pH y estabilidad) y de su aspecto no debe superar el 20% en comparación con los resultados iniciales.

El software propuso inicialmente 42 formulaciones (Anexo B), sin embargo muchas de estas formulaciones se encontraban fuera de los rangos de composición determinados por el departamento de investigación de Industrias Químicas Saint Germain LTDA., es decir, en varios experimentos los niveles excedían las cantidades que la empresa estaba dispuesta a emplear para las diferentes formulaciones, motivo por el cual fueron eliminadas como posibles dentro de la experimentación.

Por otro lado, al reducir a más de la mitad las combinaciones propuestas por el software, no fue posible analizar el diseño de experimentos, por este motivo, se decide

tomar el mismo como guía para preparar las formulaciones que se encuentren dentro de las composiciones adecuadas para la compañía. Las 11 combinaciones aceptables (que se encontraban dentro de los niveles especificados en la **sección 5.1.1.2**) y que se tomaron del diseño de experimentos para seguir con la investigación se muestran a continuación:

Tabla 15. Formulaciones aceptables del diseño de experimentos

Ensayo	Agua (%)	SC 2 (%)	SN 2 (%)	E 2 (%)
1	85,84	5,21	1,67	5,28
2	84,95	4,35	4,35	4,35
3	87,59	7,43	1,12	1,86
4	87,70	8,10	1,10	0,62
5	85,59	6,35	3,22	2,84
6	87,24	3,46	4,20	3,10
7	84,26	9,62	1,49	2,63
8	87,23	5,21	3,30	2,26
9	86,11	9,25	1,32	1,32
10	86,09	8,42	1,23	2,26
11	88,25	6,62	1,16	1,97

5.2 EXPERIMENTACIÓN

Una vez fueron elegidas las formulaciones aceptables en su rango de composición resultantes del planteamiento del diseño de experimentos, se prepararon con las concentraciones descritas en él. A continuación se muestra en la **Tabla 16** la composición de los componentes para las formulaciones que se prepararon en esta parte de la investigación:

Tabla 16. Composición en peso de las formulaciones elegidas.

Experimento	Agua (g)	SC 2 (g)	SN 2 (g)	E 2 (g)
1	439,20	26,05	8,35	26,40
2	434,75	21,75	21,75	21,75
3	447,95	37,15	5,60	9,30
4	451,50	40,50	5,50	3,10
5	437,95	31,75	16,10	14,20
6	446,20	17,30	21,00	15,50
7	431,30	48,10	7,45	13,15
8	446,15	26,05	16,50	11,30
9	440,55	46,25	6,60	6,60
10	440,45	42,10	6,15	11,30
11	451,25	33,10	5,80	9,85

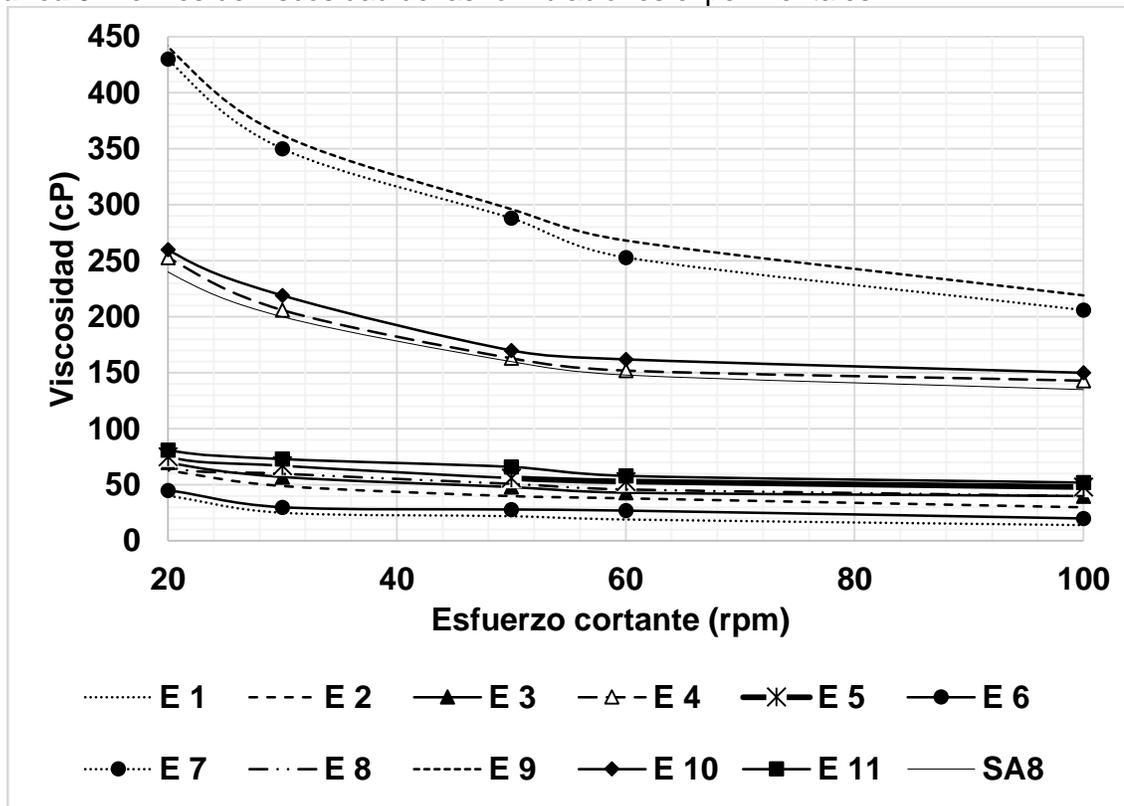
5.2.1 Perfiles de viscosidad de las formulaciones experimentales. Los perfiles de viscosidad fueron determinados para todas las formulaciones con la misma metodología utilizada en la pre-experimentación... sección 2.3.5.3... dichos perfiles se muestran en la **Tabla 17**:

Tabla 17. Perfiles de viscosidad de las formulaciones experimentales.

Esfuerzo cortante (rpm)	Viscosidad (cP)											
	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10	E 11	SA8
3	350	420	200	640	470	370	830	460	839	653	472	630
4	286	315	130	535	330	300	680	290	691	550	336	530
5	191	200	120	470	200	200	660	192	667	479	208	460
6	76	110	110	426	130	80	650	120	660	436	123	420
10	52	90	100	396	120	60	560	110	569	409	117	390
12	46	76	92	310	110	50	533	101	541	329	106	300
20	40	63	70	253	75	45	430	66	441	260	81	240
30	25	49	57	206	67	30	350	60	362	219	73	200
50	22	40	48	163	56	28	288	51	296	170	66	160
60	19	38	43	152	53	27	253	46	268	162	58	148
100	14	30	40	143	48	20	206	40	219	150	52	135

Los datos resultantes se grafican para poder realizar un análisis apropiado tal como se ilustra en la **Gráfica 5**.

Gráfica 5. Perfiles de viscosidad de las formulaciones experimentales.



Con referencia a la cantidad de materia activa presente en la formulación se concluyó que:

- Los experimentos que contenían una concentración por debajo del 8% de materia activa (E1, E2, E3, E5, E6, E8 Y E11) presentaron una viscosidad inferior (E1: 14 cP a 350 cP; E2: 30 cP a 420 cP; E3: 40 cP a 200 cP); E5: 48 cP a 470 cP; E6: 20cP a 370 cP; E8: 40 cP a 460 cP y E11: 52 cP a 472 cP) a la aceptable por Industrias Químicas Saint Germain LTDA. (100 cP a 600 cP).
- Las formulaciones con un contenido mayor al 9% de materia activa (E7 y E9) tuvieron carácter de viscosidad superior (E7: 206 cP a 830 cP y E9: 219 cP a 839 cP) a la del suavizante textil guía (SA8).
- Las formulaciones que más se acercaron al perfil de viscosidad deseado (135 cP a 630 cP) son E4: 143 cP a 640 cP y E10: 150 cP a 653 cP cuyas concentraciones de base suavizante fueron de 8,10% y 8,42% respectivamente, de acuerdo a las observaciones realizadas se sugiere que la concentración de materia activa en la formulación sea 8,10%.
- Se comprobó una vez más que la cantidad de base utilizada en la formulación afecta el comportamiento de viscosidad de la misma presentando una relación directamente proporcional, es decir, si la cantidad de materia activa aumenta, la viscosidad también lo hará.

Por otra parte, si se analiza el comportamiento desde el punto de vista del espesante y emulsificante se puede concluir que:

- La cantidad de espesante utilizado si influye en la densidad de la formulación, de acuerdo a la **Gráfica 5** que representa los perfiles de viscosidad, la formulación E2 compensó su falta de materia activa con concentración en el espesante utilizado para equilibrar su viscosidad en comparación con la formulación E7 (según la **Tabla 16**).
- Para que la mezcla sea homogénea y presente una viscosidad adecuada es necesario que la concentración de emulsificante sea igual o superior a la concentración de espesante, es decir, si se compara las formulaciones E1, E8 y E11 se puede ver que cuando la concentración de espesante es elevada pero la de emulsificante es muy baja (caso E1) la viscosidad de la formulación disminuye, mientras que, si las concentraciones de estos componentes es equilibrada, el perfil de viscosidad del suavizante aumenta considerablemente (caso E8 y E11).

5.2.2 Pruebas de lavado de las formulaciones experimentales. En la Tabla 18., se pueden observar los resultados obtenidos por las formulaciones preparadas en base a los datos arrojados por el software utilizado. Cabe aclarar que al igual que en los ensayos realizados en la pre-experimentación se realizaron tres réplicas de cada ciclo de lavado para darle reproducibilidad a las pruebas.

Tabla 18. Altura aportada por las formulaciones experimentales.

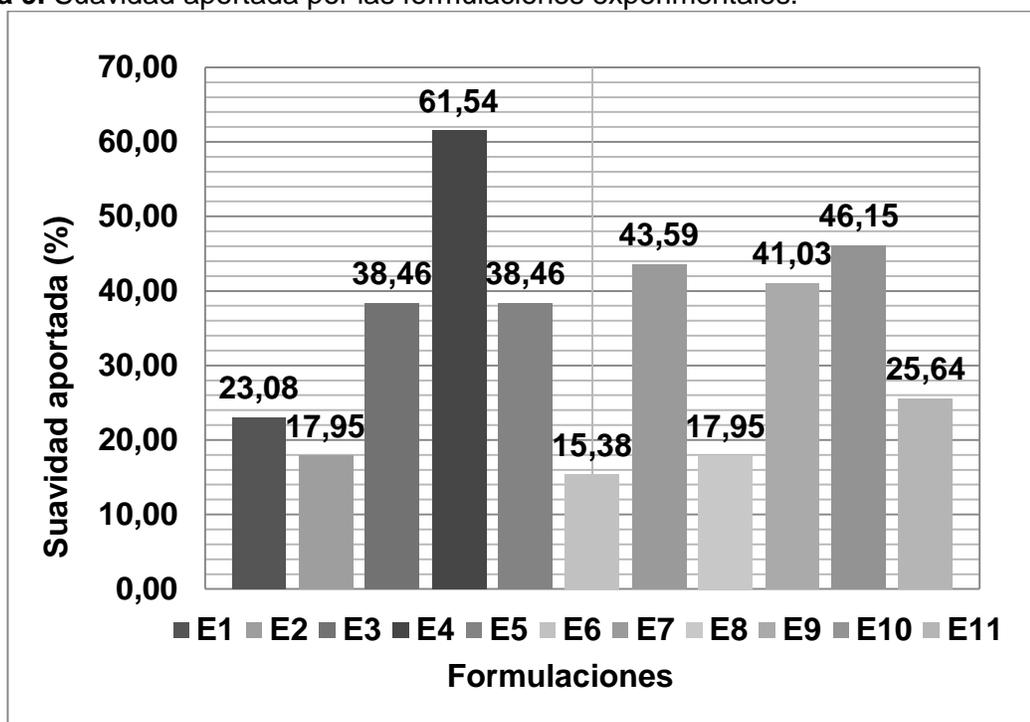
Formulación experimental	Altura (cm)				
	Blanco	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Promedio
E1	1,3	1,6	1,6	1,6	1,6
E2		1,5	1,5	1,6	1,53
E3		1,8	1,8	1,8	1,8
E4		2,1	2,1	2,1	2,1
E5		1,8	1,8	1,8	1,8
E6		1,5	1,5	1,5	1,5
E7		1,9	1,9	1,8	1,87
E8		1,5	1,5	1,6	1,53
E9		1,8	1,8	1,9	1,83
E10		1,9	1,9	1,9	1,9
E11		1,6	1,7	1,6	1,63

A continuación se muestran los resultados al aplicar las Ecuaciones (1) y (2):

Tabla 19. Grado de suavidad aportado por las formulaciones experimentales

Formulación experimental	Altura (cm)	Esponjosidad de la fibra (cm)	Porcentaje de suavidad (%)
Blanco	1,30	0,00	0,00
E1	1,60	0,30	23,08
E2	1,53	0,23	17,95
E3	1,80	0,50	38,46
E4	2,10	0,80	61,54
E5	1,80	0,50	38,46
E6	1,50	0,20	15,38
E7	1,87	0,57	43,59
E8	1,53	0,23	17,95
E9	1,83	0,53	41,03
E10	1,90	0,60	46,15
E11	1,63	0,33	25,64

Figura 9. Suavidad aportada por las formulaciones experimentales.



Según la Figura 9. Las formulaciones que aportaron menor grado de suavidad a las fibras textiles de algodón fueron E1, E2, E6, E8 y E11, formulaciones que se caracterizan por tener una concentración inferior al 7% de material activo (5,21%, 4,35%, 3,46%, 5,21% y 6,62% respectivamente), además, presentaron las mayores concentraciones de espesante razón por la cual la dispersión en agua de las formulaciones disminuyó y se hizo menos homogéneo el tratamiento con el suavizante textil.

En segundo lugar, las formulaciones E3, E5, E7, E9 y E10 presentaron valores similares a los suavizantes Soflán Suavitel, Aromatel y primavera, sin embargo estas formulaciones no cumplen con el mínimo de grado de suavidad aportado por el suavizante guía (SA8). Esto se debe a diferentes razones explicadas a continuación:

- La formulación que aportó la mayor esponjosidad y grado de suavidad a las muestras de algodón fue E4 con un índice de 61,54%. Como se muestra en la **Tabla 19**, esta formulación tiene una concentración mayor de emulsificante en relación con el espesante (1,65 veces) lo que garantiza el aumento de la solubilidad del alcohol dentro de la formulación, además muestra la concentración óptima para la base elegida en la pre-experimentación (SC 2 al 8,10%). Se procedió entonces a realizar la prueba de estabilidad de esta formulación.
- Para la formulación E3 la concentración de espesante superó en 1.67 veces la concentración de surfactante aniónico utilizado para aumentar la solubilidad del primero en agua, esto generó que no se alcanzara a cubrir toda la cantidad de

espesante causando disminución de la solubilidad del suavizante al momento del ciclo de lavado.

- En el caso de E9, La cantidad de emulsificante es igual a la del espesante (6,60 g) por lo que cumple con los antecedentes creados por el grupo de investigación de Industrias Químicas Saint Germain LTDA, es decir, es necesaria la adición de la misma cantidad de emulsificante y espesante para garantizar que el primero de estos aumente de manera adecuada la solubilidad en agua del segundo de los componentes para generar un producto homogéneo, sin embargo, la concentración de materia activa es muy elevada lo cual aporta un aspecto grasoso al suavizante textil y evita que pueda absorberse en las fibras.
- La formulación E5 cumplió con las condiciones referentes a la relación espesante-emulsificante, pero la concentración de base utilizada en la formulación (6,35%) no fue suficiente para aportar un grado de esponjosidad mayor a 38,46% a las muestras tratadas.
- Finalmente, las formulaciones E7 y E10 no cumplieron con los parámetros brindados por el grupo de investigación de la empresa, es decir, la concentración de espesante utilizada esta en relación 2:1 con el emulsificante de las mismas. Por otra parte, La formulación E7 presentó una concentración elevada de base catiónica (9,62%) en comparación con E10 (8,42%) por lo cual la hipótesis propuesta al principio del planteamiento del diseño de experimentos en relación con la concentración de materia activa utilizada es verdadera según se ilustra en la **Figura 9**.

5.2.3 Adición de fragancia sobre la formulación elegida. Como se mencionó anteriormente, la fragancia del suavizante textil influye de manera importante al momento de que los consumidores adquieran el producto, es por esto que Industrias Químicas Saint Germain LTDA. Requirió que el producto presentará un aroma característico para sobresalir en el mercado institucional.

De acuerdo a los avances realizados por el departamento de investigación de la compañía y a los porcentajes obtenidos de las etiquetas informativas de los suavizantes vendidos actualmente, se decidió que el rango en el cual debía estar la fragancia dentro de la formulación sería de 0,5% a 2,0% y que la fragancia sería agregada al producto al final de la mezcla para evitar evaporación de la misma a causa del calentamiento requerido en la formulación.

A continuación se muestra una tabla con los datos de composición en las formulaciones preparadas.

Tabla 20. Composición de formulaciones con variación de fragancia.

Formulación experimental	Composición (% p/p)				
	Agua	Materia activa	Espesante	Emulsificante	Fragancia
E4-1	89,68	8,1	0,62	1,1	0,5
E4-2	89,18	8,1	0,62	1,1	1
E4-3	88,68	8,1	0,62	1,1	1,5
E4-4	88,18	8,1	0,62	1,1	2

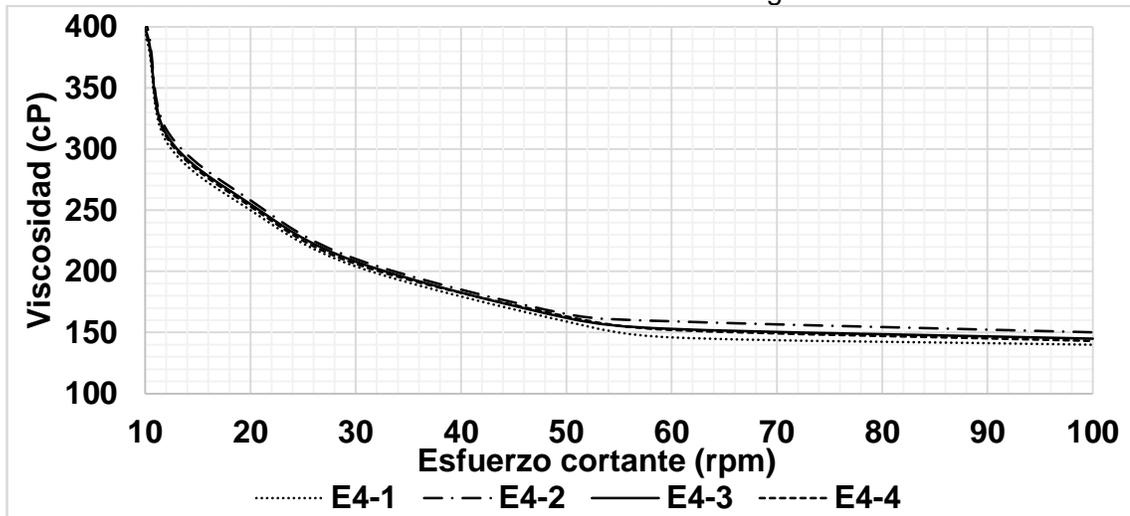
5.2.3.1 Perfiles de viscosidad de las formulaciones con fragancia. A continuación se muestra una tabla con los resultados arrojados por el viscosímetro.

Tabla 21. Perfiles de viscosidad de las formulaciones con fragancia

Esfuerzo cortante (rpm)	Viscosidad (cP)			
	E4-1	E4-2	E4-3	E4-4
3	637	645	641	640
4	538	542	540	535
5	467	477	472	470
6	420	435	428	426
10	392	404	398	396
12	306	316	312	310
20	250	258	255	253
30	204	210	208	206
50	159	165	162	163
60	146	159	153	152
100	140	150	145	143

El análisis de los datos se realizó de la misma forma que las formulaciones preparadas durante el proyecto...sección 2.3.5.3...a través de la **Gráfica 6**.

Gráfica 6. Perfiles de viscosidad de las formulaciones con fragancia.



De acuerdo a la **Gráfica 6**, la cantidad de fragancia no influye en el comportamiento de viscosidad de la formulación, por consiguiente, la dispersión en agua tampoco se ve afectada por este factor. Por otra parte, las pequeñas variaciones presentadas en la toma de datos se deben principalmente a las fluctuaciones de los porcentajes de error arrojados por el viscosímetro al momento de las pruebas.

5.2.3.2 Pruebas de lavado de las formulaciones con fragancia. En la **Tabla 22**, se pueden observar los resultados obtenidos en las pruebas de lavado de estas formulaciones.

Tabla 22. Altura aportada por las formulaciones con fragancia.

Formulación	Altura (cm)				Promedio
	Blanco	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	
E4-1	1,3	2,1	2,1	2,1	2,1
E4-2		2,1	2	2,1	2,07
E4-3		2,1	2,1	2	2,07
E4-4		2,1	2,1	2,1	2,1

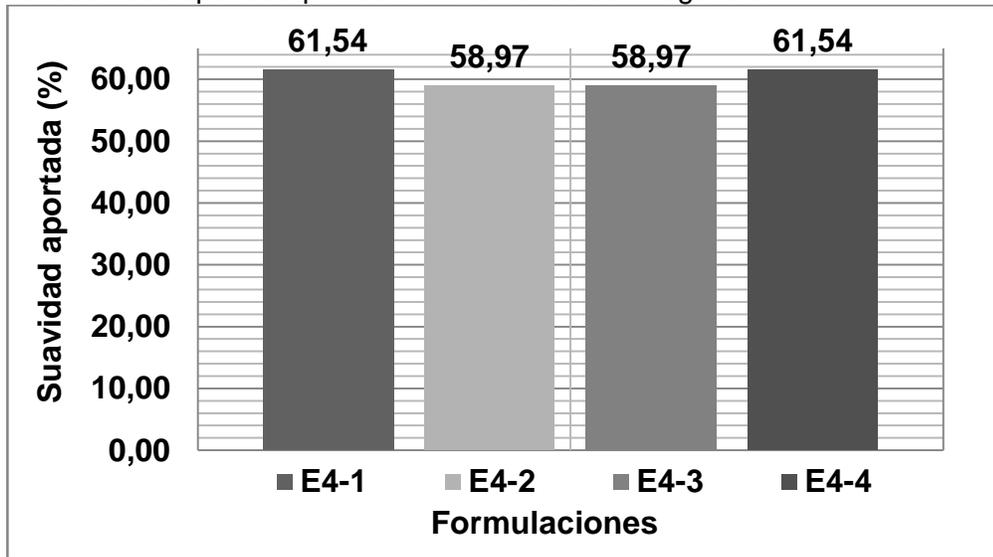
Para realizar un análisis adecuado se aplicaron las ecuaciones (1) y (2) tal como se muestra en la **Tabla 23**.

Tabla 23. Grado de suavidad aportado por las formulaciones con fragancia.

Formulación	Altura (cm)	Esponjosidad de la fibra (cm)	Porcentaje de suavidad (%)
Blanco	1,30	0,00	0,00
E4-1	2,10	0,80	61,54
E4-2	2,07	0,77	58,97
E4-3	2,07	0,77	58,97
E4-4	2,10	0,80	61,54

Siguiendo con la metodología se graficaron los datos obtenidos tal como se ilustra en la **Figura 10**:

Figura 10. Suavidad aportada por las formulaciones con fragancia.



La cantidad de fragancia no influye significativamente en el grado de suavidad aportado por el producto suavizante. Además, la fragancia utilizada no posee ninguna característica antiestática, la cual aporta esponjosidad y suavidad a las fibras textiles.

5.2.3.3 Determinación de pH y densidad de las formulaciones con fragancia.

Como se mencionó...en la sección 1.4.1 pH..., la normatividad colombiana exige que esta característica se encuentre en un rango de 2 a 6, en cuanto a la densidad se estimó que el valor ideal para el producto sería un valor aproximado al del suavizante guía. Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 24**.

Tabla 24. pH y densidad de las formulaciones con fragancia.

Formulación	pH de la formulación	Densidad (g/ml)
E4-1	3	1,162
E4-2	3	1,162
E4-3	3	1,162
E4-4	3	1,162

Como se esperaba, la adición de fragancia a la formulación no afectó ninguna de las propiedades estudiadas en esta parte de las pruebas debido a la baja concentración utilizada en el producto tal como sucedió en los perfiles de viscosidad del mismo, además, en el caso del pH la fragancia tiene un pH de 3 por lo cual sin importar la cantidad de fragancia esta propiedad no cambiara.

5.2.3.4 Elección del porcentaje de fragancia en la formulación. Como el porcentaje de fragancia no afecta las características aportadas por el producto a las fibras textiles durante el ciclo de lavado, se decidió hacer una encuesta a 30 personas de manera aleatoria en la ciudad de Bogotá (el formato de la encuesta se encuentra en el Anexo C. El promedio de los resultados obtenidos se ilustran en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Puntuación promedio para la concentración de fragancia en la formulación.

Concentración de fragancia	Puntuación promedio	Preferencia (%)
0,5	1,20	0
1	1,83	0
1,5	3,17	20
2	3,80	80

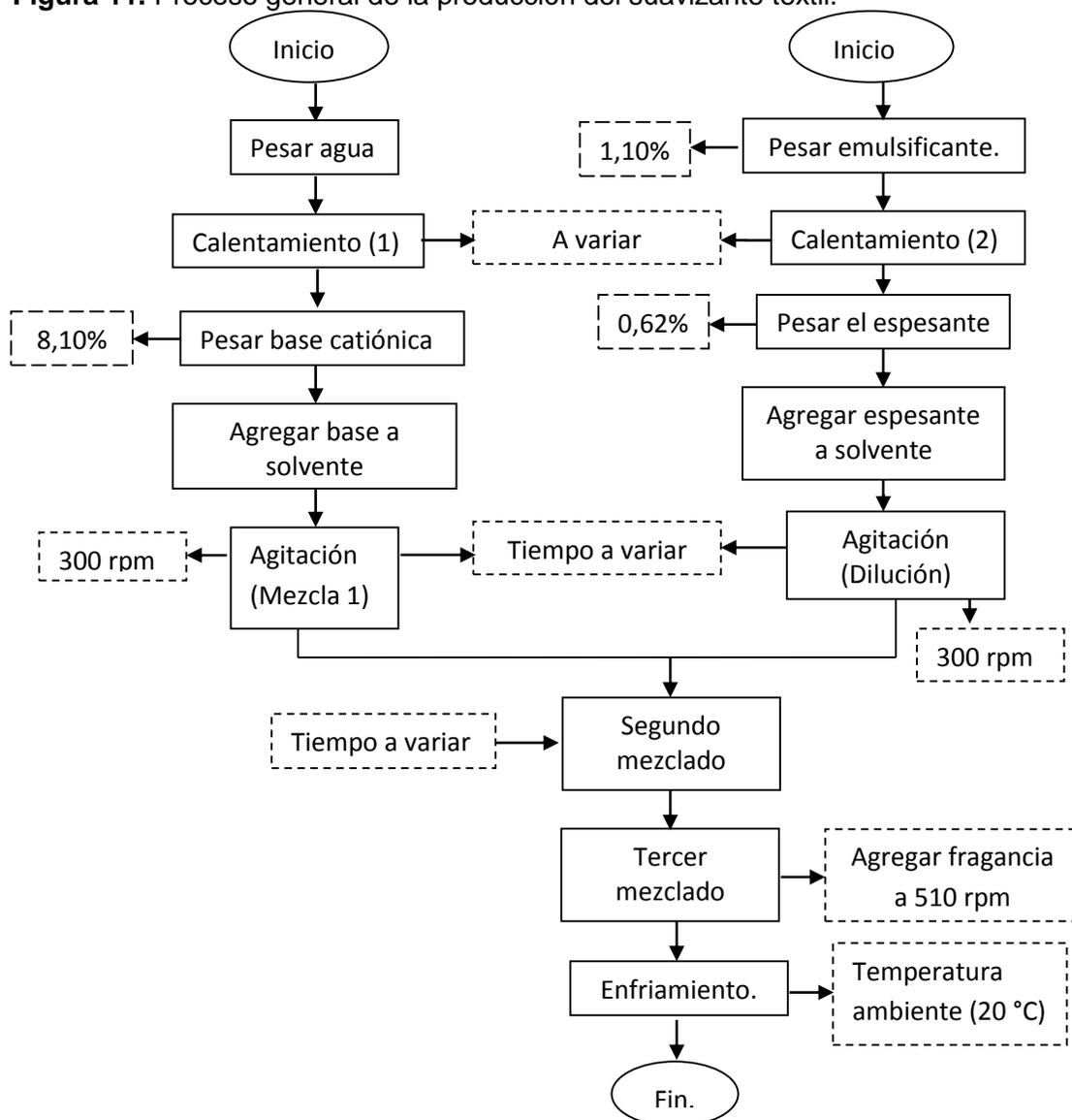
Las prendas tratadas con las formulaciones que contenían 0,5% y 1,0% de fragancia obtuvieron una puntuación promedio de 1,20 y 1,83 respectivamente debido a que según los consumidores “la fragancia no se sentía en la prenda y con ese aroma la prenda no duraría mucho tiempo con un olor agradable”.

Por otra parte, la formulación con 1,5% de fragancia obtuvo una puntuación de 3,17, sin embargo al sacar el porcentaje de preferencia se determinó que no era suficiente suplir la necesidad de un 20% del mercado. Por lo anterior se decidió que la concentración de fragancia a la cual la mayoría de los consumidores (80% de acuerdo a los resultados del **Cuadro 8**) quedaron satisfechos es la formulación que contiene un 2% de fragancia.

6. CONDICIONES DE PROCESO

Para Industrias Químicas Saint Germain LTDA., era necesario que la producción del suavizante textil fuese de la manera más simple posible para evitar errores al momento de llevar la producción a una escala industrial, por esta razón, las condiciones de proceso (temperatura y tiempo de agitación) fueron variadas para obtener un producto estable y un proceso de producción sencillo tal como se ilustra en la **Figura 11**.

Figura 11. Proceso general de la producción del suavizante textil.



6.1 PRIMER MEZCLADO

El primer mezclado para realizar el producto suavizante requiere la agitación del solvente (agua) y la materia activa (surfactante catiónico en este caso), la materia activa posee una parte no polar debido a su cadena alquílica, por tal motivo es necesario el calentamiento de agua para mejorar la solubilidad en agua de la misma.

6.1.1 Temperatura. Se decidió variar la temperatura de 10°C en 10°C desde la temperatura ambiente (20°C) hasta una temperatura superior a la de descomposición térmica de la materia activa (50°C de acuerdo a información brindada por los proveedores).

6.1.1.1 Pruebas de estabilidad del primer mezclado. Los resultados de estabilidad se muestran a continuación:

Tabla 25. Seguimiento de la estabilidad para diferentes temperaturas del proceso.

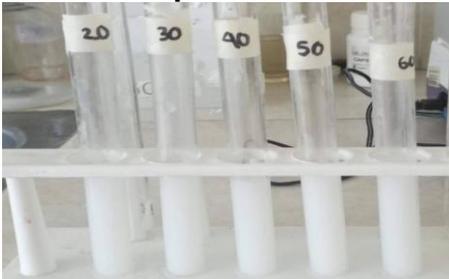
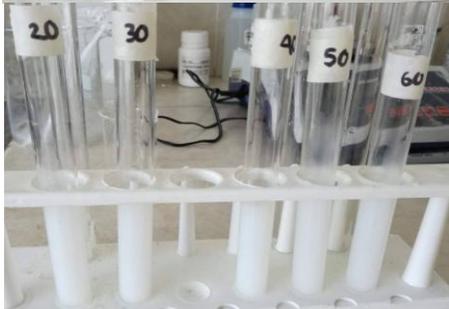
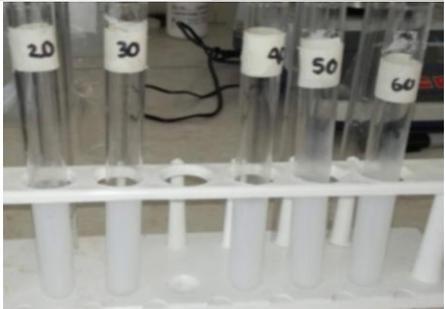
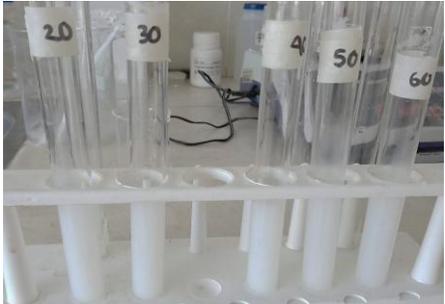
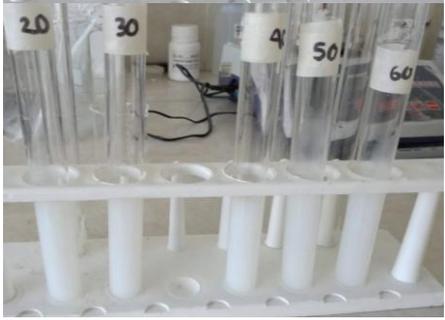
Hora de prueba (h)	Imagen de la prueba
0	 A photograph showing five test tubes in a white rack. The tubes are labeled with the numbers 20, 30, 40, 50, and 60, representing different temperatures. The tubes contain clear, colorless liquids.
1	 A photograph showing five test tubes in a white rack, labeled 20, 30, 40, 50, and 60. The tubes contain clear, colorless liquids, similar to the 0-hour mark.
24	 A photograph showing five test tubes in a white rack, labeled 20, 30, 40, 50, and 60. The tubes contain clear, colorless liquids, similar to the 0-hour mark.

Tabla 25. Continuación.

Hora de prueba (h)	Imagen de la prueba
48	 A photograph showing five microcentrifuge tubes in a white rack. The tubes are labeled with handwritten numbers: 20, 30, 40, 50, and 60. The tubes contain a clear liquid, and the rack is placed on a laboratory bench.
120	 A photograph showing five microcentrifuge tubes in a white rack, labeled 20, 30, 40, 50, and 60. The tubes contain a clear liquid, and the rack is placed on a laboratory bench.
240	 A photograph showing five microcentrifuge tubes in a white rack, labeled 20, 30, 40, 50, and 60. The tubes contain a clear liquid, and the rack is placed on a laboratory bench.
480	 A photograph showing five microcentrifuge tubes in a white rack, labeled 20, 30, 40, 50, and 60. The tubes contain a clear liquid, and the rack is placed on a laboratory bench.
720	 A photograph showing five microcentrifuge tubes in a white rack, labeled 20, 30, 40, 50, and 60. The tubes contain a clear liquid, and the rack is placed on a laboratory bench.

Las formulaciones realizadas a 20°C y 30°C no presentaron estabilidad desde la primera observación, este fenómeno de separación se debe a que la materia activa es parcialmente soluble en agua, por lo tanto calentar el agua a estas temperaturas no es suficiente para aumentar la solubilidad en agua del surfactante al nivel necesario para alcanzar homogeneidad; al no ser estas temperaturas las adecuadas se descartaron hacer pruebas de lavado con las formulaciones descritas.

Por otra parte, las formulaciones de 40°C, 50°C y 60°C presentaron estabilidad durante el periodo que duró la prueba (Siendo la formulación de 60°C la que presentó mayor homogeneidad) tal como se muestra en la **Tabla 26**:

Tabla 26. Temperaturas estables para el primer mezclado.

Temperatura de formulación (°C)	Imagen
40	
50	
60	

6.1.1.2 Pruebas de lavado del primer mezclado. La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a las formulaciones hechas con temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C.

Tabla 27. Altura aportada por las formulaciones del primer mezclado del proceso.

Temperatura de formulación (°C)	Altura (cm)				
	Blanco	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Promedio
40		1,7	1,6	1,6	1,63
50	1,3	1,7	1,7	1,7	1,70
60		1,4	1,4	1,4	1,40

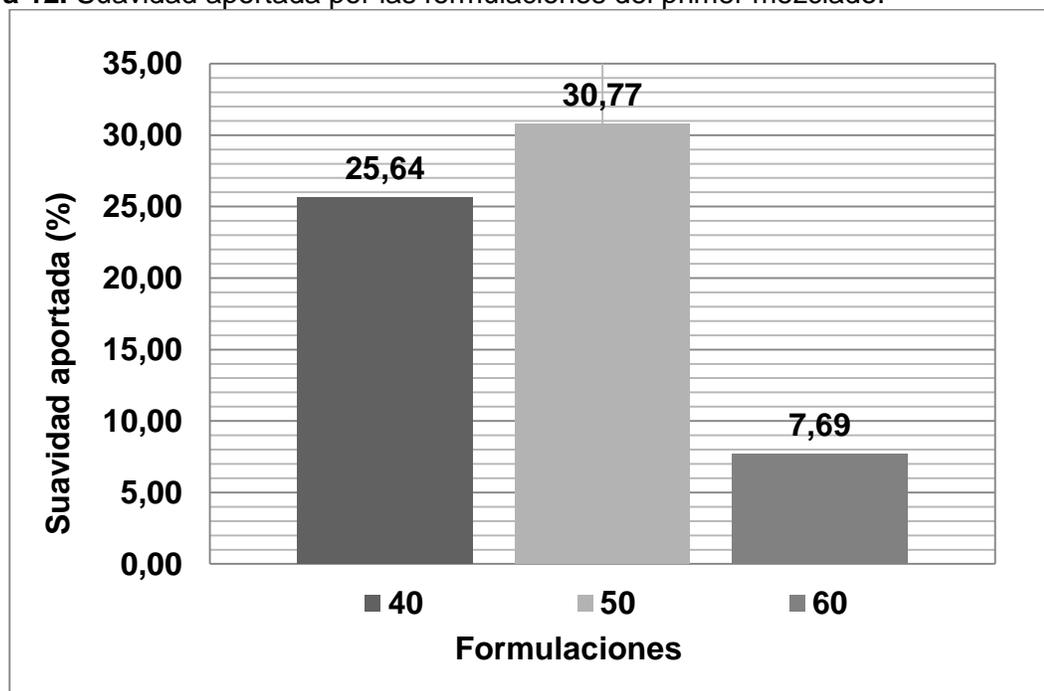
Al aplicar las ecuaciones (1) y (2) se obtuvo el porcentaje de suavidad aportado a las fibras textiles por estas formulaciones:

Tabla 28. Grado de suavidad aportado por el primer mezclado del proceso.

Temperatura de formulación (°C)	Altura (cm)	Esponjosidad de la fibra (cm)	Porcentaje de suavidad (%)
Blanco	1,30	0,00	0,00
40	1,63	0,33	25,64
50	1,70	0,40	30,77
60	1,40	0,10	7,69

Del mismo modo que las formulaciones realizadas en los capítulos anteriores, se graficaron los datos para realizar el análisis correspondiente:

Figura 12. Suavidad aportada por las formulaciones del primer mezclado.



En primer lugar, la formulación realizada a 60°C aportó el menor grado de suavidad a las fibras textiles al momento del tratamiento, esto sugiere que la base del producto empieza a descomponerse térmicamente después de 50°C, información brindada por los proveedores (DowChemical).

En orden de resultados, la formulación hecha a una temperatura de 40°C aportó un 25,64% de suavidad a las telas, porcentaje ligeramente superior al obtenido en el capítulo 4 de este proyecto (23,08%). Este porcentaje se debe a dos razones:

- La concentración utilizada en la formulación de 40°C fue superior a la utilizada en la pre-experimentación (5%).
- El grado de suavidad no aumento significativamente ya que la Temperatura utilizada en la pre-experimentación fue mayor a 40°C lo que causo un aumento en la dispersabilidad y solubilidad de la base activa en agua.

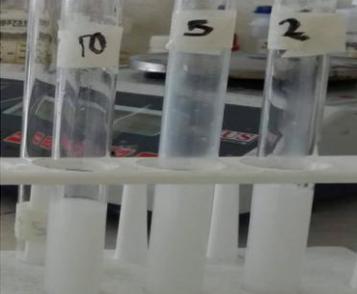
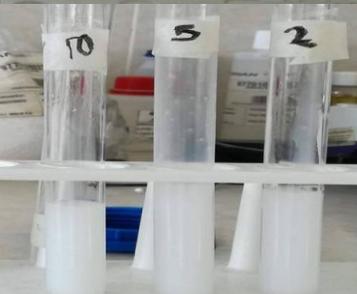
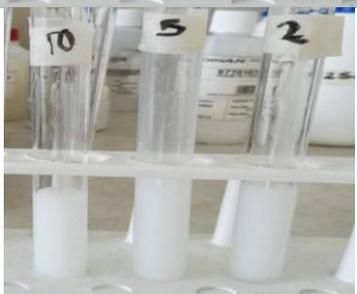
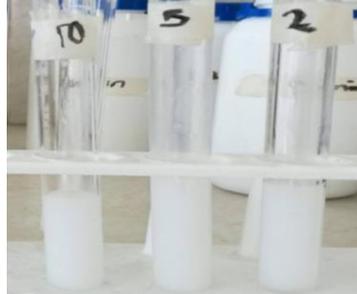
Finalmente la formulación con una temperatura de 50°C aportó el mayor grado de suavidad (30,77%) en comparación con las demás temperaturas utilizadas, debido a los resultados arrojados se decidió tomar esta temperatura (50°C) como temperatura de esta parte del proceso.

6.1.2 Tiempo de agitación. Una vez elegida la temperatura a la cual se mezclara la base activa con el solvente se debe determinar el tiempo para el que la mezcla fuera completamente estable. La agitación partió desde el tiempo en el que hay homogeneidad en la mezcla (120s), subiendo luego a 5 minutos (300s) y finalmente a 10 minutos (600s), los resultados se muestran a continuación:

Tabla 29. Seguimiento de estabilidad de los diferentes tiempos de agitación.

Hora de prueba (h)	Imagen
0	
1	

Tabla 29. Continuación.

Hora de prueba (h)	Imagen
24	 <p>Three microcentrifuge tubes labeled 10, 5, and 2 are shown in a rack. The tubes contain a clear, colorless liquid, indicating stability at the 24-hour mark.</p>
48	 <p>Three microcentrifuge tubes labeled 10, 5, and 2 are shown in a rack. The tubes contain a clear, colorless liquid, indicating stability at the 48-hour mark.</p>
120	 <p>Three microcentrifuge tubes labeled 10, 5, and 2 are shown in a rack. The tubes contain a clear, colorless liquid, indicating stability at the 120-hour mark.</p>
480	 <p>Three microcentrifuge tubes labeled 10, 5, and 2 are shown in a rack. The tubes contain a clear, colorless liquid, indicating stability at the 480-hour mark.</p>
720	 <p>Three microcentrifuge tubes labeled 10, 5, and 2 are shown in a rack. The tubes contain a clear, colorless liquid, indicating stability at the 720-hour mark.</p>

El primer mezclado del proceso mostró estabilidad en todos los tiempos utilizados durante las pruebas realizadas, para disminuir los costos energéticos referentes a la

formulación se decidió establecer como tiempo de agitación para el primer mezclado 2 minutos con 49 segundos (tiempo necesario para diluir la materia activa en el solvente y generar homogeneidad en la mezcla a una temperatura de 50°C).

6.2 DILUCIÓN DEL ESPESANTE EN EL EMULSIFICANTE

El espesante utilizado en la formulación es el E 2, insoluble en agua por lo que se tuvo que utilizar un emulsificante para evitar la separación de fases y permitir que la mezcla fuera hecha a condiciones viables por Industrias Químicas Saint Germain.

La temperatura utilizada para la dilución fue igual a la temperatura utilizada en el primer mezclado para evitar descomposición térmica del emulsificante y alcanzar la temperatura de fusión del espesante (49°C).

Para una formulación de 500 ml fue necesario un tiempo de dilución de 3 min con 15 segundos (tiempo en el cual el espesante se emulsificaba de manera homogénea, sin dejar partículas de E 2 en estado sólido).

6.3 SEGUNDO MEZCLADO

En esta parte del proceso se combinaron la primera mezcla y la dilución (espesante con emulsificante). Este mezclado se realizó a una temperatura de 50°C (temperatura en la que se encontraban los componentes de la formulación), la cual fue bajando debido a que ya no era necesario mantener los componentes a temperaturas elevadas y así reducir costos de producción. Los tiempos de agitación fueron variados así:

Tabla 30. Tiempos de agitación para la segunda mezcla.

Formulación	Tiempo de agitación (s)
1	120
2	240
3	360
4	600
5	720

Al igual que las formulaciones anteriores, se realizaron las pruebas de estabilidad y de lavado de las mezclas preparadas.

6.3.1 Pruebas de estabilidad del segundo mezclado. Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 31**.

Tabla 31. Pruebas de estabilidad a diferentes tiempos de agitación del segundo mezclado.

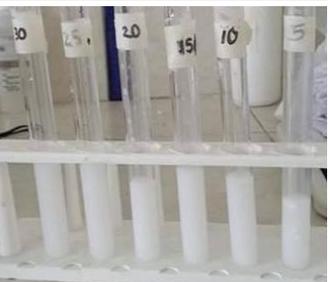
Hora de prueba (h)	Imagen
0	
1	
24	
48	
120	

Tabla 31. Continuación.

Hora de prueba (h)	Imagen
240	
480	
720	

En primer lugar, la formulación sometida a agitación por 5 minutos presentó fenómenos de inestabilidad específicamente coalescencia desde la hora cero, como se observa en la **Tabla 31**. La mezcla presentó aglomeraciones de E 2 debido al poco tiempo de agitación al que fue sometida el producto. Por las razones anteriores se elimina esta formulación de las pruebas de lavado.

Por otra parte, las formulaciones restantes sometidas a tiempos de agitación de 10, 15, 25 y 30 minutos presentaron estabilidad física sin diferencia alguna en la observación. Con las formulaciones establecidas se procedió a realizar las pruebas de lavado para determinar si el tiempo de mezcla influye en la suavidad impartida a las fibras textiles.

6.3.2 Pruebas de lavado del segundo mezclado. La altura aportada a las fibras en el tratamiento con las formulaciones del segundo mezclado se realizó recién preparada la formulación y se muestra en la **Tabla 32**:

Tabla 32. Altura aportada por las formulaciones del segundo mezclado.

Tiempo de agitación (s)	Altura (cm)				Promedio
	Blanco	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	
240	1,3	2,1	2,1	2,1	2,1
360		2,1	2,1	2,1	2,1
600		2,1	2,1	2,1	2,1
720		2,1	2,1	2,1	2,1

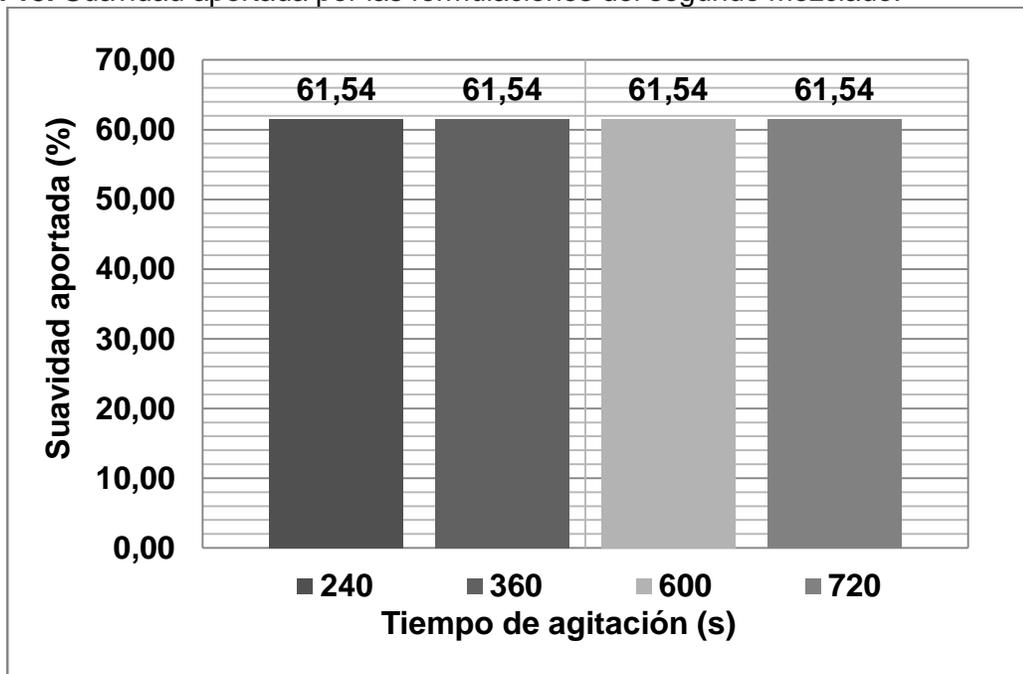
Se aplicaron las ecuaciones (1) y (2) del mismo modo que se hizo para las formulaciones del primer mezclado, los resultados se ilustran en la **Tabla 33**:

Tabla 33. Grado de suavidad aportado por las formulaciones del segundo mezclado.

Tiempo de agitación (s)	Altura (cm)	Esponjosidad de la fibra (cm)	Porcentaje de suavidad (%)
Blanco	1,3	0	0
240	2,1	0,8	61,54
360	2,1	0,8	61,54
600	2,1	0,8	61,54
720	2,1	0,8	61,54

Seguidamente, se graficaron los datos anteriores en la **Figura 13**:

Figura 13. Suavidad aportada por las formulaciones del segundo mezclado.



Los resultados arrojaron que sin importar el tiempo en el que la formulación sea sometida a agitación, la suavidad aportada a las fibras textiles al momento del ciclo

de lavado recién preparado el producto no se verá afectada, es decir, el grado de esponjosidad del tratamiento fue de 61,54% para todas las formulaciones.

Continuando con los resultados obtenidos en las pruebas de estabilidad y de lavado de las formulaciones preparadas en el segundo mezclado, se estableció un tiempo de agitación de 10 minutos como mínimo para esta etapa en la preparación del producto suavizante garantizando homogeneidad del producto sin que influya en el grado de suavidad aportado a las fibras.

6.4 TERCER MEZCLADO

Los componentes utilizados para esta etapa del proceso fueron la segunda mezcla y la fragancia (componente faltante para la formulación del producto textil).

Previamente...sección 5.2.3...se había concluido que la adición de fragancia a la formulación no influía en las propiedades del producto textil, el tiempo de agitación utilizado para esta etapa del proceso fue de 5 minutos (120 s) para generar una mezcla adecuada de la fragancia sobre la formulación³⁸, información brindada por el departamento de investigación de Industrias Químicas Saint Germain LTDA.

6.4.1 Prueba de estabilidad de la formulación final. Las pruebas fueron realizadas como se explicó...sección 2.3.5.6 **Pruebas de estabilidad**...La formulación del producto final se muestra a continuación.

Tabla 34. Composición de la formulación final.

Componente	Concentración (%)
Agua	88,18
Materia activa	8,1
Espesante	0,62
Emulsificante	1,1
Fragancia	2

Las imágenes que soportan los resultados arrojados de la prueba se muestran en el **Cuadro 9**:

³⁸ Industrias Químicas Saint Germain LTDA., Departamento de desarrollo e investigación.

Cuadro 9. Prueba de estabilidad de la formulación final.

Ensayo	Tiempo de ensayo (h)	Imagen
1	0	 A photograph of a white plastic test tube rack containing a single test tube. The test tube is labeled '2A' in black marker and contains a clear, colorless liquid. The rack is placed on a light-colored wooden surface.
2	1	 A photograph of a white plastic test tube rack containing a single test tube. The test tube is labeled '2A' in black marker and contains a clear, colorless liquid. The rack is placed on a light-colored wooden surface.
3	24	 A photograph of a white plastic test tube rack containing a single test tube. The test tube is labeled '2A' in black marker and contains a clear, colorless liquid. The rack is placed on a light-colored wooden surface.
4	48	 A photograph of a white plastic test tube rack containing a single test tube. The test tube is labeled '2A' in black marker and contains a clear, colorless liquid. The rack is placed on a light-colored wooden surface.
5	120	 A photograph of a white plastic test tube rack containing a single test tube. The test tube is labeled '2A' in black marker and contains a clear, colorless liquid. The rack is placed on a light-colored wooden surface.

Cuadro 9. Continuación.

Ensayo	Tiempo de ensayo (h)	Imagen
6	240	
7	480	
8	720	

Como se evidencia en el **Cuadro 9**, la formulación final presentó estabilidad desde la primera observación realizada, es decir, el producto no presentó separación de fases, floculación ni coalescencia, lo cual, permitió comprobar la sustentividad del surfactante aniónico (utilizado como emulsificante) con los demás componentes de la formulación.

Por otra parte, la homogeneidad del producto se vio favorecida por el prolongado tiempo de agitación utilizado (20 minutos) para garantizar que la materia activa se mezclara adecuadamente con la mezcla espesante-emulsificante resultado que se analizara en el siguiente capítulo del proyecto.

6.4.1.1 Pruebas de lavado. La **Tabla 35** muestra los resultados de las pruebas realizadas a las horas establecidas en las pruebas de estabilidad:

Tabla 35. Altura aportada durante las pruebas de estabilidad.

Hora de prueba	Altura (cm)				
	Blanco	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Promedio
0		2,1	2,1	2,1	2,1
1	1,3	2	2,1	2,1	2,07
24		2,1	2,1	2	2,07

Tabla 35. Continuación.

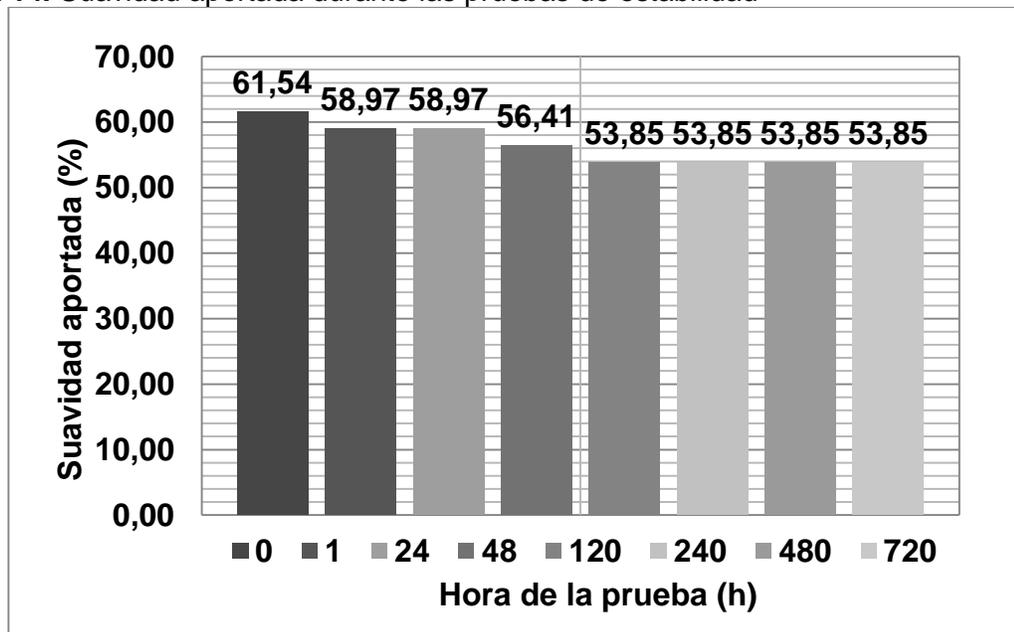
Hora de prueba	Altura (cm)				
	Blanco	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Promedio
48		2	2,1	2	2,03
120		2	2	2	2
240	1,3	2	2	2	2
480		2	2	2	2
720		2	2	2	2

Además, se aplicaron las ecuaciones (1) y (2) para graficar los datos obtenidos de la misma forma que se realizó durante las etapas anteriores del proyecto tal como se ilustra en la **Tabla 36** y **Figura 14**:

Tabla 36. Grado de suavidad aportado durante las pruebas de estabilidad.

Hora de prueba	Altura (cm)	Esponjosidad de la fibra (cm)	Porcentaje de suavidad (%)
Blanco	1,30	0,00	0,00
0	2,10	0,80	61,54
1	2,07	0,77	58,97
24	2,07	0,77	58,97
48	2,03	0,73	56,41
120	2,00	0,70	53,85
240	2,00	0,70	53,85
480	2,00	0,70	53,85
720	2,00	0,70	53,85

Figura 14. Suavidad aportada durante las pruebas de estabilidad



En primer lugar, la formulación aporta el mayor grado de suavidad recién es preparada (a la hora cero), sin embargo al transcurrir el tiempo el grado de suavidad disminuye hasta alcanzar estabilidad al décimo día (transcurridas 120 horas luego de preparar la formulación). Además, el producto suavizante mantiene constante el grado de esponjosidad aportado a las fibras textiles del día 10 al día 30, es por esto que el suavizante aportará generalmente una suavidad igual al 53,85% (ya que el producto es adquirido por los consumidores días después de ser envasado).

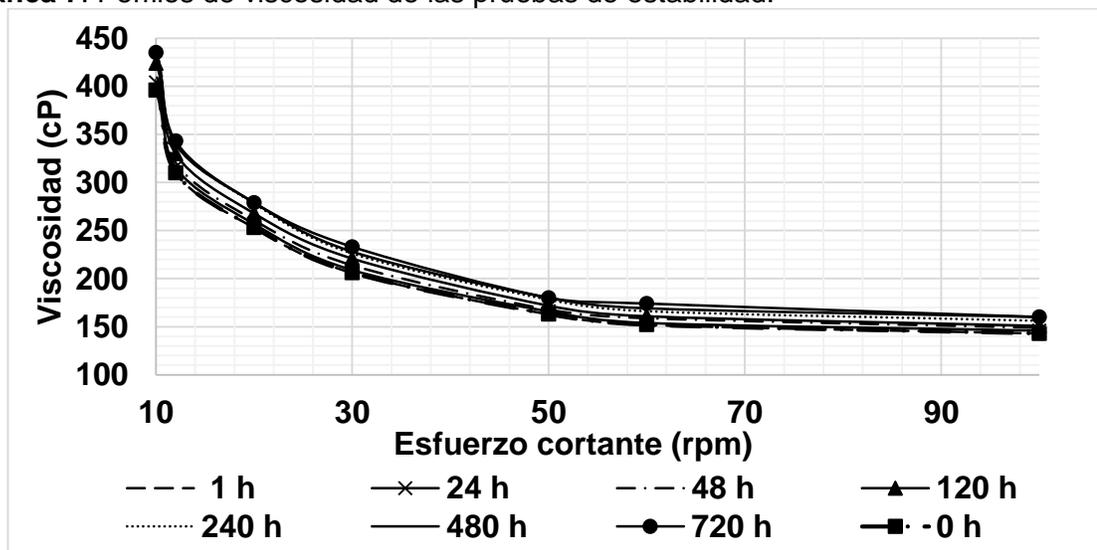
6.4.1.2 Perfiles de viscosidad durante las pruebas de estabilidad. El comportamiento de viscosidad fue tomado en los mismos rangos de tiempo utilizados para la prueba de estabilidad. Los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 37:

Tabla 37. Perfiles de viscosidad de las pruebas de estabilidad.

Esfuerzo cortante (rpm)	Viscosidad (cP)							
	0 h	1 h	24 h	48 h	120 h	240 h	480 h	720 h
3	640	640	645	665	684	704	705	705
4	535	535	544	556	573	588	590	590
5	470	470	479	489	503	517	518	522
6	426	426	435	443	456	468	470	470
10	396	396	404	412	424	435	435	435
12	310	310	316	321	330	341	340	343
20	253	253	257	261	268	278	279	279
30	206	206	209	214	221	226	228	233
50	163	163	166	168	172	178	180	180
60	152	152	154	159	161	166	169	174
100	143	143	146	149	151	156	160	160

La gráfica hecha con los resultados obtenidos se muestra a continuación:

Gráfica 7. Perfiles de viscosidad de las pruebas de estabilidad.



La formulación evaluada no presentó un cambio significativo en su comportamiento de viscosidad (10,75%) luego de transcurrir los 30 días de la prueba, sin embargo, el pequeño cambio presentado en los valores de viscosidad comprobaron nuevamente que el grado de suavidad disminuye con el aumento de esta propiedad debido a la disminución en la dispersión en agua al momento de tratar las fibras textiles.

6.4.1.3 Cambio total de las propiedades del suavizante textil. Como se mencionó anteriormente el cambio de propiedades se calculó utilizándolas ecuaciones (4), (5) y (6) tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 38. Cambio total de las propiedades del suavizante textil.

Cambio	Propiedad	
	Perfil de viscosidad	Suavidad
ΔV_x	36,09	0,10
%CV	10,75	4,76
%CT	15,51	

Las propiedades del producto suavizante cumplieron con los requerimientos de Industrias Químicas Saint Germain LTDA., puesto que el cambio total de propiedades es inferior al 20%.

A continuación se muestra una tabla con el resumen de las condiciones del proceso de producción del suavizante textil a escala laboratorio:

Tabla 39. Condiciones del proceso de producción.

Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo de agitación (s)
Primer mezclado	50	169
Segundo mezclado	50	600
Tercer mezclado	40-50	300
Tiempo total de agitación (s)		1.069

Finalmente, la variable temperatura debe ser controlada estrictamente durante todo el proceso de producción del suavizante textil, puesto que si se aumenta un grado más, la base catiónica se degradará y por el contrario, si la temperatura es inferior a 50 °C no se alcanzará la temperatura de fusión del espesante utilizado (49 °C)

7. CONCLUSIONES

- Las combinaciones componente activo- espesante propuestas en el proyecto cumplen con la propiedad funcional de proporcionar suavidad a las fibras textiles.
- La base SC 2 aportó el mayor grado de suavidad (23,08%) a las fibras de algodón por su cadena alquílica lineal de 16 carbonos.
- La combinación SC 2-E 2-SN 2 aportó un grado de suavidad de 53,85% igualando al del suavizante guía (53,85%).
- El planteamiento del diseño de experimentos de Vértices Extremos sirvió como guía para realizar las formulaciones experimentales, sin embargo, no fue posible realizar el análisis del mismo debido a que se eliminaron 31 posibles experimentos por razones externas a los investigadores.
- Al hacer la dispersión de la base suavizante en agua a temperaturas de 20, 30, 40 °C, el producto presentó fenómenos de inestabilidad específicamente coalescencia. Por otra parte, al hacer la dispersión de la base suavizante en agua a temperaturas de 60 °C, el producto presentó estabilidad pero con menor grado de suavidad (7,69%) probablemente debido a la descomposición térmica de la base suavizante.
- La dispersión de la base suavizante en agua debe hacerse a 50 °C debido a que en estas condiciones se obtuvo la mayor suavidad (30,77%) y estabilidad del producto.
- Al utilizar un tiempo de agitación en el segundo mezclado inferior a 5 minutos, el producto textil presenta inestabilidad física, es decir, se observó separación de fases.

8. RECOMENDACIONES

- Evaluar otros espesantes que presenten mayor solubilidad en agua y que generen los mismos resultados para disminuir la complejidad del proceso productivo.
- Probar más combinaciones de materias primas que permitan aumentar la calidad en la funcionalidad del producto.
- Determinar la suavidad aportada a las fibras textiles a través de una metodología más exacta como el uso de un equipo de suavidad TSA donde el espesor y la rigidez de las telas son analizados con un algoritmo para determinar su suavidad.
- Sugerir materias activas cuyas condiciones de proceso sean menos estrictas, es decir, no estén al límite de la degradación de las materias primas utilizadas.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON Virgil L. y MCLEAN, Robert A. Design of Experiments: A Realistic Approach. Vol. 5. Marcel Dekker Inc. 1974.

ANVISA. Serie Calidad En Cosméticos. [Electronic (1)]. [Consultado el enero 32017]. Disponible en: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/106351/107910/Gu%C3%ADa+de+Estabilid+ad+de+Productos+Cosm%C3%A9ticos/dd40ebf0-b9a2-4316-a6b4-818cac57f6de>

ARCE CABALLERO, Andrea y PIEDRAHITA ROJAS, Sergio Andrés. Evaluación De La Viabilidad Técnica y Financiera De La Producción De Un Suavizante De Telas En La Empresa Marchen S.A. Bogotá: Fundación Universidad de América, 2013.

Bernal Jorge. Diseño De Experimentos (DOE): Para Qué Sirve y Cómo Realizarlo. [Electronic (1)]. 20 de Diciembre 2016. [Consultado el Diciembre 262016]. Disponible en: <http://www.pdcahome.com/2117/diseño-de-experimentos-para-que-sirve-y-como-realizarlo/>

CARRION, Javier. Propiedades Generales De Los Suavizantes Textiles Catiónicos: Especificaciones De Los Productos y Sus Efectos En Los Textiles. [Electronic (1)]: INTEXTAR, 1988. 73-74

Decreto Número 585 De 1991. (1991). 26 de febrero de 1991. p. Título I-Título III.

FERNANDEZ, Álvaro. Surfactantes Aniónicos. [Electronic (1)]. [Consultado el diciembre 122016]. Disponible en: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S302.pdf>

G.D. Moggridge y E.L. Cussler. AN INTRODUCTION TO CHEMICAL PRODUCT DESIGN. En: TRANS IChemE. January 2000.vol. 78, no. Part A, p. 7-8

GONZALÉZ, Gerardo. Mecanismos De Desestabilización De Una Emulsión. [Electronic (1)]: Universidad Nacional Autónoma de México: 2013.

GRUNDFOS S.A. Viscosidad y densidad de los fluidos: una guía para los usuarios de bombas. [Electronic (1)]: España. Disponible en: http://es.grundfos.com/sobre_bombas_grundfos/news-and-press/news/Viscosidad_y_densidad_de_fluidos.html

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros documentos de investigación. Sexta actualización. NTC 1486. Bogotá D.C., 2008.

----- . Jabones detergentes. Suavizantes líquidos para ropa. Primera actualización. NTC 3287. Bogotá D.C., 2008. p. 1

----- . Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá D.C., 2008.

----- . Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. Bogotá D.C., 1998.

INSTITUTO ESPAÑOL DE COMERCIO EXTERIOR (ICEX). El mercado de los productos de limpieza doméstica en México. [En línea]. [Septiembre de 2011]. Disponible en: <<http://www.cadexco.bo/actual/boletin-inteligencia/EI%20mercado%20de%20productos%20de%20limpieza%20domestic a%20en%20M%C3%A9xico-%20ICEX.pdf>>; p.13

MANFRED ISER, Peter. Terminación textil química, aplicación y tecnología. Departamento de Marketing. Bezema.

MULLER HC, Krempel E. Lipids Science and Technology. [Electronic (1)]: Europa: European journal, 1963.

SALAGER Jean Louis. Surfactantes Tipos y Usos. [Electronic (1)]. [Consultado el Diciembre 92016]. Disponible en: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S300A.pdf>

SALAGER Jean-Louis y FERNANDEZ Álvaro. Cuadernos FIRP 302-PP Surfactantes Aniónicos. Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería Química. 2004.

SALAGER Jean Louis y FERNANDEZ Álvaro. Cuaderno Firp S304: Surfactantes Catiónicos y Otros Surfactantes. [Electronic (1)]. [Consultado el Enero 12017]. Disponible en: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S304.pdf>

SAMPER, Ernesto. Decreto 677 De 1995. [Electronic (1)]:26 de abril de 1995. Universidad Tecnológica del Norte. Ácidos Grasos. [Electronic (1)]: Ecuador.

**ANEXO A.
ENCUESTA REALIZADA PARA DETERMINAR EL ESTADO DEL MERCADO
ACTUAL.**

Fecha:	
Lugar de encuesta:	
1. ¿Con que frecuencia compra suavizantes para la ropa?	
<p>a). Todos los días. c). Una vez al mes. b). Cada 8 días. d). Otra</p>	
2. ¿Cuál es el Suavizante de telas que compra para su hogar?	
3. ¿Cuál es la razón por la que usted adquiere esa marca?	
<p>a). Economía c). Rendimiento b). Aroma d). Otra</p>	

**ANEXO B.
COMBINACIONES ARROJADAS POR EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS.**

Ensayo	Agua (%)	SC 2 (%)	SN 2 (%)	A.C (%)
1	80,82	5,88	0,98	10,32
2	74,98	10,32	10,32	2,38
3	81,27	0,98	14,63	1,12
4	85,84	5,21	1,67	5,28
5	68,08	12,32	7,13	10,47
6	83,15	10,15	2,35	2,35
7	84,95	4,35	4,35	4,35
8	88,64	8,23	0,83	0,30
9	71,03	15,33	6,36	5,28
10	87,59	7,43	1,12	1,86
11	88,30	8,10	1,10	0,62
12	80,68	9,21	4,52	3,59
13	78,20	12,32	1,12	6,36
14	85,59	6,35	3,22	2,84
15	77,86	0,62	10,32	9,20
16	80,59	12,30	3,88	1,23
17	87,24	3,46	4,20	3,10
18	92,58	2,63	1,12	1,67
19	84,26	9,62	1,49	2,63
20	75,14	8,13	9,37	5,36
21	78,52	6,32	2,84	10,32
22	76,27	13,35	5,28	3,10
23	78,70	4,98	9,93	4,39
24	89,57	0,32	3,49	4,62
25	87,26	0,46	0,96	9,32
26	81,81	9,35	6,48	0,36
27	89,49	7,12	0,96	0,43
28	77,15	6,32	8,21	6,32
29	72,94	16,33	2,32	6,41
30	87,46	8,32	1,12	1,10
31	87,23	5,21	3,30	2,26
32	86,11	9,25	1,32	1,32
33	71,93	8,69	8,69	8,69
34	89,92	3,15	0,67	4,26
35	79,26	10,63	5,32	2,79

**ANEXO B.
COMBINACIONES ARROJADAS POR EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS.**

Ensayo	Agua (%)	SC 2 (%)	SN 2 (%)	A.C (%)
36	86,09	8,42	1,23	2,26
37	78,35	7,23	4,21	8,21
38	76,27	13,35	3,10	5,28
39	79,02	2,21	6,45	10,32
40	88,25	6,62	1,16	1,97
41	79,22	5,21	7,45	6,12
42	74,99	10,32	9,21	3,48

**ANEXO C.
FORMATO DE LA ENCUESTA PARA LA ELECCIÓN DEL PORCENTAJE DE
FRAGANCIA.**

Fecha:	
Lugar de encuesta:	
Luego de oler las muestras, califíquelas de 1 a 4, siendo 4 la que presentó mayor fragancia y 1 la que presentó la menor.	
a). ____ Muestra 1.	
b). ____ Muestra 2.	
c). ____ Muestra 3.	
d). ____ Muestra 4.	

ANEXO D. CÁLCULO DE LAS VARIABLES MEDIDAS

▪ Cambio de esponjosidad.

$$\Delta h = h_{mx} - h_o$$

Ecuación 1. Cambio de esponjosidad de las fibras textiles

Principales suavizantes del mercado.

- $\Delta h_{Sofl\acute{a}n\ Suavitel} = 1,8\ cm - 1,3\ cm = 0,5\ cm$
- $\Delta h_{Aromatel} = 1,7\ cm - 1,3\ cm = 0,4\ cm$
- $\Delta h_{Primavera} = 1,9\ cm - 1,3\ cm = 0,6\ cm$
- $\Delta h_{SA8} = 2,0\ cm - 1,3\ cm = 0,7\ cm$
- $\Delta h_{Saint\ Eco} = 1,6\ cm - 1,3\ cm = 0,3\ cm$
- $\Delta h_{Saint\ Premium} = 1,9\ cm - 1,3\ cm = 0,6\ cm$

Efecto de la materia activa

- $\Delta h_{SC\ 1} = 1,4\ cm - 1,3\ cm = 0,1\ cm$
- $\Delta h_{SC\ 2} = 1,6\ cm - 1,3\ cm = 0,3\ cm$
- $\Delta h_{SC\ 3} = 1,5\ cm - 1,3\ cm = 0,2\ cm$

Efecto del tipo de espesante

- $\Delta h_{CaCl_2} = 1,67\ cm - 1,3\ cm = 0,37\ cm$
- $\Delta h_{Alcohol\ etílico} = 1,7\ cm - 1,3\ cm = 0,4\ cm$
- $\Delta h_{Alcohol\ cetílico} = 1,83\ cm - 1,3\ cm = 0,53\ cm$

Efecto del emulsificante.

- $\Delta h_{SN\ 1} = 1,9\ cm - 1,3\ cm = 0,6\ cm$
- $\Delta h_{SN\ 2} = 2,03\ cm - 1,3\ cm = 0,73\ cm$
- $\Delta h_{SN\ 3} = 1,93\ cm - 1,3\ cm = 0,63\ cm$

Formulaciones experimentales.

- $\Delta h_{E1} = 1,6\ cm - 1,3\ cm = 0,3\ cm$
- $\Delta h_{E2} = 1,53\ cm - 1,3\ cm = 0,23\ cm$
- $\Delta h_{E3} = 1,8\ cm - 1,3\ cm = 0,5\ cm$
- $\Delta h_{E4} = 2,1\ cm - 1,3\ cm = 0,8\ cm$
- $\Delta h_{E5} = 1,8\ cm - 1,3\ cm = 0,5\ cm$
- $\Delta h_{E6} = 1,5\ cm - 1,3\ cm = 0,2\ cm$
- $\Delta h_{E7} = 1,87\ cm - 1,3\ cm = 0,57\ cm$
- $\Delta h_{E8} = 1,53\ cm - 1,3\ cm = 0,23\ cm$
- $\Delta h_{E9} = 1,83\ cm - 1,3\ cm = 0,53\ cm$

- $\Delta h_{E10} = 1,9 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,6 \text{ cm}$
- $\Delta h_{E11} = 1,63 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,33 \text{ cm}$

Formulaciones con fragancia.

- $\Delta h_{E4-1} = 2,10 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,8 \text{ cm}$
- $\Delta h_{E4-2} = 2,07 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,77 \text{ cm}$
- $\Delta h_{E4-3} = 2,07 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,77 \text{ cm}$
- $\Delta h_{E4-4} = 2,10 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,8 \text{ cm}$

Pruebas de estabilidad.

- $\Delta h_{hora 0} = 2,1 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,8 \text{ cm}$
- $\Delta h_{hora 1} = 2,07 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,77 \text{ cm}$
- $\Delta h_{hora 24} = 2,07 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,77 \text{ cm}$
- $\Delta h_{hora 48} = 2,03 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,73 \text{ cm}$
- $\Delta h_{hora 120} = 2,0 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,7 \text{ cm}$
- $\Delta h_{hora 240} = 2,0 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,7 \text{ cm}$
- $\Delta h_{hora 480} = 2,0 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,7 \text{ cm}$
- $\Delta h_{hora 720} = 2,0 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,7 \text{ cm}$

Primer mezclado.

- $\Delta h_{40^\circ C} = 1,63 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,33 \text{ cm}$
- $\Delta h_{50^\circ C} = 1,70 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,40 \text{ cm}$
- $\Delta h_{60^\circ C} = 1,40 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,10 \text{ cm}$

Segundo mezclado.

- $\Delta h_{240s} = 2,10 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,80 \text{ cm}$
- $\Delta h_{360s} = 2,10 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,80 \text{ cm}$
- $\Delta h_{600s} = 2,10 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,80 \text{ cm}$
- $\Delta h_{720s} = 2,10 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm} = 0,80 \text{ cm}$

▪ Grado de suavidad.

$$\%S = \frac{(h_{mx} - h_0)}{h_0} * 100$$

Ecuación 2. Grado de suavidad aportado a las fibras textiles.

Principales suavizantes del mercado

- $\%S_{Sofl\acute{a}n Suavitel} = \frac{1,80-1,30}{1,30} * 100 = 38,46\%$
- $\%S_{Aromatel} = \frac{1,70-1,30}{1,30} * 100 = 30,77\%$

- $\%S_{Primavera} = \frac{1,90-1,30}{1,30} * 100 = 46,15\%$
- $\%S_{SA8} = \frac{2,00-1,30}{1,30} * 100 = 53,85\%$
- $\%S_{Saint Eco} = \frac{1,60-1,30}{1,30} * 100 = 23,08\%$
- $\%S_{Saint Premium} = \frac{1,90-1,30}{1,30} * 100 = 46,15\%$

Efecto de la materia activa.

- $\%S_{SC 1} = \frac{1,40-1,30}{1,30} * 100 = 7,69\%$
- $\%S_{SC 2} = \frac{1,60-1,30}{1,30} * 100 = 23,08\%$
- $\%S_{SC 3} = \frac{1,50-1,30}{1,30} * 100 = 15,38\%$

Efecto del tipo de espesante.

- $\%S_{CaCl_2} = \frac{1,67-1,30}{1,30} * 100 = 28,21\%$
- $\%S_{Alcohol etílico} = \frac{1,70-1,30}{1,30} * 100 = 30,77\%$
- $\%S_{Alcohol cetílico} = \frac{1,83-1,30}{1,30} * 100 = 41,03\%$

Efecto del emulsificante.

- $\%S_{SN 1} = \frac{1,90-1,30}{1,30} * 100 = 46,15\%$
- $\%S_{SN 2} = \frac{2,03-1,30}{1,30} * 100 = 56,41\%$
- $\%S_{SN 3} = \frac{1,93-1,30}{1,30} * 100 = 48,72\%$

Formulaciones experimentales.

- $\%S_{E1} = \frac{1,60-1,30}{1,30} * 100 = 23,08\%$
- $\%S_{E2} = \frac{1,53-1,30}{1,30} * 100 = 17,95\%$
- $\%S_{E3} = \frac{1,80-1,30}{1,30} * 100 = 38,46\%$
- $\%S_{E4} = \frac{2,10-1,30}{1,30} * 100 = 61,54\%$
- $\%S_{E5} = \frac{1,80-1,30}{1,30} * 100 = 38,46\%$
- $\%S_{E6} = \frac{1,50-1,30}{1,30} * 100 = 15,38\%$
- $\%S_{E7} = \frac{1,87-1,30}{1,30} * 100 = 43,59\%$
- $\%S_{E8} = \frac{1,53-1,30}{1,30} * 100 = 17,95\%$
- $\%S_{E9} = \frac{1,83-1,30}{1,30} * 100 = 41,03\%$

- $\%S_{E10} = \frac{1,90-1,30}{1,30} * 100 = 46,15\%$
- $\%S_{E11} = \frac{1,63-1,30}{1,30} * 100 = 25,64\%$

Formulaciones con fragancia.

- $\%S_{E4-1} = \frac{2,10-1,30}{1,30} * 100 = 61,54\%$
- $\%S_{E4-2} = \frac{2,07-1,30}{1,30} * 100 = 58,97\%$
- $\%S_{E4-3} = \frac{2,07-1,30}{1,30} * 100 = 58,97\%$
- $\%S_{E4-4} = \frac{2,10-1,30}{1,30} * 100 = 61,54\%$

Pruebas de estabilidad.

- $\%S_{hora\ 0} = \frac{2,10-1,30}{1,30} * 100 = 61,54\%$
- $\%S_{hora\ 1} = \frac{2,07-1,30}{1,30} * 100 = 58,97\%$
- $\%S_{hora\ 24} = \frac{2,07-1,30}{1,30} * 100 = 58,97\%$
- $\%S_{hora\ 48} = \frac{2,03-1,30}{1,30} * 100 = 56,41\%$
- $\%S_{hora\ 120} = \frac{2,00-1,30}{1,30} * 100 = 53,85\%$
- $\%S_{hora\ 240} = \frac{2,00-1,30}{1,30} * 100 = 53,85\%$
- $\%S_{hora\ 480} = \frac{2,00-1,30}{1,30} * 100 = 53,85\%$
- $\%S_{hora\ 720} = \frac{2,00-1,30}{1,30} * 100 = 53,85\%$

Primer mezclado.

- $\%S_{40\ ^\circ C} = \frac{1,63-1,30}{1,30} * 100 = 25,64\%$
- $\%S_{50\ ^\circ C} = \frac{1,70-1,30}{1,30} * 100 = 30,77\%$
- $\%S_{60\ ^\circ C} = \frac{1,40-1,30}{1,30} * 100 = 7,69\%$

Segundo mezclado.

- $\%S_{240\ s} = \frac{2,10-1,30}{1,30} * 100 = 61,54\%$
- $\%S_{360\ s} = \frac{2,10-1,30}{1,30} * 100 = 61,54\%$
- $\%S_{600\ s} = \frac{2,10-1,30}{1,30} * 100 = 61,54\%$
- $\%S_{720\ s} = \frac{2,10-1,30}{1,30} * 100 = 61,54\%$

- **Estabilidad**

$$\Delta V_x = |V_1 - V_2|$$

Ecuación 4. Cambio de la variable x.

Nota: los valores utilizados fueron un promedio de los datos obtenidos en la toma de las pruebas

Para perfil de viscosidad:

- $\Delta V_x = |335,82 - 371,91| = 36,09$

Para grado de suavidad:

- $\Delta V_x = |2,10 - 2,00| = 0,10$

$$\%CV = \frac{\Delta V * 100}{V_1}$$

Ecuación 5. Porcentaje de cambio de variable

Para perfil de viscosidad:

- $\%CV = \frac{36,09 * 100}{335,82} = 10,75\%$

Para grado de suavidad:

- $\%CV = \frac{0,10 * 100}{2,10} = 4,76\%$

$\%CT = \%C_{suavidad} + \%C_{viscosidad}$
Ecuación 6. Porcentaje cambio total de propiedades.

- $\%CT = 4,76\% + 10,75\% = 15,51\%$

- **Densidad.**

$$\rho_x = \frac{m_x}{V_x}$$

ECUACIÓN 3. Densidad de las formulaciones realizadas.

Principales suavizantes del mercado.

- $\rho_{Sofl\acute{a}n\ Suavitel} = \frac{9,89\ g}{10\ ml} = 0,989\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{Aromatel} = \frac{9,83\ g}{10\ ml} = 0,983\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{Primavera} = \frac{11,81\ g}{10\ ml} = 1,181\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{SA8} = \frac{11,66\ g}{10\ ml} = 1,166\ \frac{g}{ml}$

- $\rho_{Saint\ Eco} = \frac{11,12\ g}{10\ ml} = 1,112\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{Saint\ Premium} = \frac{12,35\ g}{10\ ml} = 1,235\ \frac{g}{ml}$

Efecto de la materia activa.

- $\rho_{SC\ 1} = \frac{10,90\ g}{10\ ml} = 1,090\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{SC\ 2} = \frac{11,13\ g}{10\ ml} = 1,113\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{SC\ 3} = \frac{11,42\ g}{10\ ml} = 1,142\ \frac{g}{ml}$

Efecto del tipo de espesante.

- $\rho_{CaCl_2} = \frac{10,31\ g}{10\ ml} = 1,031\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{Alcohol\ cetílico} = \frac{11,62\ g}{10\ ml} = 1,162\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{Alcohol\ etílico} = \frac{11,10\ g}{10\ ml} = 1,110\ \frac{g}{ml}$

Efecto del emulsificante.

- $\rho_{SN\ 1} = \frac{12,24\ g}{10\ ml} = 1,224\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{SN\ 2} = \frac{11,72\ g}{10\ ml} = 1,172\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{SN\ 3} = \frac{11,94\ g}{10\ ml} = 1,194\ \frac{g}{ml}$

Formulaciones con fragancia.

- $\rho_{E4-1} = \frac{11,62\ g}{10\ ml} = 1,162\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{E4-2} = \frac{11,62\ g}{10\ ml} = 1,162\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{E4-3} = \frac{11,62\ g}{10\ ml} = 1,162\ \frac{g}{ml}$
- $\rho_{E4-4} = \frac{11,62\ g}{10\ ml} = 1,162\ \frac{g}{ml}$

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotros Javier Steven Aguirre Varela y Cindy Dahiana Rivera Merchán en calidad de titulares de la obra **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE BASES CATIONICAS SOBRE TELA TIPO ALGODÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE UN SUAVIZANTE EN INDUSTRIAS QUÍMICAS SAINT GERMAIN LTDA.**, elaborada en el año 2016, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

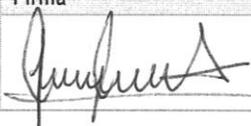
AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	X	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicará (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		X

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá D.C., a los 18 días del mes de mayo del año 2017.

LOS AUTORES:

Autor 1

Nombres	Apellidos
Javir Steven	Aguirre Varela
Documento de identificación No	Firma
1.010.217.605	

Autor 2

Nombres	Apellidos
Cindy Dahiana	Rivera Merchán
Documento de identificación No	Firma
1.016.035.118	Cindy Dahiana Rivera