

**ANÁLISIS DE LA SINERGI A ENTRE LOS TENSOACTIVOS: ALFA OLEFIN
SULFONATO DE SODIO (AOS), LAURIL ÉTER SULFATO DE SODIO (LESS), ÁCIDO
SULFÓNICO Y BETAÍNA QUE PERMITA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE UN
LAVALOZA LÍQUIDO CON OPTIMIZACIÓN DE RECURSO Y COSTO A ESCALA
PLANTA PILOTO.**

LEIDY YULIANA MURCIA GARAVITO

**INFORME DE PASANTÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA**

ORIENTADOR

**KAREN NATALY DIAZ SUAREZ
INGENIERA QUÍMICA**

YOVANNY MORALES HERNANDEZ

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERIA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.**

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá. D.C de 2024

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica

Dra. María Fernanda Vega de Mendoza

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Vicerrectora de Investigaciones y Extensión

Dra. Susan Margarita Benavides Trujillo

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Guerra Prieto

Directora Departamento de Ingeniería Ambiental e Ingeniería Química

Dra. Nubia Liliana Becerra Ospina

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

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Nubia Garavito y Jaime Murcia quienes han sido la fuente inagotable de apoyo, amor y sabiduría a lo largo de este arduo pero gratificante camino académico. Su constante aliento, apoyo y sacrificios han sido el faro que iluminó cada paso que di. A ustedes, mi eterno agradecimiento.

A mis hermosas hermanas, Laura y Valentina quienes siempre han confiado en mí. Su fe inquebrantable y amor constante han sido un impulso fundamental en este recorrido. Gracias por siempre creer en mis capacidades.

A Milena, mi mejor amiga y confidente. Tu paciencia, ánimo, risas y palabras de aliento han sido mi fortaleza durante las épocas desafiantes. Gracias por ser mi refugio y celebrar cada uno de mis logros como si fueran tuyos.

A Andrés, mi amigo leal y compañero de trabajo. Tus consejos, perspectivas y el tiempo compartido han enriquecido no solo mi vida académica, sino también mi crecimiento personal. Agradezco tu amistad sincera.

A, Lizeth Álvarez y Daniela Benavides, quienes han compartido este viaje conmigo. Su colaboración, apoyo mutuo y camaradería han hecho que cada desafío sea más llevadero. Agradezco las largas noches de estudio, las risas compartidas y la solidaridad en cada etapa de este trayecto.

Este trabajo de grado no solo representa el esfuerzo y dedicación propios, sino también el reflejo de las conexiones valiosas que han iluminado mi camino. A mis seres queridos, gracias por ser la inspiración constante detrás de mis logros.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA	12
2. ESTRATEGIA DE LA COMPAÑÍA Y ROL DESEMPEÑADO	13
3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
3.1 Pregunta general	15
3.2 Preguntas específicas	15
3.3 Delimitación	17
3.4 Objetivos	17
3.4.1 <i>Objetivo General</i>	17
3.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	17
4. MARCO REFERENCIAL	18
4.1 Marco conceptual	18
4.1.1 <i>Tensoactivos</i>	18
4.1.2 <i>Betaína</i>	18
4.1.3 <i>Alfa Olefin Sulfonato de Sodio (AOS)</i>	19
4.1.4 <i>Lauril éter Sulfato de Sodio</i>	19
4.1.5 <i>Ácido Sulfónico</i>	20
4.1.6 <i>dE*</i>	20
4.1.7 <i>Estabilidad</i>	20
4.1.8 <i>Estudio de Estabilidad</i>	21
4.1.9 <i>Estudio de Estabilidad Acelerado</i>	21
4.1.10 <i>Detergencia</i>	21
4.1.11 <i>Telas EMPA</i>	21
4.2 Marco teórico	21
4.3 Marco legal	22
5. DISEÑO METODOLÓGICO	23
5.1.1 <i>Identificación de sinergias</i>	24
5.1.2 <i>Prueba de Detergencia</i>	26
5.1.3 <i>Prueba de poder corta grasa</i>	27

5.1.4	<i>Prueba columna de espuma</i>	28
5.1.5	<i>Aplicación del Modelo I+D</i>	29
5.1.6	<i>Análisis Fisicoquímico</i>	29
5.1.7	<i>Documentación legal</i>	30
5.1.8	<i>Escalamiento en planta piloto</i>	30
6.	CRONOGRAMA	31
7.	PRESUPUESTO	32
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	33
8.1	Identificación de sinergias	33
8.1.1	<i>Reformulación de Lavalozza Líquido Humectante Blancox</i>	38
8.1.2	<i>Escalamiento en planta piloto</i>	42
8.1.3	<i>Documentación técnico/legal</i>	46
9.	CONCLUSIONES	48
	REFERENCIAS	49
	ANEXOS	51

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Esquema de un tensoactivo</i>	18
Figura 2 <i>Estructura de la Betaín</i>	19
Figura 3. <i>Estructura de Alfa Olefín Sulfonato de Sodio</i>	19
Figura 4. <i>Estructura de Lauril éter Sulfato de Sodio</i>	20
Figura 5. <i>Estructura de Ácido Sulfónico</i>	20
Figura 6. <i>Esquema diseño metodológico</i>	24
Figura 7. <i>Resultados poder corta grasa Sinergias</i>	33
Figura 8 <i>Diagrama de caja y bigotes – Desempeño corta grasa</i>	34
Figura 9 <i>Resultados prueba de detergencia</i>	36
Figura 10 <i>Diagrama de caja y bigotes</i>	37
Figura 11. <i>Resultados poder corta grasa Lavalozza Humectante</i>	39
Figura 12. <i>Diagrama de caja y bigotes poder corta grasa Lavalozza Líquido</i>	40
Figura 13. <i>Resultados Columna de espuma Lavalozza Humectante</i>	41
Figura 14 <i>Resultados de liberación lote de fabricación lavalozza humectante</i>	43
Figura 15. <i>Tanque de fabricación 723, Lavalozza Humectante</i>	44
Figura 16. <i>Proceso de envasado</i>	45
Figura 17. <i>Producto terminado</i>	46

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Composición de telas EMPA</i>	26
Tabla 2. <i>Composición grasa estandarizada</i>	28
Tabla 3. <i>Cronograma de actividades</i>	31
Tabla 4 <i>Presupuesto del proyecto</i>	32
Tabla 5. <i>ANOVA Prueba poder corta grasa-Sinergias</i>	35
Tabla 6. <i>ANOVA Prueba Detergencia – Sinergias</i>	37
Tabla 7. <i>Resultado poder corta grasa Lavalozza Líquido</i>	39
Tabla 8. <i>Resultado columna de espuma Lavalozza Líquido</i>	41

RESUMEN

El presente informe técnico describe la metodología empleada para la reformulación de un lavalozas líquido humectante “LozaCrem” realizado en la compañía Brinsa S.A. ubicada en Cajicá, Cundinamarca, la cual es reconocida por su marca “Blancox” en la categoría de Cuidado del Hogar.

En la primera fase del proyecto, se identificaron las sinergias entre los tensoactivos más utilizados dentro de la compañía, siendo estos: Alfa olefin sulfonato de sodio (AOS), Lauril éter sulfato de sodio (LESS), Ácido sulfónico y Betaína, con el fin de poder emplear a futuro las sinergias en las diversas categorías de producto, para esto se realizó una recopilación de las diversas fórmulas y se identificó el rango del porcentaje en el cual están presentes estas materias primas, estableciendo así las restricciones para el diseño de experimentos tipo mezcla, el cual tendrá como variable de respuesta el desempeño y el costo, este último es también la restricción en el diseño de experimentos.

El desempeño se determinó mediante dos pruebas: detergencia y poder corta grasa, los cuales permiten identificar la capacidad de remoción de diversas manchas en las telas patrón llamadas telas EMPA y la capacidad del sistema de tensoactivos para remover la grasa.

Con los resultados obtenidos, se identificaron las sinergias que se presentan en el diseño de experimentos mediante la comparación de la cantidad de ingrediente activo presente y los resultados obtenidos en cada prueba de desempeño, se identificaron sinergias cuando se emplea una menor carga de ingrediente activo, pero se obtienen mejores resultados de desempeño, adicionalmente, se realiza un análisis ANOVA que permita evidenciar si existen diferencias estadísticamente significativas que permitan atribuir los resultados obtenidos a las diversas formulaciones.

Al identificar las sinergias entre los tensoactivos, se realizó la reformulación del producto “Lavalozas Líquido Humectante Lozacrem” y se evaluó su desempeño con pruebas específicas para la categoría de Lavalozas, las cuales son: Poder corta grasa y Columna de Espuma. Para esto se tuvieron en cuenta 3 reformulaciones y se retaron con la fórmula actual, ya que se busca aumentar el desempeño sin aumentar el costo actual.

Con lo evidenciado, se eligió una fórmula para el ingreso de estabilidad y compatibilidad, lo que permitió establecer el cumplimiento del producto y sus características a través del tiempo, al ser

estable, se realiza el proceso de escalamiento a la planta de piloto industrial, con el fin de evidenciar si el producto es manufacturable según lo ejecutado en el laboratorio, así posteriormente evaluar y culminar con la recopilación técnica y legal para dar cumplimiento a los entes regulatorios para la comercialización y distribución de este producto bajos los requerimientos establecidos.

1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

En 1994 nace Brinsa cuando Refisal S.A compra las instalaciones de Álcalis de Colombia, compañía estatal que producía sal y sus derivado; para el siguiente año se inicia la operación de la química de la sal, en donde se da la producción de cloro, soda, hipoclorito de sodio y ácido clorhídrico en la planta de químicos; en el año 1999 inicia operaciones la planta de aseo con el lanzamiento de la línea “Blancox-Blanqueador”, obteniendo en el mismo año la certificación ISO 9002, para el año 2005 se realiza el lanzamiento de la línea de desmanchadores ropa color aumentando así el portafolio en el sector de cuidado del hogar.

En el año 2007 y 2008 entraron en operación Brinsa Costa Rica y Brinsa República Dominicana respectivamente. En 2013 se inicia la operación de la planta de sulfonación, la cual produce materias primas para la fabricación de productos de aseo y la planta de soplado para la fabricación de envases y la inyección de tapas para los productos de aseo.

En la actualidad, Brinsa S.A es una empresa líder de la química de la sal en Colombia, que extrae y refina la sal de marca “Refisal”. A partir de este mineral se desarrolla la química del cloro-álcali que atiende toda la industria. Además, produce productos de desinfección y limpieza profunda bajo la marca “Blancox”. [1]

2. ESTRATEGIA DE LA COMPAÑÍA Y ROL DESEMPEÑADO

Brinsa S.A como uno de los jugadores más importantes en el mercado de Cuidado Hogar en Colombia es consciente de su compromiso con la sociedad. Dado lo anterior, su misión con la marca Blancox es ser la solución completa de limpieza, desinfección y cuidado de la ropa en los hogares. Desde el negocio de Cuidado Hogar, la compañía siente el deber que cada uno de los consumidores tenga acceso a productos de excelente calidad y de la manera más fácil posible, generando no solo bienestar sino también contribuyendo al desarrollo del entorno. Su objetivo para el año 2025 se está trabajando para consolidar el liderazgo rentable del negocio, siendo Blancox la marca comercial número uno y Brinsa el mayor fabricante de marcas propias en el país.

Para lograr estos objetivos el área de Investigación, Desarrollo e Innovación cumple un rol muy importante, ya que es el área encargada del desarrollo, rentabilización y homologación de materias primas en los productos de Cuidado del Hogar.

El Auxiliar de I+D+i tiene como misión apoyar estos procesos de innovación, investigación y desarrollo para las categorías de productos de higiene doméstica, limpieza y desinfección para satisfacer las necesidades de los consumidores y sorprenderlos gratamente.

Dentro de las funciones de los auxiliares se encuentra:

- Preparación de fórmulas de línea (Higiene doméstica) que corresponden a procesos de reformulación, homologación de materias primas, a nivel laboratorio bajo los procedimientos vigentes
- Seguimiento y control del laboratorio de estabildades de productos de Higiene doméstica para las condiciones de estabilidad como Cámara 40°C y 75%HR, Nevera 4°C, Horno 60°C, Anaquel 25°C, Intemperie 2-30°C y Cámara de Luz.
- Ejecución de análisis fisicoquímicos (pH, densidad, viscosidad, ingredientes activos, humedad, dureza, entre otros) para las fórmulas de línea (Higiene doméstica) bajo los fundamentos de técnicas analíticas.
- Evaluación de productos bench o líderes del mercado para las categorías de Higiene doméstica, en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas, nivel de desempeño, funcionalidad, y estabilidad.

Estas actividades permiten el conocimiento del mercado desde la parte fisicoquímica del producto, permitiendo así el desarrollo de productos competentes y de excelente calidad que cumplan con

los estudios correspondientes que garanticen su funcionalidad y su tiempo de vida útil dentro del mercado.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Brinsa S.A es una compañía reconocida en el sector del cuidado hogar con su marca “Blancox”, según Euromonitor, en el año 2022 fue identificada como la marca más vendida en cuidado del hogar en Colombia, con un portafolio de productos tales como blanqueadores, detergentes, desmanchadores de ropa y lavalozas, siendo este último, el producto de interés para este estudio. La compañía, al pertenecer al sector de cuidado hogar tiene una alta demanda de tensoactivos en su producción diaria, por esto, se busca reducir el consumo de estas materias primas sin disminuir la eficiencia y desempeño del producto final, siendo esto posible mediante la sinergia que pueden existir entre los tensoactivos más utilizados: Alfa Olefin Sulfonato de Sodio (AOS), Lauril éter Sulfato de Sodio (LESS), Ácido Sulfónico y Betaína, por esta razón, se identifica la necesidad de conocer las concentraciones en las cuales los tensoactivos trabajan de manera sinérgica para mejorar su funcionalidad, reduciendo así la cantidad de insumos utilizados y de esta manera optimizando los recursos, de tal forma que permitan comercializar productos innovadores, funcionales, accesibles y sostenibles.

3.1 Pregunta general

¿Cuál sinergia de tensoactivos es la adecuada para aumentar el desempeño de productos lavalozas teniendo en cuenta la optimización de costos en la reformulación de producto?

3.2 Preguntas específicas

1. ¿Cuál es la concentración adecuada de tensoactivos para obtener un mejor desempeño en productos de limpieza en el sector de cuidado hogar teniendo en cuenta la factibilidad económica y la estabilidad del producto?
2. ¿Cuáles son las variables por considerar para definir la vida útil del producto desarrollado?
3. ¿El producto diseñado a nivel laboratorio es manufacturable a nivel industrial?
4. ¿Qué requerimientos regulatorios son necesarios para comercializar el producto en Colombia y el soporte de las proclamas de etiqueta?

Los tensoactivos tienen un amplio campo de acción a nivel industrial en los sectores de alimentos, limpieza doméstica, cosméticos, textil, entre otras. Se aplican a la síntesis química, emulsificación, limpieza, dispersión y control de la forma de materiales como óxidos metálicos y polímeros [2]. Los tensoactivos pueden clasificarse de acuerdo al tipo de carga del grupo hidrofílico en disolución acuosa, por lo que se conocen tres tipos de tensoactivos: iónicos, dentro de los cuales se encuentran

los tensoactivos aniónicos y catiónicos; los tensoactivos no iónicos y, por último, los tensoactivos anfotéricos. La producción de los surfactantes aniónicos representa alrededor del 55% de los surfactantes producidos anualmente en el mundo, debido a su excelente capacidad de limpieza y la relación eficacia-precio. [3]

Los tensoactivos aniónicos constituyen una fuente importante de deterioro de la calidad de aguas superficiales y subterráneas, estos compuestos inhiben la degradación biológica de otras sustancias presentes en el agua, disminuyen la capacidad de autodepuración y alteran las concentraciones de azufre, fósforo y nitrógeno que pueden generar, por ejemplo, procesos de eutrofización [4]. Este fenómeno acelera el crecimiento de plantas acuáticas y ciertas especies animales que consumen oxígeno disuelto y hacen que sus niveles sean menores a los necesarios para la vida de especies animales y vegetales. Por esta razón, se realizó la reformulación de un producto que dió cumplimiento al objetivo de desarrollo sostenible 6.3 el cual determina que para el 2030 se busca mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos [5], teniendo en cuenta la reglamentación nacional existente sobre la biodegradabilidad entre el 60%-70% de los tensoactivos presentes en detergentes y jabones.

En la actualidad, el lavaloz líquido “Lozacrem humectante” contiene una carga de tensoactivos en su formulación de alrededor del 17% aportando cerca del 50% del costo de la fórmula del producto, por consiguiente, se identifica la necesidad de reducir el porcentaje de tensoactivos presentes sin que se vea afectado su desempeño, siendo esto posible mediante la identificación de sinergias que permitan incrementar o mantener su desempeño como producto de limpieza y eliminación de grasa en los utensilios de cocina, empleando un menor porcentaje de cada tensoactivo en la formulación y logrando a su vez una reducción de costos en la producción del producto terminado.

Mediante la identificación de la sinergia óptima, se busca aumentar la eficiencia del producto reduciendo la cantidad de tensoactivos usados en la reformulación, logrando así, cumplir con el objetivo de desarrollo sostenible 12.4 enfocado a la producción y consumo responsable, el cual suscribe: de aquí a 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente [5]

3.3 Delimitación

La producción de los tensoactivos depende directamente de las propiedades que estos otorgan, siendo las más demandadas aquellas sustancias que tienen un mayor rango de aplicación. Por lo tanto, los tensoactivos no iónicos y los tensoactivos aniónicos son por este orden, los que se producen en mayor cantidad.

Según Mordor Intelligence para el año 2019, el segmento de jabones y detergentes ocupa la mayor participación en el mercado latinoamericano de surfactantes, representando más de la mitad de la participación, puesto que las formulaciones comerciales de productos de limpieza están constituidas por una mezcla de uno o varios tensoactivos, principalmente aniónicos.

Brinsa S.A al ser una compañía del sector del Cuidado del Hogar tiene un alto consumo de estas materias primas, los productos en promedio contiene entre un 2 – 20% en peso de tensoactivos, siendo el Ácido Sulfónico, Lauril éter Sulfato de Sodio, Alfa Olefin Sulfonato de Sodio y betaína los más utilizados en las formulaciones, por esto, se identifica la necesidad de reconocer las concentraciones en las cuales se obtiene una mayor sinergia de las materias primas con el fin de optimizar los recursos y el costo, principalmente del producto “Lavalozza líquido Lozacrem Humectante” en el cual se realizó la reformulación basada en los resultados del diseño de experimentos teniendo en cuenta el escalamiento a nivel piloto en la compañía BRINSA S.A ubicada en el municipio de Cajicá en el departamento de Cundinamarca en Colombia.

3.4 Objetivos

3.4.1 Objetivo General

Analizar las sinergias entre los tensoactivos: Betaína, Alfa Olefin Sulfonato de Sodio (AOS), Lauril éter Sulfato de Sodio y Ácido Sulfónico, que permita mejorar el desempeño de un lavalozza líquido optimizando recursos y costos a nivel industrial.

3.4.2 Objetivos Específicos

1. Ejecutar un diseño de experimentos con las posibles sinergias de tensoactivos que permitan aumentar el desempeño del producto, usando un menor porcentaje de materia prima.
2. Reformular el producto aplicando el resultado obtenido del diseño de experimentos de sinergia, teniendo en cuenta la estabilidad y el costo de este.
3. Realizar escalamiento a nivel industrial mediante pruebas piloto.
4. Compilar la documentación técnica/legal que cumpla con los requisitos exigidos ante el INVIMA para la comercialización del producto terminado.

4. MARCO REFERENCIAL

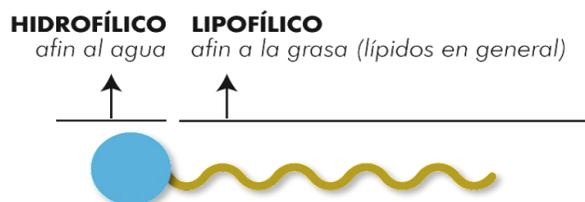
4.1 Marco conceptual

4.1.1 Tensoactivos

Los tensoactivos, también llamados surfactantes, son sustancias que disminuyen el coeficiente de tensión superficial y se caracterizan por ser moléculas anfipáticas o anfifílicas (cuentan con un grupo lipofílico y otro hidrofílico), Figura 1. El segmento hidrófobo (o apolar) presenta afinidad por disolventes orgánicos o apolares y corresponde frecuentemente a una cadena hidrocarbonada de tipo alquilo o alquil benceno, de longitud variable. El segmento hidrofílico (o polar), se caracteriza por mostrar atracción hacia disolventes polares, principalmente el agua y puede ser formada por átomos de oxígeno, azufre, fósforo o nitrógeno, incluidos grupos funcionales como alcoholes, tioles, ésteres. Éteres, ácidos, amidas, etc. [6]

Figura 1

Esquema de un tensoactivo



Nota. Esquema general de un tensoactivo. Tomado de: Academia del rizo. S.F. Qué son los tensoactivos . [En línea]:

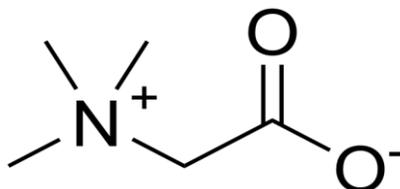
<https://academiadelrizo.com/2021/11/tensioactivos-que-son-como-funcionan-y-como-identificarlos/> [Acceso: jun. 20, 2023]

4.1.2 Betaína

La betaína, también conocida como N,N,N-trimetilglicina, es un derivado del aminoácido esencial glicina. Es un compuesto anfotérico que contiene simultáneamente un grupo positivo y un grupo negativo, sus propiedades de solubilidad, extracción y adsorción dependen principalmente del pH del medio. La betaína tiene una gran humectabilidad, buena biodegradabilidad, capacidad antimicrobiana, estabilidad térmica y tolerancia a la sal. [7]

Figura 2

Estructura de la Betaína



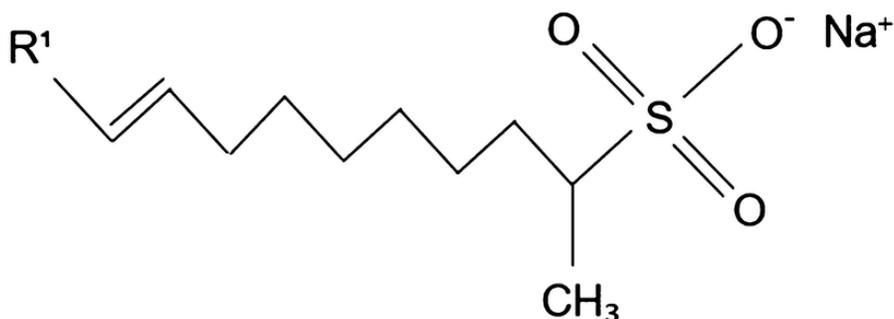
Nota. Fórmula estructural de la Betaína

4.1.3 Alfa Olefin Sulfonato de Sodio (AOS)

Tensioactivo aniónico que se obtiene por reacción del trióxido de azufre con alfa-olefinas lineales. Su aplicación principal radica en detergentes líquidos para lavado a mano de vajillas, formulaciones cosméticas y detergentes líquidos para tocador. [8]

Figura 3.

Estructura de Alfa Olefin Sulfonato de Sodio



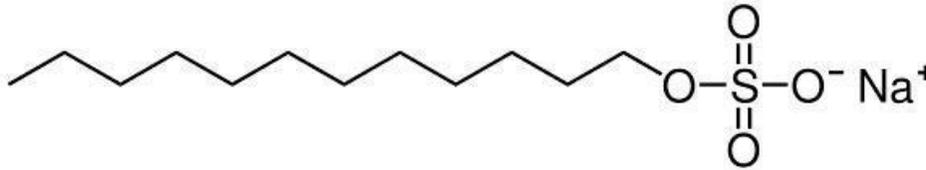
Nota. Fórmula estructural de Alfa Olefin Sulfonato de Sodio

4.1.4 Lauril éter Sulfato de Sodio

También llamado LESS, el lauril éter sulfato de sodio es un tensioactivo aniónico ampliamente utilizado en productos de higiene y productos desinfectantes (detergentes de limpieza del hogar). Su uso ha sido motivado por sus propiedades detergentes, humectantes, espumantes, emulsionantes y solubilizantes. La parte lipofílica normalmente está conformada por una cadena de 12 a 14 átomos de carbono y la parte hidrofílica está conformada por el grupo sulfato. [9]

Figura 4.

Estructura de Lauril éter Sulfato de Sodio



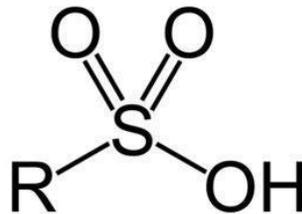
Nota. Fórmula estructural de Lauril éter Sulfato de Sodio

4.1.5 Ácido Sulfónico

El Ácido Sulfónico Lineal también conocido por sus siglas en inglés como LABSA (Ácido Alquil Benceno Sulfónico Lineal), es el surfactante más utilizado en el mercado mundial, es un ácido fuerte obtenido del proceso de sulfonación de alquiláteros lo que le brinda propiedades de biodegradabilidad, es ampliamente utilizado en detergentes líquidos. [10]

Figura 5.

Estructura de Ácido Sulfónico



Nota. Fórmula estructural del ácido sulfónico

4.1.6 dE^*

La Comisión Internacional de Iluminación (CIE) abordó la necesidad de cuantificar la diferencia de color en 1976, estableciendo el concepto de Delta E (ΔE). El término delta procede del símbolo matemático utilizado para indicar el cambio en una variable o función, y la letra E hace referencia a la palabra alemana Empfindung, que significa sensación. [11]

4.1.7 Estabilidad

La estabilidad es la capacidad de un producto para mantener las características fisicoquímicas señaladas y aceptadas en las especificaciones de un producto terminado, hasta la fecha de expiración bajo condiciones de almacenamiento y material de envase –empaque autorizado. [12]

4.1.8 Estudio de Estabilidad

Conjunto de pruebas y ensayos a los que se somete un producto, en condiciones preestablecidas, que permitirá predecir o establecer su período de eficacia, según sea acelerado o a tiempo real. [12]

4.1.9 Estudio de Estabilidad Acelerado

Estudio de estabilidad diseñado y realizado utilizando condiciones de almacenamiento severas de temperatura y humedad, con el objetivo de incrementar la velocidad de degradación química o los cambios físicos, en un menor período de tiempo que el propuesto, y así predecir el período de vida útil bajo condiciones normales de almacenamiento. [12]

4.1.10 Detergencia

La detergencia es una propiedad que permite determinar la capacidad de limpieza o remoción de suciedad que tiene una solución detergente. [13]

4.1.11 Telas EMPA

Las telas EMPAS son telas preparadas con diferentes tipos de agentes “ensuciantes” en proporciones definidas lo que les da la característica de “patrón” de manchado. Tales agentes pueden ser entre otros: aceite de oliva, carbón activado, pigmentos, grasas, etc. [14]

4.2 Marco teórico

Una molécula surfactante se conforma de dos estructuras: polar (hidrofílica, lipofóbica u oleofóbicos) y no polar (hidrofóbicos, lipofílicos u oleófilos). El grupo hidrófilo hace que el tensioactivo sea soluble en disolventes polares como el agua. El grupo hidrófobo hace que el tensioactivo sea soluble en disolventes no polares y aceite.

Para que un compuesto sea calificado como surfactante, debe mostrar actividad superficial. Es decir que cuando el compuesto se agrega a un líquido a baja concentración, debería poder adsorberse en la superficie o interfaz del sistema y reducir el exceso de energía libre superficial o interfacial. La superficie es un límite entre el aire y el líquido y la interfaz es un límite entre dos fases inmiscibles (líquido-líquido, líquido-sólido y sólido-sólido).

La tensión superficial es una propiedad termodinámica. y se puede medir a temperatura y presión constantes y su valor representa la actividad de los tensoactivos comúnmente se relaciona con cambios de la tensión superficial de los líquidos.

Debido a esto, al aumentar la concentración de los surfactantes, se ocasiona la formación de micelas (soluciones coloidales), generando cambios repentinos en las propiedades de la solución. La concentración correspondiente a dicha micelación, se conoce como la concentración micelar crítica (CMC). [13]

4.3 Marco legal

Los ministerios de Salud y Protección social y Ambiente y Desarrollo Sostenible, adoptaron la Resolución 1770 del cuatro de mayo de 2018, con el fin de proteger la diversidad e integridad del ambiente y salud humana, el 3 de mayo de 2016 expedieron la Resolución 0689, por la cual se adopta el reglamento técnico que establece los límites máximos de fósforo y la biodegradabilidad de los tensoactivos presentes en detergentes y jabones.

Por tanto, está prohibida la fabricación, importación, distribución y comercialización de productos que superen dichos porcentajes. A partir de la fecha de vigencia del reglamento, los productores o comercializadores solo podrán producir detergentes y jabones con un contenido de fósforo menor o igual al 3 % (equivalente a 6,9 % de pentóxido de fósforo), y para enero del 2018 el valor máximo definido será del 0,65 % de fósforo (equivalente a 1,5% de pentóxido de fósforo). Por otra parte, deberán contener agentes tensoactivos que cumplan entre el 60% y el 70% de biodegradabilidad aerobia final, conforme a los métodos 301 y 310 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) o sus equivalentes en la Unión Europea (UE) o en las normas ISO o en las normas de la Agencia de Protección Ambiental de EE UU (US-EPA).

5. DISEÑO METODOLÓGICO

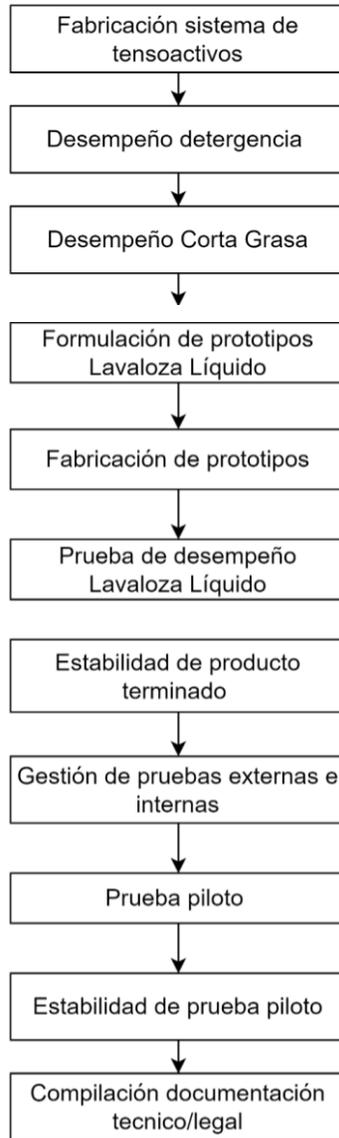
La metodología con la cual se llevó a cabo este proyecto, consiste en una fase inicial en donde se realizó la identificación de sinergias, para lo cual se realizó un diseño de experimentos de tipo mezclas, teniendo en cuenta los tensoactivos más utilizados en los diversos productos fabricados por la compañía, así como sus porcentajes de uso, esto con el fin de que las sinergias puedan ser aplicadas en diversas categorías de producto; una vez se determinaron las composiciones que cumplen con el costo objetivo se procedió a fabricar cada sistema de tensoactivos por triplicado, cada prototipo fabricado fue sometido a las pruebas de desempeño: Detergencia y poder corta grasa, con el fin de evidenciar la capacidad de remoción de suciedad y poder desengrasante con respecto a la cantidad de ingrediente activo existente en cada formulación.

Una vez identificadas las sinergias existentes, se realizó la reformulación del Lavalozza Líquido Humectante, modificando los porcentajes de los tensoactivos conforme a la sinergia empleada, obteniendo tres prototipos que fueron fabricados y evaluados junto con la formulación actual, mediante pruebas de desempeños correspondientes al producto Lavalozza, siendo estos: Poder Corta grasa y columna de espuma.

Al definir la fórmula con la cual se continuará el proyecto de reformulación, se realizaron pruebas de estabilidad con el fin de verificar la conformidad del producto a través del tiempo en diversas condiciones de temperatura y humedad, al verificar la estabilidad del producto, se llevó a cabo la prueba piloto que permite evidenciar que el producto es manufacturable y estable a escala piloto. Al contar con una fórmula estable y manufacturable se procedió a realizar la compilación de la documentación técnica y legal que permite notificar al ente regulatorio sobre las modificaciones realizadas a la formulación, junto con los soportes técnicos de las proclamas y la conformidad legal del producto.

Figura 6.

Esquema diseño metodológico



Nota. Esquema de la metodología para el desarrollo del proyecto

5.1.1 Identificación de sinergias

Se realizó un diseño de experimentos tipo mezclas, en el cual se tienen 4 componentes: Betaína en solución con Agua e hidróxido de sodio, Alfa Olefin Sulfonato de Sodio (AOS), Lauril Éter Sulfato de Sodio y Ácido Sulfónico. Debido a que la suma de los componentes de la mezcla debe ser igual al 100% se realizó una compilación de las fórmulas en las cuales se encuentran presentes estas

materias primas con el fin de poder emplear el diseño de experimentos en diversos productos, a partir de esta compilación se determinó el porcentaje mínimo y máximo de uso de cada uno de los componentes de las mezclas en las fórmulas actuales de la compañía, como se evidencia en las ecuaciones:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 100\% \quad (1)$$

$$2\% < X_1 < 9\% \quad (2)$$

$$8\% < X_2 < 18\% \quad (3)$$

$$1\% < X_3 < 10\% \quad (4)$$

$$63\% < X_4 < 89\% \quad (5)$$

Dónde:

X_1 = Ácido Sulfónico

X_2 = Lauril éter Sulfato de Sodio

X_3 = Alfa Olefin Sulfonato de Sodio

X_4 = Betaína (3,25%) + Hidróxido de sodio + Agua

Debido a que la Betaína tiene un porcentaje de uso que no varía en las diversas formulaciones, se decide mantener el porcentaje constante; el hidróxido de sodio es requerido para realizar la neutralización del ácido sulfónico, por lo que la cantidad de hidróxido de sodio dependerá del porcentaje en el que se encuentre el ácido, por último, se utilizará la cantidad de agua requerida para completar el 100% de la mezcla.

Teniendo en cuenta que se desea optimizar el costo de la formulación, la variable de restricción es el costo, aquellas mezclas que cuenten con un costo mayor en comparación al costo actual no se tendrán en cuenta, se limita el diseño de experimentos a aquellas mezclas que cuenten con un costo igual o menor al existente.

El diseño de experimentos cuenta con 3 variables independientes y cada una de ellas tiene 5 niveles dentro de los rangos establecidos anteriormente, obteniendo 125 combinatorias, debido a la restricción mencionada, se descartaron 113 combinatorias, quedando así un diseño de experimentos de 12 prototipos.

Las variables dependientes del diseño de experimento de mezclas son el costo y el desempeño. El desempeño se determinará mediante dos pruebas: detergencia y poder corta grasa.

5.1.2 Prueba de Detergencia

La prueba de detergencia está basada en la ASTM D 4265 – 21 “Standard Guide for Evaluating Stain Removal Performance in Home Laundering” [15] y consiste en determinar la variación de color (dE^*) después del lavado de las telas EMPA con los prototipos a evaluar, esto, mediante el uso de un colorímetro.

Se realizó el lavado de 8 telas “EMPA” las cuales cuentan con una composición y mancha estandarizada, las EMPAS utilizadas en la prueba de detergencia se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.

Composición de telas EMPA

Codificación	Descripción	Clasificación
EMPA 116	Algodón manchado con Sangre / Huevo-Leche / Tinta	Proteína
EMPA 117	Poliéster / Algodón (65/35) manchado con Sangre / Huevo-Leche / Tinta	Proteína
EMPA 161	Algodón manchado con Almidón	Almidón
EMPA 162	Poliéster / Algodón (65/35) manchado con Almidón	Almidón
EMPA 101	Algodón manchado con Aceite de Oliva / Carbón negro	Detergencia
EMPA 104	Poliéster / Algodón (65/35) manchado con Aceite de Oliva / Carbón	Detergencia
CS-44	Algodón manchado con bebida de chocolate	Compleja
EMPA 114	Algodón manchado con Vino Tinto	Oxidable

Nota. Tabla que describe la composición y material de las telas EMPAS empleadas en las pruebas de desempeño.

El lavado de las telas se realizó por triplicado en el tergotómetro, equipo que simula el movimiento de una lavadora convencional con una temperatura controlada de 25°C.

Ciclo de lavado:

En cada recipiente del tergotómetro se adiciona 1 L de agua dura 100 ppm.

Se realizó una disolución del prototipo a evaluar al 2% p/p, posteriormente, se adicionó al recipiente del tergotómetro 80 mL de alícuota del producto en evaluación, se realizó la homogeneización del total de la mezcla estableciendo un tiempo de agitación de 2 minutos a 80 RPM.

Finalizado el tiempo de homogeneización se deben incorporar las telas previamente medidas en el colorímetro mediante el método de reflectancia, permitiendo la agitación de las telas durante 5 minutos a 80 RPM.

Una vez se cumplen los 5 minutos de agitación se detuvo por completo la agitación y se dejó en reposo durante 10 minutos. No se generó agitación durante los 10 minutos establecidos.

Una vez culminado el ciclo de remojo, se inició un nuevo proceso de lavado durante 15 minutos a 80 RPM. Finalizado este proceso de lavado se retiraron los recipientes del equipo y se retira la solución acuosa restante, se retornan los recipientes al equipo y se adiciona 1 Litro de agua dura 100 ppm para realizar proceso de enjuague, las telas no se enjuagaron con algún tipo de líquido distinto. Este proceso se ejecutó por 5 minutos a 80 RPM.

Posterior al lavado, las telas se secan en la sombra al aire libre durante aproximadamente 24 horas, luego, se realizó la lectura de color teniendo en cuenta la lectura inicial de cada tela, obteniendo así, la variación de color (dE*).

5.1.3 Prueba de poder corta grasa

La segunda prueba de desempeño en la que se evaluará el sistema de tensoactivos es la de poder corta grasa, la cual, consiste en determinar la cantidad de grasa que soporta la carga de tensoactivos para su remoción, para este desempeño, se utiliza una grasa estandarizada por la compañía, la cual está compuesta por diversos tipos de grasas, animal, vegetal y láctea, en la Tabla 2 se muestran las materias primas empleadas para la elaboración de dicha grasa.

Tabla 2.

Composición grasa estandarizada

MATERIA PRIMA	%m/m
Leche en Polvo	30% - 40%
Aceite de cocina	10% - 20%
Mantequilla	10% - 20%
Puré de Papa en polvo	10% - 20%
Agua Desmineralizada	25% - 35%
TOTAL	100%

Nota. Tabla que describe la composición y la grasa empleada en las pruebas de desempeño.

Una vez se realizó la grasa, ésta se dividió en esferas de aproximadamente 0,5 g +/- 0,1 g; para facilidad de la prueba se adicionaron en platos de aluminio para termobalanza. Una vez los platos estaban llenos de esferas de grasa, se pesaron, esto con el fin de identificar la cantidad de grasa gastada una vez culmine la prueba. Cada recipiente del equipo debe tener un plato diferente.

Para la ejecución de la prueba, el tergotómetro se ajustó a una temperatura de 40°C.

En cada recipiente del tergotómetro se adicionaron 800 mL de agua dura, junto con una alícuota de 80 mL de solución al 1% del producto a evaluar.

Una vez se cuentan con las esferas pesadas y las soluciones en los recipientes del equipo, se agitó durante 2 minutos a 130 RPM, posteriormente, se redujo la velocidad a 60 RPM y se inició con el proceso de adición de una esfera cada 30 segundos, este proceso se realizó hasta el momento en el que la espuma generada en cada recipiente desapareció en su totalidad. Cuando el recipiente ya no presentó espuma, se pesó el plato de aluminio con las esferas restantes, de esta manera se realizó la diferencia de pesos, determinando la cantidad de grasa requerida para cortar la espuma generada por cada producto.

5.1.4 Prueba columna de espuma

La espuma juega un rol importante en la percepción del usuario, ya que se asocia al poder de limpieza del producto, es por esto por lo que el producto terminado debe ser sometido a esta prueba de desempeño. La prueba de columna de espuma es realizada con el fin de determinar la capacidad

espumante de un producto y está basada en la ASTM D 1173 – 53 “Standard Test Method for Foaming Properties of Surface-Active Agents” [16] y consiste en dejar caer de manera libre una solución del producto a evaluar a una altura determinada sobre un recipiente que permita la medición del nivel que ocupa la espuma.

5.1.5 Aplicación del Modelo I+D

- **Reformulación y Estabilidad**

Debido a que el producto ya se encuentra en el mercado, se tomó la formulación existente y se modificaron los porcentajes de las materias primas de acuerdo con el resultado del diseño de experimentos realizado, una vez se realizaron las diversas propuestas de fórmula, se realizó la fabricación de estos prototipos a nivel laboratorio y se verificó el cumplimiento de las variables establecidas para el producto.

Una vez se eligió el prototipo con mayor viabilidad, se ingresó a un estudio de estabilidad acelerada, el cual consiste en ingresar el producto durante un tiempo determinado en 4 condiciones diferentes: 4°C, 40°C/HR 70%, Intemperie y Anaquel, esto con el fin de incrementar la velocidad de degradación química o los cambios físicos que pueda llegar a presentar el producto desarrollado. Inicialmente, el prototipo se somete a una estabilidad preliminar, la cual tiene un tiempo de duración de 30 días y una frecuencia de análisis semanal. El análisis consistió en la evaluación de las características organolépticas y fisicoquímicas del producto, tales como apariencia, olor, pH, viscosidad, densidad, sólidos totales e ingrediente activo, los cuales no deben tener variaciones drásticas durante el estudio.

5.1.6 Análisis Fisicoquímico

- **pH**

El pH determina el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia, este parámetro es de suma importancia en los productos en los cuales se van a tener un contacto directo con la piel, puesto que puede causar algún tipo de alergia o irritación al usuario. El análisis de pH se lleva a cabo con el pH-metro de sobremesa marca Mettler Toledo, para el lavalozas líquido este parámetro debe encontrarse en el rango de 7-8,5.

- **Viscosidad**

Para la determinación de la viscosidad se emplea el viscosímetro brookfield modelo DV2T junto con un baño termostático que garantiza una temperatura de 20°C, otras variables importantes en consideración, son el tiempo de medición el cual es de 3 min por muestra; el torque, el cual debe

estar en un rango de 70% - 80% y se realizó la medición con la aguja número 31; estas condiciones se definen con el fin de mantener las condiciones de medición para todas las muestras durante todo el estudio de estabilidad.

- **Densidad**

La medición de densidad del producto terminado se realiza en el densímetro de sobremesa Excellence de la marca Mettler Toledo, en el cual se inyecta la muestra y por medio de vibraciones realiza la medición de densidad, esto a una temperatura de 20°C

- **Ingrediente activo**

El ingrediente activo se determina mediante una titulación, para esto se emplea el Titulador Mettler Toledo Excellence T9, el agente titulante es la Hyamina con una concentración del 0.004M.

Una vez culminado el tiempo de estudio de estabilidad se realiza el análisis del comportamiento de las variables evaluadas durante el mes de evaluación, si las variables se mantienen estables durante el estudio es posible realizar la prueba piloto y evaluar el escalamiento del producto.

5.1.7 Documentación legal

La comercialización de un producto en Colombia se encuentra regulada por el Instituto Nacional De Vigilancia De Medicamentos Y Alimentos INVIMA, para esto es necesario allegar la documentación técnica del producto, junto con las proclamas que se declaran en la etiqueta junto con sus documentos que soporten los estudios realizados.

Debido a que el lavalozza líquido Lozacrem Humectante cuenta con la proclama de “humectante e hipoalergénico” se realiza un estudio de evaluación In Vitro en una compañía externa internacional.

Teniendo en cuenta que es un producto detergente, es importante cumplir con el reglamento técnico que establece los límites máximos de fósforo y la biodegradabilidad de los tensoactivos presentes en detergentes, esto se realiza en un laboratorio nacional certificado.

5.1.8 Escalamiento en planta piloto

Las pruebas piloto se realizaron en la planta de cuidado del hogar de la compañía Brinsa S.A, allí el producto es fabricado conforme a lo realizado en el laboratorio en tanques con una capacidad de 1500 L, en estas pruebas es importante verificar que el producto es manufacturable y cumple con lo previsto en los ensayos de laboratorio.

6. CRONOGRAMA

Tabla 3.

Cronograma de actividades

ACTIVIDAD	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				Cumplimiento
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	
Identificación de sinergias																									
Fabricación de prototipos	■	■	■	■																					100%
Desempeño Detergencia					■	■	■	■																	100%
Desempeño Corta Grasa						■	■	■	■	■	■														100%
Desarrollo de prototipos producto terminado																									
Construcción de matriz de requisitos									■	■															100%
Construcción Sabana de costos Inicial reformulación									■	■															100%
Formulación de prototipos producto terminado									■	■	■														100%
Fabricación de prototipos de producto terminado (PT)									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					100%
Prueba desempeño prototipos Lavalozza													■	■	■	■	■	■	■	■					100%
Hacer estabilidad PT (Preliminar 1 mes)																	■	■	■	■	■	■	■	■	100%
Prueba Hidratación en piel (interna)																		■	■	■					100%
Analizar datos de estabilidad y definir la propuesta para el negocio																		■	■	■					100%
Pruebas externas (Biodegradabilidad- Poder Bactericida- Humectación-Hipoalergenicidad)																				■	■	■	■		EN CURSO
Enviar correo de "Cierre de factibilidad de proyecto"																					■	■	■		100%
Aprobación de propuesta por parte de mercadeo																						■	■		100%
Desarrollo de producto																									
Go a desarrollo																							■	■	100%
Reunión de socialización de proyecto al equipo multifuncional (EMF)																							■	■	100%
Escalamiento a planta																									
Realizar solicitud y entrega de materiales para piloto																				■	■	■	■		100%
Realizar piloto Industrial																					■	■	■	■	100%
Estabilidad piloto																					■	■	■	■	EN CURSO
Recopilación documental																									
Actualización dossier legal																							■	■	100%

Nota. Tabla que describe las actividades y los tiempos empleados para la ejecución del proyecto.

7. PRESUPUESTO

Tabla 4

Presupuesto del proyecto

ITEMS	Costo unitario	Cantidad	TOTAL	FUENTE FINANCIADORA
Talento Humano				
Investigador	\$ 15.000,00	260 horas	\$ 3.900.000,00	Brinsa S.A
Asesor proyecto	\$ 30.000,00	48	\$ 1.440.000,00	Universidad de América
Asesor proyecto Brinsa S.A	\$ 40.000,00	100	\$ 4.000.000,00	Brinsa S.A
Total talento Humano	\$ 9.340.000,00			
Análisis fisicoquímicos				
pH	\$ 13.000,00	4	\$ 52.000,00	Brinsa S.A
Densidad	\$ 15.000,00	4	\$ 60.000,00	Brinsa S.A
Viscosidad	\$ 25.000,00	4	\$ 100.000,00	Brinsa S.A
dE*	\$ 25.000,00	288	\$ 7.200.000,00	Brinsa S.A
Ingrediente activo	\$ 25.000,00	4	\$ 100.000,00	Brinsa S.A
Total Análisis fisicoquímicos	\$ 7.512.000,00			
Insumos y reactivos				
EMPA 101	\$ 750.000,00	1 m2	\$ 750.000,00	Brinsa S.A
EMPA 104	\$ 769.114,00	1 m2	\$ 769.114,00	Brinsa S.A
EMPA 114	\$ 684.576,00	1 m2	\$ 684.576,00	Brinsa S.A
EMPA 116	\$ 728.873,00	1 m2	\$ 728.873,00	Brinsa S.A
EMPA 117	\$ 772.766,00	1 m2	\$ 772.766,00	Brinsa S.A
EMPA 161	\$ 361.452,00	50 cm * 60 cm	\$ 722.904,00	Brinsa S.A
EMPA 162	\$ 361.452,00	50 cm * 60 cm	\$ 722.904,00	Brinsa S.A
EMPA CS-44	\$ 707.137,00	1	\$ 707.137,00	Brinsa S.A
Celda de transmisión 10 MM	\$ 2.155.000,00	1	\$ 2.155.000,00	Brinsa S.A
Electrodo 9342 BN ORION SURFACT	\$ 6.050.000,00	1	\$ 6.050.000,00	Brinsa S.A
Electrodo de referencia de surfactantes	\$ 1.555.000,00	1	\$ 1.555.000,00	Brinsa S.A
Electrodo pH-metro Mettler Toledo	\$ 1.855.000,00	1	\$ 1.855.000,00	Brinsa S.A
Tritón	\$ 120.000,00	1	\$ 120.000,00	Brinsa S.A
Acido cítrico	\$ 90.000,00	1	\$ 90.000,00	Brinsa S.A
Total Insumos y reactivos	\$ 17.683.274,00			
Análisis Externos				
Biodegradabilidad Y Fosfatos	\$ 835.110,00	1	\$ 835.110,00	Brinsa S.A
Poder bactericida y fungicida	\$ 1.114.560,00	1	\$ 1.114.560,00	Brinsa S.A
Humectación	\$ 12.294.800,00	1	\$ 12.294.800,00	Brinsa S.A
Hipoalergenicidad	\$ 3.951.900,00	1	\$ 3.951.900,00	Brinsa S.A
Total Análisis Externos	\$ 18.196.370,00			
Total antes de imprevistos	\$ 52.731.644,00			
Imprevistos	5%			
Costo total del proyecto	\$ 55.368.226,20			

Nota. Tabla que describe los costos de los insumos, análisis y mano de obra empleados para la ejecución del proyecto.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

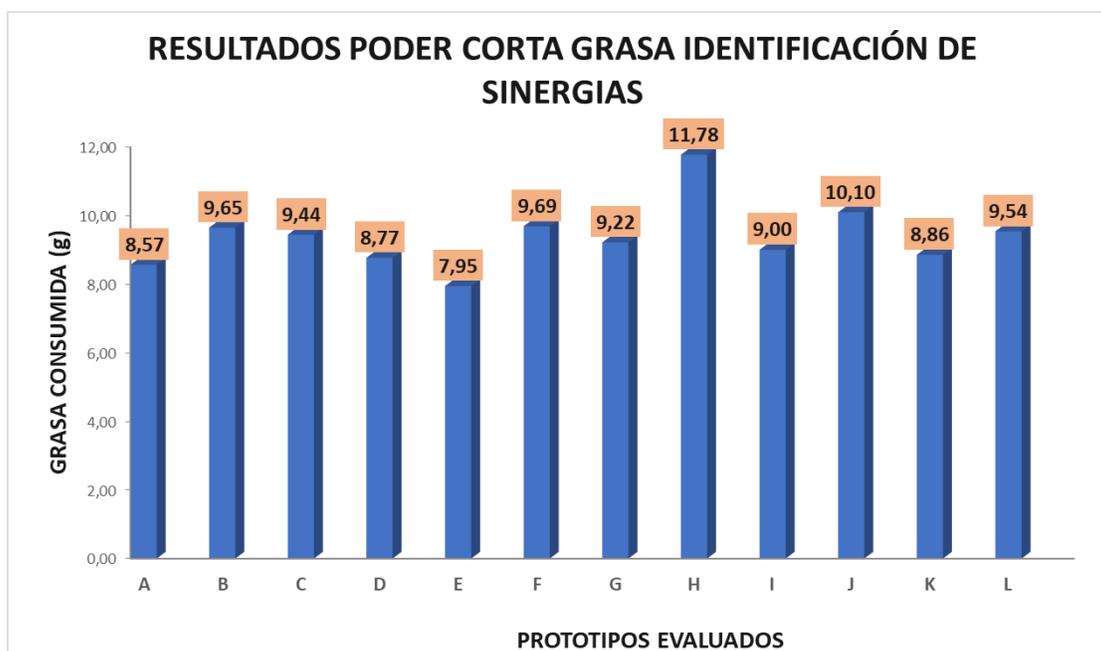
8.1 Identificación de sinergias

Al realizar el diseño de experimentos se eligen las fórmulas en las cuales el costo de los tensoactivos es menor o igual al actual, obteniendo así 12 propuestas, las cuales se fabricaron a partir del mismo lote de materias primas y se realizó la preparación y desempeño por triplicado, esto con el fin de reducir el error en las pruebas de desempeño.

Una vez se tienen los prototipos fabricados se procedió a realizar la prueba de poder corta grasa a cada prototipo fabricado bajo el procedimiento establecido en la compañía, en donde se evidencia que el sistema de tensoactivos H soporta una cantidad mayor de grasa, seguido de los prototipos J y F; en el anexo 1 se evidencian los resultados de la evaluación de prototipos.

Figura 7.

Resultados poder corta grasa Sinergias



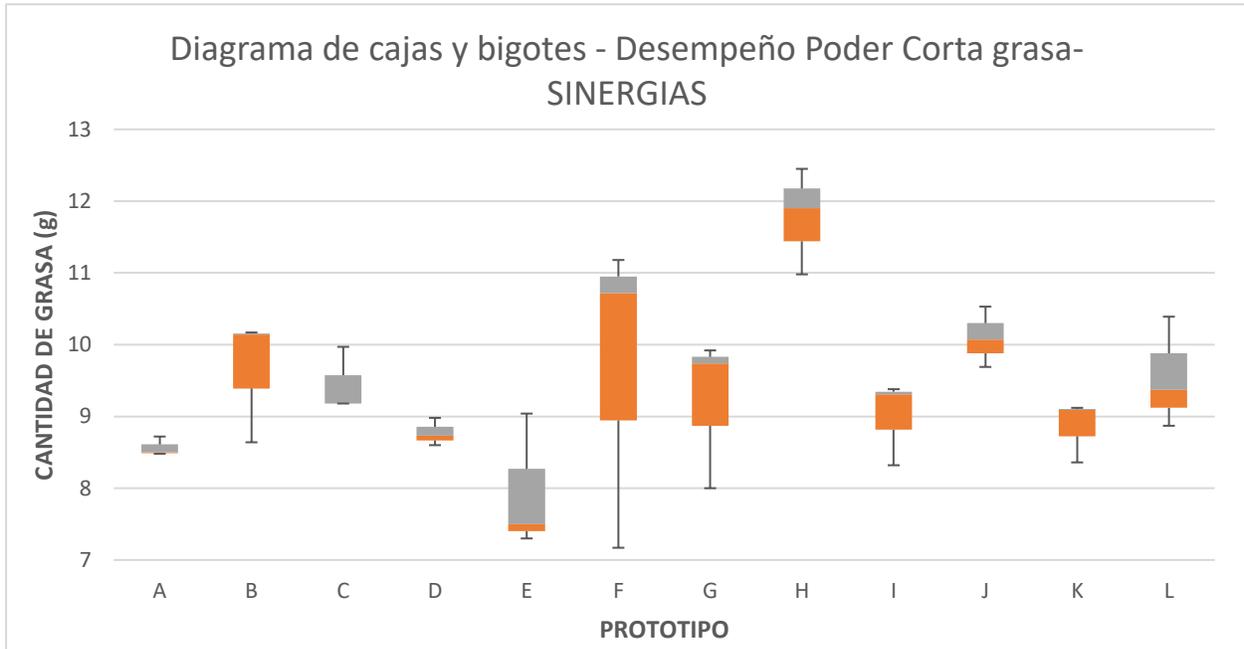
Nota. Resultados de la prueba de desempeño “Poder corta grasa” para la identificación de sinergias en las propuestas realizadas en el diseño de experimentos.

En la figura 8 se observa el diagrama de caja y bigotes para la prueba de desempeño de poder corta grasa, en donde se evidencia que el prototipo “F”. cuenta con una mayor dispersión de los datos

con respecto a los demás prototipos, por otro lado, el prototipo que cuenta con una menor dispersión de datos es el “A”.

Figura 8

Diagrama de caja y bigotes – Desempeño corta grasa



Nota. Diagrama de caja y bigotes para la identificación de valores máximos, mínimos y desviaciones de la prueba de desempeño “Poder corta grasa” para la identificación de sinergias en las propuestas realizadas en el diseño de experimentos.

Adicionalmente, se realiza el análisis de varianza “ANOVA” con el fin de determinar la varianza entre las medias obtenidas en los diversos grupos o fórmulas, donde la hipótesis nula indica que todas las medias son iguales y la hipótesis alternativa indica que al menos una es diferente.

En la tabla 5 se evidencian los resultados del análisis en donde se tiene que el valor crítico para F con un intervalo de confianza del 95% es de 2,216 y se obtiene un valor de F de 3,356, debido a que $F > \text{Valor crítico de F}$ la hipótesis nula se rechaza y se evidencia que hay diferencias estadísticamente significativas, por lo tanto hay efecto de las formulaciones en el resultado de los desempeños obtenidos.

Tabla 5

ANOVA Prueba poder corta grasa-Sinergias

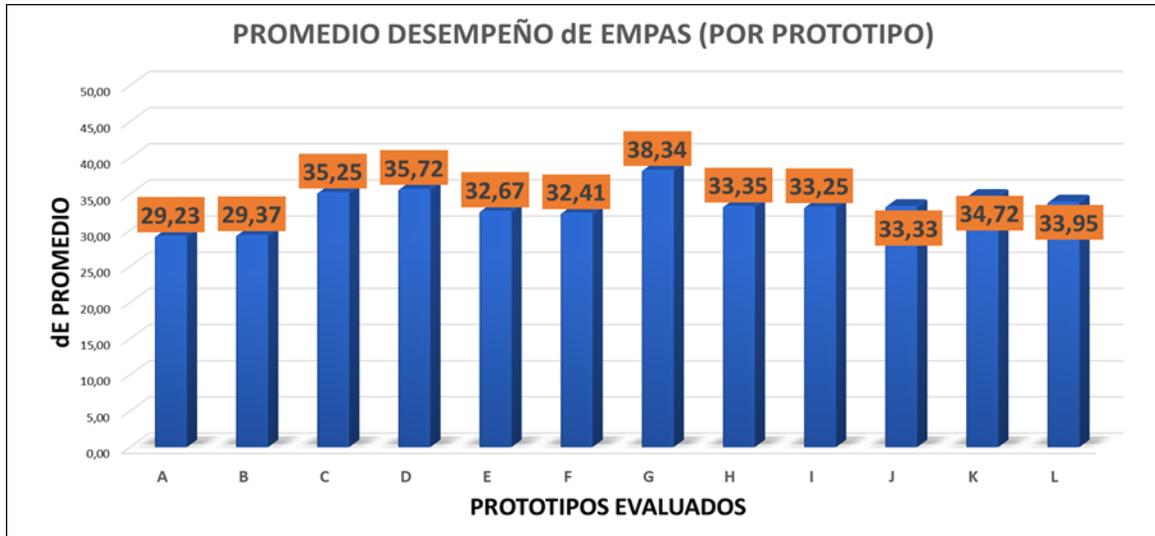
ANÁLISIS DE VARIANZA PRUEBA CORTA GRASA - SINERGIAS						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	29,960	11,000	2,724	3,356	6,355E-03	2,216
Dentro de los grupos	19,481	24,000	0,812			
Total	49,441	35,000				

Nota. Análisis ANOVA para la prueba de desempeño “Poder corta grasa” para la identificación de sinergias en las propuestas realizadas en el diseño de experimentos.

Adicionalmente, se realiza la prueba de detergencia que permitió identificar la capacidad de los prototipos para remover las manchas en las telas EMPA por medio de la medición del parámetro dE* analizado en el espectrofotómetro, obteniendo los resultados que se evidencian en el anexo 2 , en la figura 9 se observa que el prototipo G realizó una mayor remoción en los diversos tipos de manchas y telas evaluadas.

Figura 9

Resultados prueba de detergencia

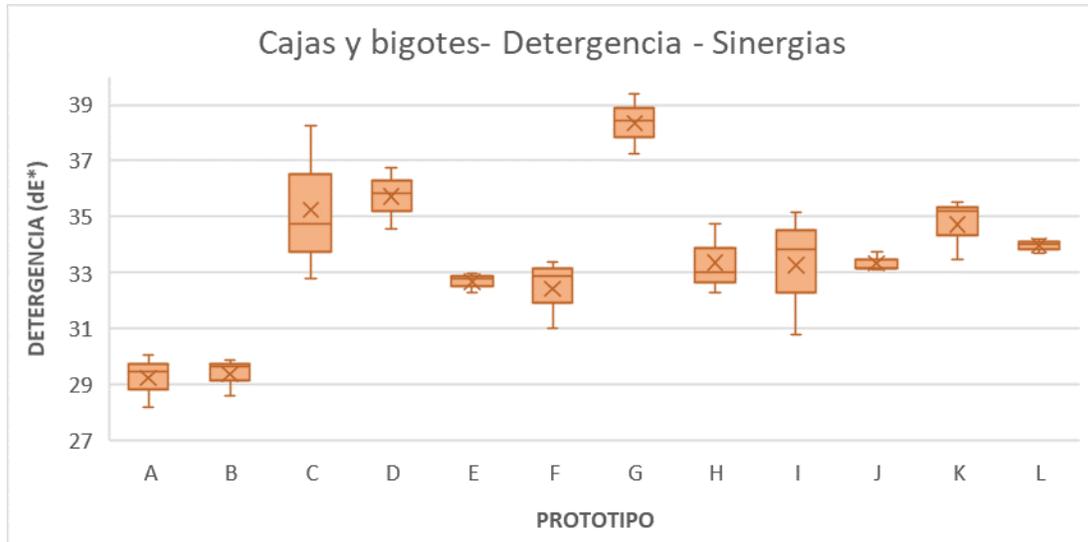


Nota. Resultados de la prueba de desempeño “Detergencia” para la identificación de sinergias en las propuestas realizadas en el diseño de experimentos.

En la figura 10 se observa el diagrama de caja y bigotes para la prueba de desempeño de poder corta grasa, en donde se evidencia que el prototipo “C”. cuenta con una mayor dispersión de los datos con respecto a los demás prototipos, por otro lado, el prototipo que cuenta con una menor dispersión de datos es el “L”.

Figura 10

Diagrama de caja y bigotes



Nota. Diagrama de caja y bigotes para la identificación de valores máximos, mínimos y desviaciones de la prueba de desempeño “Detergencia” para la identificación de sinergias en las propuestas realizadas en el diseño de experimentos.

En la tabla 6 se evidencian los resultados del análisis de varianza en dónde se tiene que el valor crítico para F con un intervalo de confianza del 95% es de 2,216 y se obtiene un valor de F de 10,833 debido a que $F > \text{Valor crítico de F}$ la hipótesis nula se rechaza y se evidencia que hay efecto de las formulaciones en el resultado de los desempeños obtenidos.

Tabla 6.

ANOVA Prueba Detergencia - Sinergias

ANÁLISIS DE VARIANZA PRUEBA DE DETERGENCIA SINERGIAS						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	211,305	11,000	19,210	10,833	7,908E-07	2,216
Dentro de los grupos	42,557	24,000	1,773			
Total	253,861	35,000				

Nota. Análisis ANOVA para la prueba de desempeño “Detergencia” para la identificación de sinergias en las propuestas realizadas en el diseño de experimentos.

Los resultados obtenidos basados en el diseño de experimentos de tipo mezcla se analizaron con un comité experto identificando diversas sinergias entre las materias primas utilizadas, esto mediante los criterios de: cantidad de tensoactivo y resultado de desempeño obtenido. A partir de esto, se realizó la comparación entre fórmulas con una cantidad de tensoactivo y desempeño equivalente y se validó cual es la materia prima que varía entre cada formulación para asegurar e identificar qué componente favorece la sinergia.

Con respecto a los resultados de la prueba de detergencia se identificó una sinergia que se ve favorecida por el porcentaje de LESS empleado en los prototipos B y C, debido a que el prototipo C cuenta con un mayor desempeño con respecto a B, empleando un menor porcentaje de ingrediente activo total. Adicionalmente, se evidencia una sinergia significativa en los prototipos C y H, ya que el prototipo C cuenta con un 5,22% menos de ingrediente activo total, sin embargo, su desempeño de detergencia es mayor. Esta sinergia se utilizó en el prototipo P1 de la reformulación del lavalozza líquido.

Las sinergias identificadas en el desempeño de poder corta grasa corresponden a los prototipos L en relación al prototipo I debido a que se tiene 1,2% menos de ingrediente activo, y 0,5 g más en desempeño, esta sinergia se favorece por el porcentaje presente de AOS. Esta sinergia se utilizó en el prototipo P2 de la reformulación del lavalozza líquido

El prototipo D cuenta con una sinergia frente al prototipo G, con un desempeño similar, pero usando un porcentaje de 1,5% menos de activo, esto gracias al Lauril éter Sulfato de Sodio. Esta sinergia se utilizó en el prototipo P3 de la reformulación del lavalozza líquido.

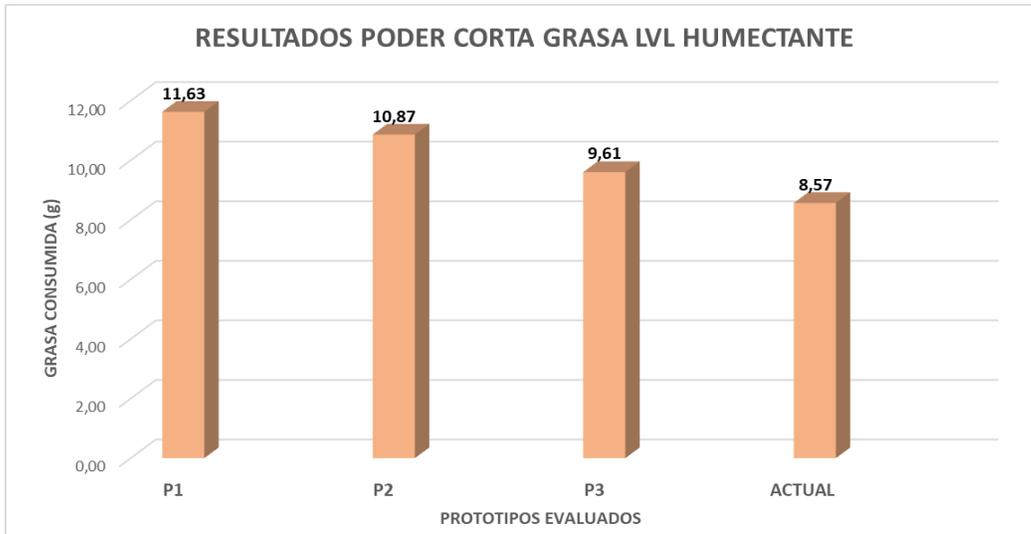
8.1.1 Reformulación de Lavalozza Líquido Humectante Blancos

A partir del análisis de sinergias, se realizó la reformulación del producto terminado, en el cual se desarrollaron tres propuestas utilizando la composición de los surfactantes en las cuales se identificó la mejora del desempeño y se modificaron en la fórmula existente.

Los prototipo P1 (Sinergia de LESS), P2 (sinergia de AOS) y P3 (Sinergia de LESS) fueron sometidos a pruebas de estrés preliminares, las cuales consistieron en colocar cada fórmula en nevera 4°C durante 24 horas, seguidamente se ingresó a cámara de estabilidad con una temperatura de 40°C y 70%HR durante 24 horas, se repitió este ciclo una vez más, al final del estrés se evidenció que las fórmulas no presentan cambios en sus características organolépticas, dando así, paso a la evaluación de desempeños por duplicado de los prototipos del producto terminado en comparación con la fórmula actual, obteniendo los resultados que se evidencia en la figura 11.

Figura 11.

Resultados poder corta grasa Lavalozza Humectante



Nota. Resultados para la prueba de desempeño “Poder corta grasa” realizada en las propuestas de reformulación del Lavalozza Líquido Humectante.

Tabla 7.

Resultado poder corta grasa Lavalozza Líquido

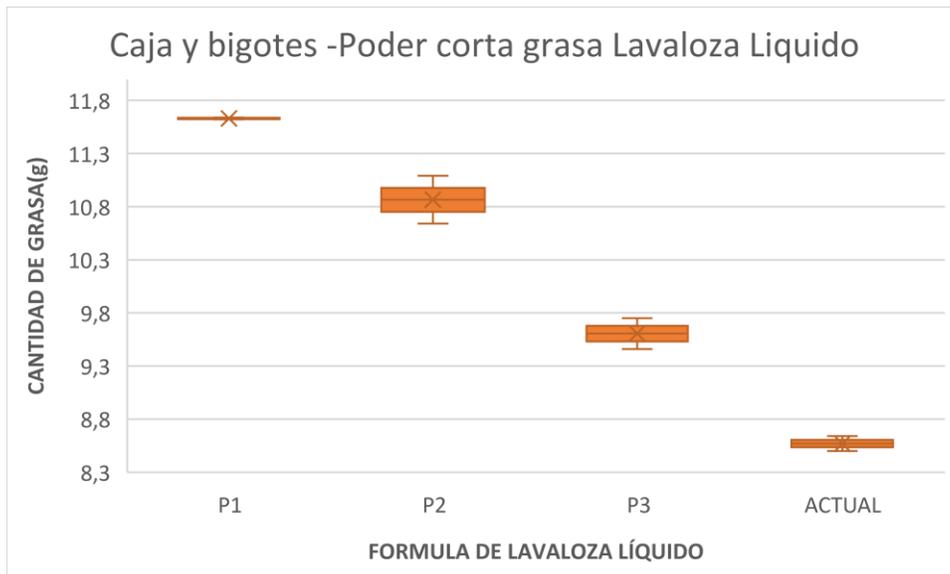
FÓRMULA	ENSAYO	PESO (g)		
		INICIAL	FINAL	DELTA
P1	R1	36,58	24,94	11,64
	R2	36,62	25,00	11,62
P2	R1	36,3	25,66	10,64
	R2	36,06	24,97	11,09
P3	R1	24,85	15,39	9,46
	R2	24,92	15,17	9,75
ACTUAL	R1	25,58	16,94	8,64
	R2	24,91	16,41	8,5

Nota. Resultados para la prueba de desempeño “Poder corta grasa” realizada en las propuestas de reformulación del Lavalozza Líquido Humectante.

En la figura 12 se observa el diagrama de caja y bigotes para la prueba de desempeño de poder corta grasa para el Lavalozza Líquido, en donde se evidencia que el prototipo “P2”. cuenta con una mayor dispersión de los datos con respecto a los demás prototipos, sin embargo, no se considera una desviación considerable.

Figura 12.

Diagrama de caja y bigotes poder corta grasa Lavalozza Líquido

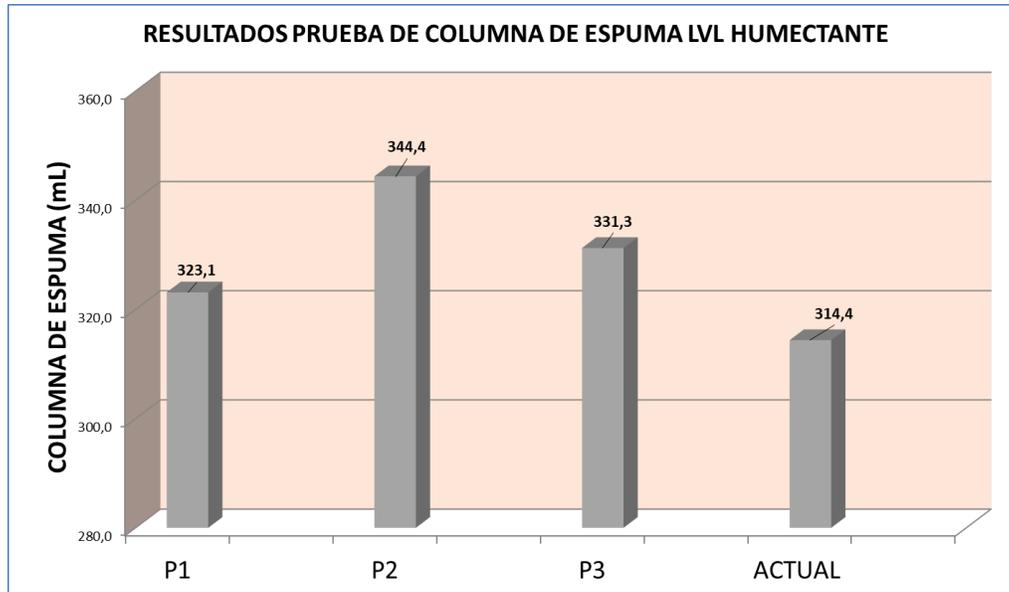


Nota. Diagrama de caja y bigotes para la identificación de valores máximos, mínimos y desviaciones de la prueba de desempeño “Poder corta grasa” realizada en las propuestas de reformulación del Lavalozza Líquido Humectante.

Al ser un producto para el lavado de loza, la espuma juega un papel primordial en la percepción del usuario, por lo tanto, es uno de los factores importantes a evaluar, éste desempeño se realizó comparando la altura de la espuma generada al dejar caer el producto diluido desde una posición establecida con un embudo de decantación en una probeta, obteniendo los resultados de la figura 10.

Figura 13.

Resultados Columna de espuma Lavalozza Humectante



Nota. Resultados para la prueba de desempeño “Columna de Espuma” realizada en las propuestas de reformulación del Lavalozza Líquido Humectante.

Tabla 8.

Resultado columna de espuma Lavalozza Líquido

PRODUCTO	TIEMPO				PROMEDIO
	0 min	1 min	3 min	5 min	
P1	325	325	320	310	320,0
	330	330	325	320	326,3
P2	355	350	340	335	345,0
	350	345	340	340	343,8
P3	340	335	325	320	330,0
	340	335	330	325	332,5
ACTUAL	315	315	310	310	312,5
	320	320	315	310	316,3

Nota. Resultados para la prueba de desempeño “Columna de Espuma” realizada en las propuestas de reformulación del Lavalozza Líquido Humectante.

Los prototipos formulados obtuvieron un desempeño superior al actual por lo que la elección de la fórmula dependió del ahorro que se generaba, el ahorro se determinó comparando el costo de la fórmula actual y el costo de cada prototipo propuesto; P1 generó un ahorro de \$7/Kg, P2 generó un ahorro de \$25/Kg y P3 genera un ahorro de \$174/Kg, por lo tanto, se decidió continuar el desarrollo con la fórmula P3. Una vez es definida la fórmula, se realizó la fabricación del producto a nivel laboratorio con el fin de someter la fórmula a estudios de estabilidad durante 1 mes con revisiones semanales, en donde se evidenció el comportamiento de la fórmula tras someterla a condiciones que aceleran el envejecimiento del producto y a partir de esto se establecieron los parámetros de especificación y la vida útil del producto, que para el Lavalozza Líquido Humectante se estipulan 18 meses, en los cuales se garantiza la funcionalidad y la apariencia determinada para el producto. Los resultados obtenidos durante la estabilidad se evidencian en el anexo 3.

8.1.2 Escalamiento en planta piloto

La prueba piloto se desarrolló de manera satisfactoria en la planta de cuidado del hogar de la compañía Brinsa S.A, allí el producto fue fabricado en tanques con una capacidad de 1500 L conforme al orden de adición determinada en el laboratorio, evidenciando el comportamiento real de fabricación estableciendo que el producto desarrollado a nivel laboratorio es manufacturable obteniendo resultados conformes en los parámetros de análisis y liberación de producto de acuerdo al análisis realizado por el laboratorio de calidad de la compañía, figura 11, en donde se evidencia que el color verde indica conformidad del producto. Este lote es envasado y pasa a un estado de “retención” mientras se realiza la estabilidad con el fin de verificar su comportamiento.

Figura 14

Resultados de liberación lote de fabricación lavalozza humectante

Muestra	Hora Muestra	Hora Entrega	Descripción	Punto de Muestreo	Código	Lote	Análisis	Unidades	L.Inferior	L.Superior	Resultado
2927461	2023-11-16 13:20:23	2023-11-16 13:53:57	LAVALOZALIQ BLX HUMECTANTE F2024	Toma muestra TK 723		2311161	a Temperatura	°C	15	25	19.70
2927461	2023-11-16 13:20:23	2023-11-16 13:53:57	LAVALOZALIQ BLX HUMECTANTE F2024	Toma muestra TK 723		2311161	pH	N/A	7.00	8.50	7.19
2927461	2023-11-16 13:20:23	2023-11-16 13:53:57	LAVALOZALIQ BLX HUMECTANTE F2024	Toma muestra TK 723		2311161	Apariencia	Cumple = 1	0		1
2927461	2023-11-16 13:20:23	2023-11-16 13:53:57	LAVALOZALIQ BLX HUMECTANTE F2024	Toma muestra TK 723		2311161	Densidad	g/mL	1.01	1.05	1.0285
2927461	2023-11-16 13:20:23	2023-11-16 13:53:57	LAVALOZALIQ BLX HUMECTANTE F2024	Toma muestra TK 723		2311161	Olor	Cumple = 1	0		1
2927461	2023-11-16 13:20:23	2023-11-16 13:53:57	LAVALOZALIQ BLX HUMECTANTE F2024	Toma muestra TK 723		2311161	Viscosidad	cP	1500	4000	1.672.14

Nota. Resultados de análisis de liberación del lote fabricado en la prueba piloto del Lavalozza Líquido Humectante, en donde se resalta con color verde aquello que presenta conformidad en el parámetro analizado.

Figura 15.

Tanque de fabricación 723, Lavalozza Humectante



Nota. Tanque 723 de la compañía Brinsa S.A. en donde se llevó a cabo la prueba piloto de la reformulación del producto Lavalozza Líquido Humectante.

Figura 16.

Proceso de envasado



Nota. Envasadora de la compañía Brinsa S.A. utilizada para el llenado de envases con el producto Lavalozza Líquido Humectante.

Figura 17.

Producto terminado



Nota. Producto terminado de la prueba piloto del Lavalozza Líquido Humectante.

8.1.3 Documentación técnico/legal

Para la comercialización de productos de higiene doméstica, se debe cumplir con las disposiciones establecidas en la decisión 706 la cual regula los regímenes sanitarios, de control de calidad y vigilancia sanitaria en relación con la producción, procesamiento, envasado, expendio, importación, almacenamiento y comercialización de los productos de higiene doméstica.

Por consiguiente, el Dossier Técnico para la actualización de la notificación sanitaria se realizó de acuerdo con el capítulo II, numerales 1 y 2 en donde se especifica que la información técnica requerida es:

1. Información General: Nombre del titular de la notificación obligatoria sanitaria (NSO), nombre del producto para el que se está presentando la notificación sanitaria, nombre de razón social y dirección del fabricante y responsable de la comercialización del producto.
2. Información técnica: Descripción y composición del producto con indicación de fórmula “cuali-cuantitativa” con nombre genérico y nomenclatura IUPAC. Especificaciones organolépticas y fisicoquímicas del producto terminado. Justificación de las bondades y proclamas atribuibles al producto. Proyecto de arte de la etiqueta o rotulado. Instrucciones de

uso. Material de envase primario y secundario, según corresponda. Advertencias, precauciones y restricciones, forma de presentación, sistema de codificación, información de las propiedades desinfectantes y/o bactericida del producto.

En el anexo 4 se evidencia el modelo de la ficha técnica del producto terminado, sin embargo, no se especifica la información sensible debido a la confidencialidad con la compañía.

En cuanto a la justificación de las bondades del producto, se realizan estudios en un laboratorio externo que validen la proclama “humectante” mediante el estudio de *“Evaluación de la hidratación de la piel por corneometría y del equilibrio de la barrera cutánea por evaporimetría”* y *“Evaluación del potencial de irritabilidad dérmica primaria, irritabilidad dérmica acumulada, la sensibilización dérmica y del potencial de fotosensibilización y fototoxicidad cutánea supervisada por dermatólogo.”* para justificar la bondad de “hipoalergénico”. El trámite se encuentra en curso.

Respecto a la proclama “Antibacterial” se realizan pruebas de actividad bactericida conforme a la NTC 5150:2003 y actividad fungicida y levuricida según la NTC 5817:2010. El trámite se encuentra en curso.

Adicionalmente, se realizan análisis externos que validen la biodegradabilidad del producto y el porcentaje de fosfatos presentes de acuerdo con la Resolución 1770 que especifica un contenido de fósforo máximo del 0,65 % de fósforo (equivalente a 1,5% de pentóxido de fósforo). Por otra parte, deberá cumplir con una biodegradabilidad aerobia final entre el 60% y el 70%. El trámite se encuentra en curso.

9. CONCLUSIONES

Se ejecutó un diseño de experimentos que permitió la identificación de las diversas composiciones (sinergias) de Alfa Olefin Sulfonato de Sodio (AOS), Lauril éter Sulfato de Sodio (LESS), Ácido Sulfónico y Betaína logrando un aumento en el desempeño del producto terminado, con un incremento del 12,1 % en poder corta grasa y 5,4% en columna de espuma, a pesar de que no se evidencia una reducción de materia prima, se obtiene un incremento en la funcionalidad del producto.

Se reformula el producto Lavalozza Liquido Humectante de la marca “Blancox” a partir de los resultados obtenidos en el diseño de experimentos logrando un ahorro de \$174 pesos colombianos por cada kilogramo de producto, lo que corresponde a un ahorro estimado de \$75.168.000/año de acuerdo con el consumo que se tiene proyectado para este producto en la compañía.

Se realiza el escalamiento de la formulación a través de la prueba piloto, evidenciando la factibilidad y reproducibilidad de la propuesta de reformulación realizada en el laboratorio.

Se materializa la propuesta de rentabilización y mejora en el desempeño del producto terminado por medio del trámite y compilación de la información técnica y legal requerida para la actualización de la notificación sanitaria ante el Invima, teniendo en cuenta los ajustes en la formulación junto con los diferentes soportes que sustentan la conformidad del producto frente al ente regulatorio.

Se espera que este cambio sea aprobado para su implementación y producción en el primer trimestre del 2024.

Debido a que el diseño de experimentos se realizó con materias primas que son transversales en diversos productos fabricados en la compañía, se ha realizado la implementación de las sinergias en productos de alto impacto y volumen evidenciando cambios favorables en cuanto a los desempeños de producto y la reducción de costos.

Se recomienda tener en cuenta las condiciones en las cuales se realizan las pruebas de desempeño, debido a que la dureza del agua y la temperatura pueden afectar el resultado de los diversos productos detergentes, así como la verificación de la agitación y fuerza de los equipos que se emplean para su ejecución, con el fin de minimizar el error.

REFERENCIAS

- [1] Brinsa, «Brinsa S.A.» Huge, 2018. [En línea]. Available: <https://www.brinsa.com.co/historia/>. [Último acceso: 15 Abril 2023].
- [2] T. K. J. S. R. y. S. Y. K. H. Noh, «Synergy effect for performance of anionic SDS/ADS mixtures with amphoteric and nonionic surfactants.,» *Journal of the Korean Oil Chemists Society*, vol. III, n° 33, p. 449–458, 2016.
- [3] S. L. Ramirez, «Síntesis, purificación y evaluación de surfactantes a partir de derivados de biomasa,» Saltillo, Coahuila, 2019.
- [4] O.-P. O. y. F. R.] J.-E. Forero, ««Aplicación De Procesos De Oxidación Avanzada Como Tratamiento De Fenol En Aguas Residuales Industriales De Refinería,» *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, vol. III, n° 1, 2005.
- [5] Naciones-Unidas, «Objetivos de Desarrollo Sostenible,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Último acceso: 22 Abril 2023].
- [6] L. S. Molina, «Influencia del contraión en las propiedades biológicas de tensoactivos aniónicos derivados de la dioctanoil lisina: citotoxicidad y ecotoxicidad in vitro,» Universitat de Barcelona, Barcelona, 2006.
- [7] L. Carolei, «Determinação de surfactantes e água em formulações de sabonetes líquidos e shampoos por infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) utilizando a técnica de reflectância total atenuada (ATR),» Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- [8] P. J. V. Galván, «Contribución al estudio sobre el comportamiento ambiental y degradación de jabones,» Universidad de Alicante, España, 1996.
- [9] Pochteca, «Grupo Pochteca Colombia,» 2010. [En línea]. Available: <https://colombia.pochteca.net/lauril-eter-sulfato-de-sodio-less/>. [Último acceso: 14 06 2023].
- [10] P. Profesional, «PQPPROFESIONAL,» 2021. [En línea]. Available: <https://pqpprofesional.com/product/acido-sulfonico-lineal/>. [Último acceso: 14 06 2023].
- [11] M. Biedma, «Discriminación visual del color,» Universidad de Sevilla, Sevilla, 2019.

- [12] I. d. s. pública, «Guía Para La Realización Y Presentación De Estudios De Estabilidad De Productos Plaguicidas De Uso Sanitario Y Doméstico,» Departamento Nacional y de Referencia en Salud Ambiental, Chile, 2023.
- [13] J. C. Torres, «Evaluación comparativa de propiedades fisicoquímicas entre un detergente líquido empleando Alfa-metil éster sulfonato (MES) ó Alquilbenceno lineal sulfonato (LAS) como principio activo,» Universidad de los Andes, Bogotá, 2007.
- [14] O. F. Alvarado, «Análisis de desempeño del acabado de pieles para tapiz automotriz en los diferentes tipos de pruebas de manchado en Laboratorio,» Universitat de Lleida, Lérida, 2019.
- [15] ASTM, *Standard Guide for Evaluating Stain Removal Performance in Home Laundering*, United States: ASTM Committee, 2021.
- [16] A. Committee, *Standard Test Method for Foaming Properties of Surface-Active Agents*, United States: Annual Book of ASTM Standards, 2001.

ANEXOS

ANEXO 1

RESULTADOS PRUEBA DE DESEMPEÑO PODER CORTA GRASA.

FÓRMULA	ENSAYO	PESO			PROMEDIO (g)
		INICIAL (g)	FINAL (g)	DELTA (g)	
A	R1	47,8	39,32	8,48	8,57
	R2	34,41	25,91	8,50	
	R3	32,41	23,69	8,72	
B	R1	37,76	27,59	10,17	9,65
	R2	39,7	31,06	8,64	
	R3	37,52	27,38	10,14	
C	R1	32,58	23,4	9,18	9,44
	R2	38,56	29,38	9,18	
	R3	39,17	29,2	9,97	
D	R1	35,82	26,84	8,98	8,77
	R2	41,14	32,54	8,60	
	R3	36,41	27,68	8,73	
E	R1	30,54	23,24	7,30	7,95
	R2	32,82	25,32	7,50	
	R3	29,76	20,72	9,04	
F	R1	25,11	14,39	10,72	9,69
	R2	34,22	27,05	7,17	
	R3	27,85	16,67	11,18	
G	R1	23,23	15,23	8,00	9,22
	R2	25,33	15,41	9,92	
	R3	42,08	32,34	9,74	
H	R1	40,94	29,96	10,98	11,78
	R2	40,44	27,99	12,45	
	R3	36,77	24,87	11,90	
I	R1	41,49	32,11	9,38	9,00

	R2	48,49	39,18	9,31	
	R3	34,92	26,6	8,32	
J	R1	29,99	19,92	10,07	10,10
	R2	27,98	18,29	9,69	
	R3	24,87	14,34	10,53	
K	R1	32,08	23,72	8,36	8,86
	R2	39,15	30,03	9,12	
	R3	36,86	27,77	9,09	
L	R1	29,22	20,35	8,87	9,54
	R2	32,83	22,44	10,39	
	R3	36,53	27,16	9,37	

ANEXO 2

RESULTADOS PRUEBA DE DESEMPEÑO DETERGENCIA

<i>CONGLOMERADO dE* EMPAS (REPETICIÓN 1, 2 & 3)</i>													
<i>EMPA</i>		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>I</i>	<i>J</i>	<i>K</i>	<i>L</i>
101	dE1	2,38	2,72	3,19	2,97	3,33	2,24	2,99	2,84	1,73	0,78	1,05	1,40
101	dE2	2,49	2,14	2,92	2,60	2,81	3,11	3,27	2,26	1,19	0,70	0,95	0,89
101	dE3	2,91	2,92	3,34	3,36	2,78	2,23	4,16	2,33	1,52	1,50	1,46	1,13
104	dE1	3,87	4,61	5,68	5,83	6,17	5,87	7,25	7,05	2,95	3,34	2,09	2,26
104	dE2	4,36	4,55	5,96	6,60	6,21	6,52	7,32	7,32	2,72	3,18	2,67	2,40
104	dE3	4,12	4,72	6,46	6,52	5,23	6,06	7,14	7,16	0,00	2,66	2,70	1,83
116	dE1	1,74	0,40	2,17	1,98	0,46	1,02	1,53	0,72	1,63	1,81	2,33	2,63
116	dE2	0,59	1,00	2,58	2,25	0,59	0,60	3,22	0,74	2,51	2,42	2,89	2,02
116	dE3	0,60	0,90	2,33	1,87	1,33	0,87	2,27	0,81	1,65	1,77	1,80	3,00
117	dE1	1,70	1,20	2,43	3,84	1,20	0,84	3,79	0,48	1,20	1,34	1,19	1,16
117	dE2	1,70	1,60	2,74	3,58	1,19	0,56	3,81	0,56	1,14	1,38	0,96	1,54
117	dE3	1,13	0,74	3,88	3,37	1,49	1,85	3,01	0,44	1,21	1,15	0,98	1,21
161	dE1	1,14	1,70	1,25	2,03	1,84	0,98	1,38	1,73	6,49	6,44	6,82	6,60
161	dE2	0,94	0,98	1,26	0,91	2,20	1,00	2,06	1,19	6,39	6,43	6,55	6,50
161	dE3	0,87	0,77	2,04	0,82	1,89	1,48	2,00	2,43	6,34	6,35	6,50	6,43
162	dE1	2,75	3,43	3,12	3,64	3,82	3,62	3,27	3,19	6,72	6,66	7,10	6,71
162	dE2	2,60	3,55	3,35	3,58	3,77	2,95	2,81	3,80	6,66	6,38	6,83	7,08
162	dE3	2,92	3,23	4,00	3,24	3,68	3,80	3,85	7,16	6,72	6,68	6,25	6,76
114	dE1	13,03	12,02	11,67	12,87	12,03	12,93	12,78	12,76	9,62	8,55	10,19	9,02
114	dE2	11,37	11,93	11,86	12,04	11,67	14,15	12,31	12,64	8,79	9,10	10,11	9,11
114	dE3	13,31	11,96	12,43	11,95	12,04	12,81	12,53	9,55	9,05	8,91	9,35	9,36
CS-44	dE1	2,85	3,57	3,25	3,60	4,12	3,49	4,24	4,25	4,82	4,18	4,73	4,41
CS-44	dE2	4,15	4,10	4,05	4,28	3,85	3,99	4,58	3,75	4,42	4,15	4,24	4,15
CS-44	dE3	4,17	3,36	3,79	3,43	4,32	4,27	3,46	4,88	4,29	4,14	4,43	4,27

Promedio de resultados prueba de desempeño Detergencia

PROMEDIO de EMPAS (REPETICIÓN 1, 2 & 3)												
EMPA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
EMPA 101	2,59	2,59	3,15	2,98	2,97	2,53	3,47	2,47	1,48	0,99	1,16	1,14
EMPA 104	4,12	4,63	6,03	6,32	5,87	6,15	7,24	7,18	1,89	3,06	2,48	2,16
EMPA 116	0,98	0,77	2,36	2,03	0,79	0,83	2,34	0,76	1,93	2,00	2,34	2,55
EMPA 117	1,51	1,18	3,02	3,60	1,29	1,08	3,54	0,49	1,18	1,29	1,04	1,30
EMPA 161	0,98	1,15	1,52	1,25	1,98	1,15	1,81	1,78	6,40	6,41	6,62	6,51
EMPA 162	2,76	3,40	3,49	3,49	3,76	3,46	3,31	4,72	6,70	6,57	6,73	6,85
EMPA 114	12,57	11,97	11,98	12,29	11,91	13,29	12,54	11,65	9,15	8,85	9,88	9,16
EMPA CS-44	3,72	3,68	3,70	3,77	4,10	3,92	4,09	4,29	4,51	4,16	4,47	4,27
SUMATORIA	29,23	29,37	35,25	35,72	32,67	32,41	38,34	33,35	33,25	33,33	34,72	33,95