



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**DESARROLLO DE UNA ESTRUCTURA LAMINADA ALTERNATIVA PARA EMPAQUE  
PRIMARIO DE JABONES EN BARRA PARA UNA PLANTA DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA  
COMO ESTRATEGIA DE INNOVACIÓN**

**Inga. Jenyffer Michelle Cardona Abrego**

Asesorado por el MSc. Ing. Otto Rodrigo Lantan Reynosa

Guatemala, julio de 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UNA ESTRUCTURA LAMINADA ALTERNATIVA PARA EMPAQUE  
PRIMARIO DE JABONES EN BARRA PARA UNA PLANTA DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA  
COMO ESTRATEGIA DE INNOVACIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**INGA. JENYFFER MICHELLE CARDONA ABREGO**  
ASESORADO POR EL MSC. ING. OTTO RODRIGO LANTAN REYNOSA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**MAESTRA EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JULIO DE 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADORA	Dra. Aura Marina Rodríguez Pérez
SECRETARIO	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DESARROLLO DE UNA ESTRUCTURA LAMINADA ALTERNATIVA PARA EMPAQUE  
PRIMARIO DE JABONES EN BARRA PARA UNA PLANTA DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA  
COMO ESTRATEGIA DE INNOVACIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha mayo de 2019.

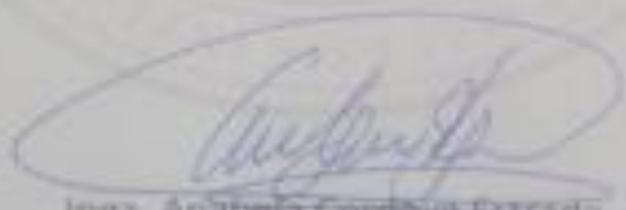
**Inga. Jenyffer Michelle Cardona Abrego**



DTG. 183.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **DESARROLLO DE UNA ESTRUCTURA LAMINADA ALTERNATIVA PARA EMPAQUE PRIMARIO DE JABONES EN BARRA PARA UNA PLANTA DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA COMO ESTRATEGIA DE INNOVACIÓN**, presentado por la Ingeniera: **Jenyffer Michelle Cardona Abrego**, estudiante de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRIMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, agosto de 2020

AACE/aspp

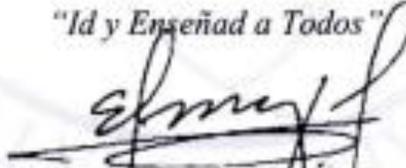
Guatemala, Julio de 2020

EEPTI-856-2020

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **“DESARROLLO DE UNA ESTRUCTURA LAMINADA ALTERNATIVA PARA EMPAQUE PRIMARIO DE JABONES EN BARRA PARA UNA PLANTA DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA COMO ESTRATEGIA DE INNOVACIÓN”** presentado por la **Ingeniera Jenyffer Michelle Cardona Abrego** quien se identifica con Carné **100021838** quien correspondiente al programa de **Maestría en Artes en Gestión Industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

  
**Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Coti**  
**Director**

**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**



Guatemala, Julio de 2020

EEPFI-855-2020

Como Coordinador de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“DESARROLLO DE UNA ESTRUCTURA LAMINADA ALTERNATIVA PARA EMPAQUE PRIMARIO DE JABONES EN BARRA PARA UNA PLANTA DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA COMO ESTRATEGIA DE INNOVACIÓN”** presentado por la **Ingeniera Jenyffer Michelle Cardona Abrego** quien se identifica con Carné **100021838**.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*



**Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval**  
**Coordinador de Maestría**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**

Guatemala, Julio de 2020

EEPFI-857-2020

En mi calidad como Asesor de la Ingeniera Industrial **Jenyffer Michelle Cardona Abrego** quien se identifica con carné **100021838** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **“DESARROLLO DE UNA ESTRUCTURA LAMINADA ALTERNATIVA PARA EMPAQUE PRIMARIO DE JABONES EN BARRA PARA UNA PLANTA DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA COMO ESTRATEGIA DE INNOVACIÓN”** quien se encuentra en el programa de **Maestría en Artes en Gestión Industrial** en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*



Mtro. Ing. **Otto Rodrigo Lantan Reynosa**  
Asesor

Otto R. Lantan, R  
Ingeniero Industrial  
Colegiado 13239

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios y la Virgen María**

Mi fortaleza y guía.

**Mis padres**

Por su apoyo incondicional.

**Mi hermano**

Por los momentos compartidos.

**Mi novio**

Por su apoyo y compañía.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San Carlos  
de Guatemala**

Por la oportunidad de acceso a la formación académica.

**Facultad de Ingeniería**

Por brindarme a lo largo de mi carrera, los conocimientos que han permitido mi formación como profesional.

**Asesor**

Por su orientación y conocimientos brindados.



## INDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ..	XIII
OBJETIVOS.....	XV
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Industria de los productos de limpieza .....	1
1.1.1 Historia del jabón.....	1
1.1.2 Tipos de jabón .....	2
1.1.3 Materias primas usadas en la fabricación de jabones en barra.....	2
1.1.3.1 Cation .....	3
1.1.3.2 Grasas y aceites .....	3
1.1.4 Proceso de fabricación de jabones en barra.....	3
1.2 Empaque .....	3
1.2.1 Historia del empaque.....	4
1.2.2 Niveles de empaque .....	6
1.2.2.1 Empaque primario .....	7
1.2.2.2 Empaque secundario.....	7
1.2.2.3 Empaque terciario.....	7
1.3 Empaque flexible .....	8

1.3.1	Historia del empaque flexible .....	8
1.4	Materiales usados en la fabricación de empaque flexible .....	9
1.4.1	Resinas .....	9
1.4.1.1	Polietileno.....	9
1.4.1.1.1	Polietileno de baja densidad.....	10
1.4.1.1.2	Polietileno de alta densidad.....	10
1.4.1.1.3	Polipropileno .....	10
1.4.1.2	Polietilentereftalato .....	11
1.4.1.3	Cloruro de polivinilo .....	12
1.4.1.4	Alcohol de polivinilo .....	12
1.4.1.5	Poliamida.....	13
1.4.1.6	Alcohol etilenvinílico .....	14
1.4.1.7	Cloruro de polivinilideno .....	14
1.4.1.8	Poliestireno.....	15
1.4.1.9	Polímeros de base biológica .....	15
1.4.2	Substratos .....	15
1.4.2.1	Celofán.....	16
1.4.2.2	Aluminio.....	16
1.4.2.3	Film metalizado .....	16
1.5	Proceso de fabricación de empaque flexible.....	16
1.5.1	Extrusión/coextrusión .....	17
1.5.2	Impresión.....	18
1.5.3	Laminación .....	19
1.5.3.1	Estructura laminada .....	19
1.5.4	Corte/bolseo .....	20
1.5.5	Diseño y preprensa .....	20
1.6	Innovación.....	21

1.6.1	Innovación Industrial.....	22
1.6.1.1	Innovación de producto .....	24
1.6.1.2	Innovación de métodos o procesos de producción .....	24
1.6.1.3	Innovación organizacional .....	25
1.6.1.4	Innovación en el <i>marketing</i> .....	25
1.7	Formulación.....	26
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	29
3.1	Estructura de empaque primario para jabones en barra .....	29
3.1.1	Estructura del empaque.....	29
3.1.2	Espesor de estructura.....	31
3.1.3	Fuerza bond de estructura.....	34
3.1.4	Coeficiente de fricción de estructura.....	37
3.1.5	Resistencia a la tensión y elongación de estructura.....	39
3.1.6	Resistencia al rasgado de estructura .....	40
3.1.7	Rendimiento de estructura.....	41
3.1.8	Costo de estructura .....	42
3.2	Costo de la estructura alternativa propuesta .....	42
3.3	Impacto sobre el rendimiento y propiedades mecánicas al sustituir la estructura utilizada por la estructura propuesta.....	43
3.3.1	Estructura propuesta .....	44
3.3.2	Rendimiento de estructura.....	45
3.3.3	Espesor de estructura.....	46
3.3.4	Coeficiente de fricción de estructura.....	48

3.3.5	Resistencia a la tensión y elongación de estructura .....	49
3.3.6	Resistencia al rasgado de estructura .....	50
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	51
4.1	Análisis interno .....	51
4.2	Análisis externo .....	52
	CONCLUSIONES .....	55
	RECOMENDACIONES .....	57
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Estructura tr laminada .....	20
2. Estructura original .....	30
3. Estructura de polipropileno.....	30
4. Micrómetro digital.....	32
5. Media espesor estructura Bopp trans + Bopp trans .....	33
6. Técnica A para evaluación de fuerza de adhesión.....	34
7. Medidas de las muestras para ensayo de fuerza de adhesión .....	35
8. Fuerza bond en estructura BOPP + BOPP .....	37
9. Estructura propuesta .....	44
10. Media espesor bobinas estructura BOPP - CPP .....	47

### TABLAS

I. Especificaciones de adhesivo .....	31
II. Espesores estructura Bopp trans + Bopp trans.....	32
III. Fuerza bond estructura BOPP + BOPP .....	36
IV. Coeficiente de fricción externo .....	38
V. Coeficiente de fricción interno .....	38
VI. Resistencia a la tensión estructura .....	39
VII. Porcentaje de elongación estructura.....	40
VIII. Resistencia al rasgado .....	41
IX. Rendimiento de estructura .....	41

X.	Costo estructura.....	42
XI.	Costo estructura propuesta.....	42
XII.	Rendimiento estructura propuesta.....	45
XIII.	Espesores estructura BOPP-CPP.....	46
XIV.	Coeficientes de fricción externos.....	48
XV.	Coeficientes de fricción internos estructura BOPP - CPP.....	48
XVI.	Resistencia a la tensión estructura BOPP - CPP.....	49
XVII.	Porcentaje de elongación estructura BOPP + CPP.....	50
XVIII.	Resistencia al rasgado estructura BOPP + CPP.....	50

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Se</b>	Error estándar
<b>N</b>	Muestra
<b>Q</b>	Quetzal
<b>S</b>	Varianza de la muestra
<b>V</b>	Varianza de la población



## GLOSARIO

<b>Empaque</b>	Es cualquier material que encierra o protege un artículo con envase o sin él.
<b>Empaque flexible</b>	Material en forma de lámina que adquiere formas flexibles para formar productos como bolsas, pouches y sobres.
<b>Innovación</b>	Introducir mejoras en lo ya conocido o producir algo totalmente nuevo.
<b>Micrómetro</b>	Aparato que se utiliza para medir el espesor de un material.
<b>Rendimiento</b>	Unidades por kilogramo de un material.
<b>Resina</b>	Diferentes tipos de materias primas en forma de <i>pellets</i> , para producir empaque flexible.
<b>Substrato</b>	Material que se usa para formar diferentes estructuras para empaques.



## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue realizar una investigación para desarrollar una estructura laminada alternativa, para empaque primario de jabones en barra para una planta de productos de limpieza, como estrategia de innovación, con el propósito de mejorar la productividad en el proceso de empaque.

Se evidenció, durante el estudio, que la película utilizada para los empaques primarios de jabón en barra estaba conformada por dos polipropilenos biorientados transparentes, esto facilita un proceso de empaque normalizado pero con oportunidad de mejora en productividad

Se aplicó un estudio experimental. Para ello, se realizaron distintas mediciones en laboratorio, tanto a la estructura original como en la obtenida posterior a la aplicación de la estrategia de innovación en el empaque, esta última, compuesta por polipropileno biorientado transparente y polipropileno *cast* transparente.

Dentro de un alcance descriptivo se utilizó enfoque mixto, para lo cual se realizaron mediciones de distintas variables, análisis y descripciones de ambas estructuras tanto al inicio como al final.

Entre los resultados está el aumento en un 4 %de la productividad en el proceso de empaque de jabones en barra, ya que se tiene una mejora en el coeficiente de fricción de la película propuesta. Se encontraron diferencias en las resistencias a la tensión de las estructuras a favor de la película original, sin embargo, esta variación no afectó la maquinabilidad de la propuesta.

En conclusión, se logró innovar al desarrollar la estructura laminada alternativa para empaque de jabones en barra, obteniendo aumento en productividad, sin afectar costo de material.

Dado lo anterior, se recomienda tomar acciones en seguimiento a la aplicación de dicho desarrollo, para obtener mejores resultados en productividad y seguir desarrollando innovaciones.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS**

La estructura laminada del empaque primario para jabones en barra, compuesta por dos películas de polipropileno transparente, impedía que la planta trabajara al ciento por ciento la producción de unidades empacadas por minuto, según diseño de máquina.

Con la película de dos polipropilenos, se lograban empacar 135 unidades por minuto del total de 142 unidades que permite la máquina empacadora. De ahí surgió la necesidad de desarrollar una estructura alternativa como estrategia de innovación, para lograr alcanzar el 100 % de productividad en la línea de empaque y seguir cumpliendo con los requerimientos de imagen del producto.

De lo anteriormente expuesto, surge la pregunta central de investigación

¿Al desarrollar una estructura alternativa para empaque primario, como estrategia de innovación, mejorará la productividad en la línea de empaque de la planta de jabones en barra?

Es importante conocer para contestar la anterior interrogante lo siguiente:

- ¿Cuál es la estructura laminada que se utiliza en el empaque primario para los jabones en barra?

- ¿Cuál es el costo de la estructura alternativa propuesta como estrategia de innovación, para empaque primario de jabones en barra, comparada con la utilizada por planta?
- ¿Cómo se verá impactado el rendimiento de la película para empaque de jabones en barra, así como sus propiedades mecánicas, al sustituir la estructura utilizada por la propuesta y cómo los resultados obtenidos en las variables repercuten en el desempeño del empaque?

### Delimitación del problema

Hay muchas estrategias de innovación que pueden ser aplicadas en el empaque de un producto.

La razón que motiva este estudio es determinar cómo puede afectar la productividad del proceso de empaque de jabón, una sustitución de polipropileno biorientado por polipropileno *cast*, en la estructura del empaque para jabones en barra.

El estudio se llevó a cabo dentro de las instalaciones de una planta de productos de cuidado del hogar, ubicada en el departamento de Escuintla. La recopilación de información, pruebas en planta, análisis y presentación de resultados abarcó seis meses, de noviembre 2018 a mayo 2019. El muestreo se hizo sobre las bobinas de película que se utilizaron para empacar las unidades de jabón en barra y, posteriormente, se realizó un muestreo en las unidades empacadas.

Se espera que los resultados de este estudio determinen si es posible la aplicación de esta estrategia en productos similares.

## OBJETIVOS

### General

Desarrollar una estructura laminada alternativa para empaque primario de jabones en barra para una planta de productos de limpieza como estrategia de innovación.

### Específicos

- Definir la estructura laminada que se utiliza en el empaque primario para jabones en barra.
- Establecer el costo de la estructura alternativa propuesta como estrategia de innovación, para empaque primario de jabones en barra, comparada con la utilizada por planta.
- Determinar cómo se verá impactado el rendimiento de la película para empaque de jabones en barra, así como sus propiedades mecánicas, al sustituir en su estructura original una capa de polipropileno biorientado por polipropileno *cast* y cómo los resultados obtenidos en las variables repercuten en el desempeño del empaque.



## RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

Se utilizó un diseño de investigación experimental, ya que se realizaron distintas mediciones en el laboratorio, previas y posteriores al cambio de la estructura del empaque primario para jabones en barra, como estrategia para responder a las preguntas de la investigación. Para este estudio, se manipuló la estructura del empaque en un nivel dos (presencia-ausencia de la variable independiente) para determinar el impacto sobre la productividad, costo y resistencia.

El enfoque del estudio es mixto. Cuantitativo ya que se realizaron mediciones sobre las variables tanto de la estructura original, como en la propuesta. Lo importante de acuerdo con Monje (2011) es que en este tipo de estudios, se construyen teorías por medio de la cuantificación y la medición. El enfoque es cualitativo porque se realizó el análisis y descripción de la estructura, antes y después de su manipulación intencional.

El alcance del estudio es de tipo descriptivo. Se recolectaron, midieron y analizaron datos iniciales y finales sobre la productividad, costo, rendimiento y resistencia del material, para describir el impacto al aplicar los cambios en la estructura en estudio. También es correlacional, porque se analizó el grado de relación entre variables para describir el resultado obtenido luego de aplicar el cambio propuesto en la estructura.

La metodología cuantitativa parte de teorías aceptadas por la comunidad científica con los que determina las relaciones que se esperan entre las variables que forman el problema en estudio.

Su determinación se lleva a cabo mediante la recolección de información cuantitativa. La medida y la cuantificación constituye el proceso para alcanzar la objetividad; tiene como característica además, la pretensión explicativa, de donde deriva la predicción. Monje (2011).

Las variables en este estudio son cuantitativas. De acuerdo con Hernández y otros (2010), “las variables son propiedades que pueden variar y cuya variación es sensible a ser medida” (p. 79). Barrantes (2002) también define como variable a cualquier rasgo, cualidad o característica cuya magnitud puede variar en individuos u objetos. Las variables que se midieron en el estudio son productividad, espesor de material, fuerza de adhesión, coeficiente de fricción, resistencia, costo y rendimiento.

La unidad de análisis del estudio es el grupo de estructuras laminadas que fueron evaluadas. De acuerdo con lo indicado por Barrantes R. (2002) para establecer la población, primero se debe determinar la unidad de análisis.

La población que se estudió abarcó el grupo de películas laminadas de 44 $\mu$ , para empaque de jabones en barra, compuestas por polipropileno transparente / polipropileno transparente y por polipropileno transparente / polipropileno *cast* transparente.

Por ello, la muestra seleccionada fue no probabilística, porque se seleccionó un número determinado de películas laminadas de igual espesor, pero con especificaciones diferentes en su estructura. Se seleccionó la muestra con base en las normas ASTM F88/F88M. Método de evaluación estándar para resistencia de adhesivo de materiales flexibles de barrera, ASTM D1894-001. Método de prueba estándar para coeficiente de fricción estático y cinético de *film* y láminas.

ASTM D882-02. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de films de plástico y ASTM D1922-03a. Método estándar para prueba de resistencia al desgarro de films plásticas u hojas delgadas por medio de péndulo de impulso, en donde se requieren 5 especímenes para realizar las mediciones de los diferentes ensayos utilizados en este estudio.

Dado que el estudio es cuantitativo, para recolectar los datos se elaboraron diferentes formatos donde se detalló, ordenadamente, la información de las mediciones realizadas en las muestras y, partir de esta información recopilada, para hacer el análisis correspondiente.

El trabajo de investigación se dividió en las siguientes fases: se buscaron las fuentes de información a lo largo del estudio; se analizó el empaque primario de jabones en barra. Para ello, se revisaron las variables en su estado original y se cotizaron los materiales que podrían sustituir el polipropileno en la estructura. Posteriormente, se formuló la propuesta de mejora. Para eso, se fabricó bobina muestra de película y se realizó un muestreo antes de ser evaluada en proceso de producción de jabones en barra para confirmar que funcionalidad. Se realizaron mediciones de laboratorio para determinar cómo cambiaban las variables. Finalmente, se evaluaron los resultados derivados del nuevo desarrollo para empaque de jabones en barra. Como resultado del desarrollo se esperaba obtener una estructura con las mismas o mejores propiedades que la que utilizan.

De acuerdo con Spiegel (1991) la estadística estudia los métodos para analizar datos, sacar conclusiones válidas y tomar decisiones razonables basadas en tal análisis.

El estudio utilizó como herramienta de análisis, estadística descriptiva; para disponer de la información de manera sintetizada y ordenada para finalmente ser interpretada. Moya y Robles (2010) definen a la estadística descriptiva como el conjunto de métodos estadísticos necesarios para la recopilación, presentación y caracterización apropiada de un conjunto de datos.

Se utilizó la visualización de datos por medio de gráficos obtenidos a partir de la información de los resultados obtenidos de las mediciones.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación se enfoca en el desarrollo de una estructura laminada para empaque primario de jabones en barra como estrategia de innovación para una planta de productos de limpieza.

La planta de productos de limpieza utiliza como empaque primario para sus jabones en barra una estructura laminada cuyos componentes de fórmula son dos capas de polipropileno biorientado transparente. Con esta investigación, se pretende desarrollar la alternativa que permita mejorar la productividad del proceso de empaque de jabones en barra, aplicando como cambio sobre la estructura original la sustitución de una capa de polipropileno biorientado transparente por polipropileno cast transparente.

Es importante para el desarrollo de esta investigación integrar conocimientos relevantes para las diferentes etapas del proyecto. Se desarrollaron cuatro capítulos.

Capítulo 1: presenta el marco teórico, que integra conocimientos importantes sobre el jabón, datos históricos sobre su origen, las culturas pioneras en su fabricación y la evolución de las formas de utilizarlo. También se incluye información sobre los ingredientes principales de un jabón y su proceso de fabricación. Este proyecto se centra en el desarrollo de un empaque, por lo cual, en este apartado también se anota información relevante sobre el origen del empaque y su evolución, los tipos de empaque que existen, los materiales y proceso de su fabricación. Por último, se presenta el desarrollo del concepto innovación, estrategia en la que se basa este estudio.

Capítulo 2: Aborda el desarrollo de la investigación. Trata cómo, a partir de la observación del proceso de empaque de jabones en barra, se encuentra una oportunidad de mejora en la productividad del proceso. En este capítulo se describe de manera sencilla las etapas que se trabajaron durante el proyecto.

Capítulo 3: incluye la presentación de resultados de la investigación. Se detalla la información sobre las características del empaque utilizado para el empaque de jabones en barra, el costo de la estructura que se propone como alternativa al empaque y los resultados al realizar el cambio de sustrato en la película. Detalla las propiedades mecánicas de los materiales estudiados.

Capítulo 4: discusión de resultados. Presenta el análisis interno y externo realizado durante el estudio. Describe oportunidades de mejora, así como fortalezas encontradas durante el trabajo.

# **1. MARCO TEÓRICO**

## **1.1 Industria de los productos de limpieza**

De acuerdo con la literatura, desde principios del siglo XIX, los aceites de granos oleaginosos como el sésamo y la sosa Leblanc, ya eran utilizados para la fabricación de jabón. A finales de este siglo las materias que se usaban habían cambiado a aceite de coco o cacahuate y sosa Solvay. El desarrollo era tal que, a inicios del siglo XX, se empezaron a incorporar ácidos grasos, aceites sulfonados y sosa electrolítica. (Muñoz, 1994)

Sin embargo, antes de toda la industrialización del jabón existieron algunas culturas, que verdaderamente fueron las pioneras de la industria.

### **1.1.1 Historia del jabón**

El uso del jabón se remonta a las épocas antes de Cristo. En Babilonia, 1600 años a.C., se han encontrado restos dentro de jarrones de arcilla donde eran fabricados con cenizas y grasas de animales. Diferentes culturas, como la egipcia, griega y romana, utilizaban mezclas de líquidos grasos o ceras vegetales con materiales granulados para limpiar sus telas. Entre los ingredientes que utilizaban para la preparación de sus jabones están el aceite de oliva, aceite de laurel, aceite de sésamo, soda cáustica, minerales extraídos de lagos y cenizas.

En el siglo I d.C., se podían encontrar diversas formas de jabones blandos y duros para limpieza del cabello. Para la edad media, considerándose el jabón

un artículo de uso general, aparece el jabón de Marcella, considerado el precursor de este tipo de productos. Este era fabricado utilizando agua del Mediterráneo y soda caustica. (Mazzaglia, 2013).

En 1575, en México utilizaban tequesquite y algunas plantas o sebo de vacas y cenizas para la fabricación de jabón. (Hernández, 2018).

En 1791 Nicolas Leblanc inventó la obtención de carbonato de sodio partiendo de sal marina, facilitando la obtención de la soda. En 1823 Eugène Chevreul demostró que las grasas son una combinación de glicerol y ácidos grasos, explicando químicamente la saponificación que habían descubierto las antiguas culturas. (Mazzaglia, 2013).

### **1.1.2 Tipos de jabón**

Existen distintos tipos de jabón. Se pueden clasificar en jabones para cuidado personal que incluyen los de tocador en pastillas y jabones líquidos; y jabones para cuidado del hogar y otras aplicaciones, que incluyen los jabones en barra, en pasta, detergentes en polvo y líquidos.

Los jabones en barra, que generalmente son utilizados para limpieza de prendas, se fabrican a partir de grasas, usualmente de las más oscuras.

### **1.1.3 Materias primas usadas en la fabricación de jabones en barra**

Son variados los ingredientes que se utilizan para fabricar jabones en barra, los más comunes incluyen.

### **1.1.3.1 Cación**

Generalmente, se utiliza el sodio o potasio como agentes saponificadores o neutralizadores. También se utilizan amina o etanol amina. (Salager y Fernández, 2004).

### **1.1.3.2 Grasas y aceites**

El aceite de ricino, aceite de coco, grasas animales y aceites de madera son las más utilizadas para la producción de jabones transparentes, jabones de marina, jabones para lavar ropa. (Salager y Fernández, 2004).

## **1.1.4 Proceso de fabricación de jabones en barra**

Los métodos conocidos para la fabricación de jabón son saponificación de grasas y aceites y neutralización de ácidos grasos. El más utilizado es la saponificación por los costos que implica tener un proceso continuo como el de neutralización de ácidos grasos.

## **1.2 Empaque**

Según Emblem y Emblen (2012) el empaque ha sido utilizado de una u otra forma, desde que los humanos empezaron a hacer uso de herramientas.

Rodríguez (2005) indica que empaque es el nombre genérico con que describe tanto el comercio como la industria a los envases y embalajes de una forma genérica. El Laboratorio de Diseño e Innovación de Cundinamarca (2014) también afirma que se puede definir como empaque a los materiales usados para contener, distribuir y proteger mercaderías. Estos materiales pueden ser

de diferentes naturalezas y al utilizarlos pueden tener contacto o no con el producto de acuerdo con su función.

La carta de presentación de los productos es el empaque ya que es un elemento importante para impulsar la decisión de compra de un consumidor. No solo tiene la función de proteger y conservar producto, sino forma parte del atractivo que convence a los consumidores. Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. (CCMA, s.f).

A lo largo de los años, desde que el ser humano tuvo acceso al uso de herramientas, los empaques han ido variando según la época, pero el fin último de todos ha sido contener, proteger y darle presentación a los productos que se ha comercializado.

### **1.2.1 Historia del empaque**

Al principio, las hojas y las pieles de animales eran los materiales utilizados para transportar agua o pastos. Con ellas se tejían canastas para mantenerlas unidas y transportar los bienes. Probablemente uno de los primeros ejemplos de empaque para preservar comida fueron las hojas para empacar carne cuando las tribus estaban de camino y desconocían la fuente de su próxima comida. A medida que las tribus se volvían sedentarias creció la necesidad de almacenar los productos. (Emblem y Emblem, 2012).

Cuando se descubre que la arena podía ser fusionada a altas temperaturas para hacer jarras y botellas, incrementan las posibilidades de almacenar líquidos como aceites y perfumes. Los animales eran utilizados para transportar sobre la ruta comercial productos, utilizando un surtido de maletas de hojas tejidas y barriles; que también los utilizaban en el mercado local. El significado

de empaque sin embargo, era utilizado a granel; no había surgido la idea de utilizarlo como un medio para entregar productos terminados al consumidor. (Emblem y Emblem 2012).

Con el paso del tiempo y la necesidad de transportar alimentos y mercancías, el ser humano ha mejorado los materiales y las formas de los empaques. Desde las formas más simples hasta las más complejas.

Durante la revolución industrial inicia la entrega de productos empacados individualmente. Alimentos y productos básicos, que antes eran producidos y entregados en hogares, ahora se distribuían en tiendas donde los trabajadores debían comprarlos con sus salarios. Esto incrementó la demanda de barriles, cajas y bolsas para transportar los artículos en una mayor escala de lo que se hacía antes.

Además surge la necesidad de vender los productos en pequeñas cantidades para que los trabajadores pudieran surtirse, transportarlas a sus hogares y mantenerlas en buenas condiciones. A veces, los bienes eran medidos en los propios contenedores de los compradores. Esto cambió gradualmente y los tenderos empezaron a preempacar medicinas, perfumes, cosméticos y te; teniéndolos disponibles para venderlos en pequeñas cantidades. (Emblem y Emblem 2012).

Como mencionan los autores, a partir de la industrialización, aumenta la necesidad de desarrollar empaques que se adapten no sólo a productos a granel. Las cantidades que se comercializan para que todos tuvieran acceso a los productos, obligó a la implementación de pequeños empaques para su despacho y fácil manejo.

El hecho de que ya no se empacaban los productos en el lugar de despacho, sino en el lugar de producción, provocó que ya no se empacaran a granel sino en paquetes más pequeños para consumo. Estos paquetes, ahora, tenían que mantenerse protegidos durante su viaje, no solo de la tienda a los hogares, sino de la fábrica a las tiendas. En la actualidad, este viaje puede ser de continente a continente, incluyendo períodos de almacenamiento en la ruta. Lo anterior dio a los productores la oportunidad de desarrollar sus propios empaques para promover sus productos y gracias a esto se llega a los días del empaque moderno. (Emblem y Emblem, 2012).

Los consumidores esperan tener varias opciones para escoger productos y el empaque juega un papel significativo en la diferenciación entre las opciones disponibles de diferentes compañías. También esperan que los productos se mantengan íntegros y en buen estado y el empaque vuelve a tener una contribución para cumplir estas expectativas. (Emblem y Emblem, 2012).

El empaque ha sido sin duda, pieza fundamental para el manejo de los alimentos y otras materias a lo largo de la evolución. Sin el surgimiento de este concepto en las primeras civilizaciones, no habrían podido cubrir sus necesidades alimenticias y dar lugar a la industrialización muchos años después.

### **1.2.2 Niveles de empaque**

De acuerdo con su función, los empaques se clasifican en tres tipos y tienen un papel importante durante las etapas del producto, desde su producción hasta su distribución al consumidor final.

### **1.2.2.1 Empaque primario**

El empaque primario incluye no solo los materiales que tienen contacto directo con el producto, sino la envoltura sellada que rodea a este primer empaque, cuando el consumidor lo lleva a casa. Para un *multipack* de galletas por ejemplo, el empaque primario está formado por los paquetes individuales y la bolsa que las contiene. (Emblem y Emblem, 2012).

### **1.2.2.2 Empaque secundario**

El empaque secundario cumple la función de agrupar *multipacks* para facilitar su transporte. Emblem y Emblem (2012). Para continuar el ejemplo anterior el empaque secundario sería el corrugado donde se colocarían varios *multipacks*.

### **1.2.2.3 Empaque terciario**

Este empaque es utilizado para coleccionar los paquetes secundarios para facilitar el transporte. El empaque terciario más conocido es el *pallet* junto al *stretch film* y una etiqueta para asegurar los paquetes secundarios al *pallet* y proveer un medio inmediato de identificación. Jaulas y cajas también son ejemplo de empaques terciarios. (Emblem y Emblem, 2012).

De acuerdo con los autores citados, se siguen utilizando las categorías de empaques que han evolucionado a lo largo de los años, de acuerdo con las necesidades que se presentan, según el producto a empaquetar. Desde los más pequeños hasta contenedores para grandes cantidades, el concepto sigue siendo el mismo, contener, proteger y presentar el producto.

### **1.3 Empaque flexible**

De acuerdo con Jayshree (2010) empaque flexible es un material en forma de láminas que adquieren formas flexibles para formar productos como bolsas, envoltorios, *sachets*, *pouches* y sobres.

Desde el descubrimiento de este tipo de materiales flexibles, se ha desarrollado desde las más simples estructuras, hasta las más especializadas que se pueden encontrar hoy en el mercado.

#### **1.3.1 Historia del empaque flexible**

En 1908, Jacques E. Brandenberger, ingeniero textil suizo, inventó la primera película transparente, celofán; y desarrolló la primera máquina para la producción de hojas transparentes de celulosa regenerada. En 1912 ya se encontraba haciendo films flexibles para máscaras de gas de los que obtuvo patentes de la maquinaria y las ideas esenciales de su proceso. Más tarde E.I. du Pont de Nemours y Co, obtuvo los derechos y empezó a producir y refinar el proceso de fabricación de celofán. Dentro de las mejoras aplicaron una capa de barrera contra la humedad que facilitó el uso del film para envolver alimentos.

Luego este recubrimiento fue mejorando, aplicando cloruro de polivinilideno que agregaba barrera al oxígeno y humedad al celofán dando como resultado la película con barrera no metálica para empaques de alimentos. (Wagner y Marks, 2009).

Existen muchos polímeros como el PE (polietileno), PP (polipropileno), PET (poliester) y PS (poliestireno) que son usados para producir películas

transparentes para empaque; usados en formatos monocapa y multicapa producidas por extrusión y/o laminación. (Wagner y Marks, 2009).

#### **1.4 Materiales usados en la fabricación de empaque flexible**

En la industria del empaque flexible, existe una gran variedad de materiales y materias primas. En el presente estudio se dará relevancia a las resinas sintéticas y sustratos.

Estas resinas y sustratos surgieron en función de los experimentos para mejorar las propiedades de los materiales existentes. Los químicos superaron a sus predecesores para encontrar la mejor alternativa para empaque.

##### **1.4.1 Resinas**

Hay varios tipos de resinas sintéticas y serán aplicadas de acuerdo con las características que se desean lograr en el material a producir.

##### **1.4.1.1 Polietileno**

El polietileno fue sintetizado en 1898 de manera accidental por Hans von Pechmann, un químico alemán, mientras calentaba diazometano.

Posteriormente, fue descubierta también por accidente, la primera síntesis industrial de polietileno, cuando en 1933, Eric Fawcett y Reginald Gibson trabajaban aplicando una presión extremadamente alta a una mezcla de etileno y benzaldehído. (Wagner y Marks, 2009).

El polietileno es una de las resinas más utilizadas para la fabricación de empaques de distintas categorías. Desde alimentos, productos para cuidado del

hogar, para cuidado personal, son empacados utilizando materiales flexibles, obtenidos de ésta. Puede ser adaptado a numerosas estructuras y su costo no es el más elevado del mercado.

#### **1.4.1.1.1 Polietileno de baja densidad**

La síntesis de alta presión de la mezcla de etileno y benzaldehído fue reproducible en 1939 por Michael Perrin, y esta se convirtió en la base para la producción de polietileno de baja densidad (PE). (Wagner y Marks, 2009).

#### **1.4.1.1.2 Polietileno de alta densidad**

En 1951 los desarrollos sobre la síntesis del polietileno giraron alrededor de diferentes tipos de catalizadores que promueven la polimerización del etileno a temperaturas y presiones más bajas. Robert Banks y J. Paul Hogan lograron este desarrollo basándose en un catalizador de trióxido de cromo, este desarrollo se llevó en Phillips petroleum. Posteriormente, Karl Ziegler, un químico alemán, desarrollo el catalizador de haluros de titanio y organoaluminio, trabajando este a más bajas temperaturas que el de trióxido de cromo. Ambos métodos son utilizados en la producción de polietileno de alta densidad, aunque el catalizador de Phillips es más económico. (Wagner y Marks, 2009).

#### **1.4.1.1.3 Polipropileno**

El polipropileno tiene un amplio uso en empaque flexible por su fuerza y alto punto de fusión; hay de varios tipos dependiendo su cristalinidad, tenacidad y otras propiedades que se buscan de acuerdo con la estructura que se desea desarrollar. Es derivado de propileno o metil etileno.

El polipropileno biorientado (BOPP) fue introducido en 1960. Inicialmente se basó en un proceso de soplado y la primera producción comercial fue con Du Pont (Wagner y Marks, 2009).

Este material se encuentra en una amplia variedad de películas y estructuras laminadas porque cuenta con propiedades, como fuerza, tenacidad y alto punto de fusión; posee además excelente procesabilidad.

La excelente fuerza, la baja tensión superficial, baja permeabilidad a gases y líquidos; y facilidad de procesamiento que posee el polipropileno, lo hacen una opción muy atractiva para el uso en films multicapa. Puede usarse para manufacturar películas monocapa o multicapa. En películas multicapa, puede servir como la capa que provee integridad estructural o puede ser usada como una capa menor para otras aplicaciones específicas. (Calhoun, 2009).

De acuerdo con Jayshree (2010) en el proceso de fabricación de *cast*, el polímero es plastificado y homogenizado en la extrusora. Una vez derretido pasa a través de un dado y sale como una cortina ancha delgada que se pasa por un rodillo de enfriamiento. Se le aplica tratado corona, se corta y se enrolla.

#### **1.4.1.2 Polietilentereftalato**

Fue patentado por John Rex Whinfield y James Tennant Dickson en 1941 (también llamado PET o PETE). El Polietilentereftalato es la base de las fibras sintéticas. (Wagner y Marks, 2009).

La mayoría de los PET que se comercializan son derivados de materias primas de petróleo. Las aplicaciones más grandes que tiene el PET en empaque son inyección para envases y películas orientadas biaxialmente.

Tiene buena barrera al oxígeno, pero puede ser metalizado para mejorarla considerablemente. Una debilidad que tiene este material es su pobre sellabilidad por sí solo, por eso generalmente, es recubierto o laminado con un sellante. (Morris, 2016).

Como anteriormente menciona el autor citado, el PET tiene una excelente barrera al oxígeno pero pobre sellabilidad, por lo que es utilizado en combinación, por ejemplo, de un polietileno que permitirá obtener una estructura con barrera y sello.

#### **1.4.1.3 Cloruro de polivinilo**

Este puede ser flexible y rígido. Tiene alta transmisión de oxígeno. Una de sus aplicaciones es embalaje de cortes de carne pues la transmisión que tiene de oxígeno permite que la carne mantenga la apariencia roja. (Morris, 2016).

#### **1.4.1.4 Alcohol de polivinilo**

Las aplicaciones donde se encuentra esta resina son películas para bolsas de lavandería o bolsas para detergentes.

PVOH es un polímero soluble al agua con excelente barrera al oxígeno. Las primeras versiones fueron limitadas pero con el tiempo varias modificaciones fueron aplicadas. Nippon Gosheei por ejemplo hizo un PVOH biaxialmente orientado, para aplicaciones de empaques para alimentos y otros campos por su barrera al oxígeno, resistencia estática y su excelente desempeño. (Morris, 2016)

Cada resina posee ciertas propiedades que las hacen excelentes en distintas áreas industriales. Como mencionan los autores citados, la calidad de la barrera al oxígeno hace que sean las mejores opciones para aplicaciones como alimentos o detergentes en polvo donde se debe tener un manejo controlado de los productos para que conserven sus características, propiedades o nutrientes, por ejemplo.

#### **1.4.1.5 Poliamida**

La poliamida o nylon fue inventada por Wallace Carothers de DuPont en 1930. Existen dos tipos: los que se producen de la reacción de condensación de diácidos y diaminas y los producidos por adición de polimerización de componentes que contienen, tanto ácidos como aminas, por ejemplo, PA66 derivada de la reacción de ácido adípico con hexametildiamina. La nomenclatura PA66 viene del número de átomos de carbono de la diamina y diácido. (Morris, 2016).

Los dos tipos de nylon que más se utilizan en empaque e importantes para el comercio son la PA6 y PA66. PA6 posee resistencia, claridad y, además, tiene una barrera moderada al oxígeno.

Puede ser utilizada como substrato para ciertas aplicaciones de empaque flexible pero esta resina se encuentra en *cast* coextruido o películas por soplado. Esta poliamida se utiliza con frecuencia en empaques, en una o varias capas, para queso o carne. La PA66 también se puede usar en empaque flexible, como embalajes para hervir. Sin embargo, su uso más frecuente es en inyección de partes moldeadas por su excelente resistencia a la temperatura (255 °C vs. 230 °C de la PA6) lo cual también dificulta su utilización en algunos procesos de coextrusión. (Morris, 2016).

#### **1.4.1.6 Alcohol etilenvinílico**

EVOH (siglas del nombre en inglés) es una de las resinas con más alta barrera al oxígeno en empaque flexible. Se ofrecen en variedad de índices de fluidez para procesamiento de películas sopladas o *cast* y procesos de recubrimiento por extrusión. Es transparente, rígido, altamente cristalino y con excelente barrera al oxígeno.

Se puede utilizar en coextrusiones de estructuras rígidas y flexibles. Su alta cristalinidad, puede provocar dificultad al termoformarlo u orientarlo. Por ello, se han desarrollado algunas tecnologías para contrarrestar esta dificultad. Una de ellas es la colocación del EVOH en medio de dos capas de PA6. Se puede encontrar en estructuras que deben proveer larga vida útil a productos como queso, café instantáneo, pastas, cereales, pastas de dientes. (Morris, 2016).

De acuerdo con los autores citados, la poliamida utilizada para empaques de alimentos se emplea en aplicaciones más especializadas para soportar más altas temperaturas en algunos procesos de empaque de alimentos.

En combinación con EVOH se pueden formar estructuras más robustas para productos perecederos que necesitan una alta barrera al oxígeno y propiedades como rigidez.

#### **1.4.1.7 Cloruro de polivinilideno**

Es un polímero de barrera transparente. Dow Chemical lo ha comercializado desde 1940. Se puede usar como polvo para extrusión o en soluciones solventes. Provee una combinación única de resistencia al oxígeno, humedad, grasas y aceite. Además, de su buen desempeño en el sellado, tiene

barrera contra los aromas, excelente transparencia y brillo. Es excelente para usar en impresión, buena resistencia a la abrasión y a la rotura por flexión. Entre sus aplicaciones están los empaques para comida seca, *pouches* retortables y *blisters* para medicinas. (Morris, 2016).

#### **1.4.1.8 Poliestireno**

A temperatura ambiente, este polímero es rígido y se usa en el termo formado de vasos y bandejas.

#### **1.4.1.9 Polímeros de base biológica**

El origen de esta clase de polímeros son las plantas. Algunos son biodegradables o compostables, mientras que otros no cumplen con esto. En el año 2000 se incrementó el desarrollo de este tipo de polímeros por el alza de los costos del petróleo. Estos desarrollos permitieron el abastecimiento de resinas a largo plazo las cuales se apreciaron como un aporte para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, aunque realmente, representaba una pequeña fracción del consumo de los productos derivados del petróleo.

La mayoría de los polímeros de base biológica utilizan cultivos de maíz y caña de azúcar como fuente. (Morris, 2016).

### **1.4.2 Substratos**

Las estructuras para diferentes tipos de empaque se forman de sustratos. Pueden ser utilizados como monocapa o en multicapas para lograr propiedades adecuadas a las necesidades del producto que se empacará.

#### **1.4.2.1 Celofán**

Es una película transparente hecha de celulosa. Tiene baja permeabilidad al oxígeno, humedad, aceite, grasa y bacterias.

#### **1.4.2.2 Aluminio**

Este substrato ha sido usado como una capa de barrera en empaque flexible. Está disponible en diferentes espesores desde 6 micras en adelante. Generalmente, es la capa más costosa en una estructura laminada y se conoce por tener una barrera impenetrable. (Morris, 2016).

#### **1.4.2.3 Film metalizado**

El metalizado se usa para proveer de humedad, oxígeno y una leve barrera. También se utiliza para desarrollar empaques estéticamente aceptables. Entre los sustratos a los que se les puede aplicar el metalizado se incluyen el *pet*, polipropileno, poliamidas y polietileno; sin embargo, los que más se usan en aplicaciones de empaque son *pet* y polipropileno, que han venido a sustituir al aluminio por ser opciones más económicas. (Morris, 2016).

### **1.5 Proceso de fabricación de empaque flexible**

El proceso de manufactura de un empaque flexible incluye varias etapas. De acuerdo con las necesidades o especificaciones que deba cumplir el empaque, así será el número de etapas por las que deberá pasar.

### 1.5.1 Extrusión/coextrusión

El concepto de extrusión de polímeros fundidos nació de la ya existente tecnología de extrusión de comida procesada, desde cereales hasta carnes.

Jayshree (2010) en su artículo *Polímeros en Empaque Flexible*, afirma que este proceso, se alimenta por gravedad desde una tolva montada en la parte superior hacia el barril de la extrusora por materia prima termoplástica en forma de cuentas. Ingresan a través de la garganta de alimentación y entran en contacto con el tornillo. El tornillo giratorio fuerza a las cuentas plásticas a pasar hacia el barril que se calienta a la temperatura de fundido deseada en función del polímero que se utilice en la fórmula. En la mayoría de los procesos se aplica calentamiento gradual para que los polímeros no sufran degradación por sobrecalentamiento.

Por otro lado, coextrusión es la extrusión de múltiples capas de material de manera simultánea. Este proceso utiliza dos o más extrusoras para fundir y trasladar, constantemente, un volumen de diferentes materiales hacia un cabezal donde serán extruidos de la manera deseada. La película tendrá un espesor controlado por las velocidades relativas y los tamaños de cada una de las extrusoras que participen en el proceso. (Jayshree, 2010).

El uso de extrusión o coextrusión dependerá de la aplicación que se le dará al film obtenido. Por medio de las coextrusiones se combinan diferentes resinas en tres o más tolvas. Por ello, hay una amplia gama de propiedades que se le pueden dar a una película, para que sea más atractiva para un uso específico en la industria. Las extrusiones son películas más básicas, sin subestimar las características que se les puede aplicar.

El soplado, que consiste en la extrusión de un tubo de termoplástico fundido, es la técnica que más se utiliza para la fabricación de la mayoría de las películas especializadas en la industria del empaque. El plástico fundido se extruye a través de un dado generalmente vertical y forma un tubo de paredes delgadas, luego el aire se introduce en el centro de la matriz e infla el tubo como un globo. Montado sobre el dado, un anillo con aire a alta velocidad sopla aire para enfriar la película caliente. Este tubo que se va formando luego pasa por unos cilindros de presión para formar una película tubular. (Jayshree, 2010).

De acuerdo con Wagner y Marks (2009), se debe preferir coextruir polímeros por las razones siguientes:

- Permite que en una estructura se tengan las propiedades deseadas de diferentes materiales.
- Se reduce la emisión de solventes usados en los procesos de laminación.
- Se procesan múltiples materiales en un solo paso y se reducen algunas etapas del proceso, costo y tiempo.

### **1.5.2 Impresión**

En impresión flexográfica, se utilizan sellos, generalmente, hechos de fotopolímero para la transferencia de tinta hacia el substrato. Estos sellos se unen con cinta adhesiva especial a unos rodillos.

La tinta es transferida a otro juego de rodillos llamados anilox, que tienen en su superficie millones de pequeñas celdas que van atrapando la tinta. La tinta que queda atrapada en estas celdas es transferida al fotopolímero. Finalmente, el rodillo que tienen los sellos de fotopolímero tiene contacto con el substrato transfiriendo el patrón. (Morris, 2016).

La flexografía inició en Estados Unidos a principios de los años 1920 y se conocía como impresión con anilina. Su nombre se debía a las tintas usadas a base de anilina. Estas tintas se descontinuaron por su toxicidad, sin embargo más adelante, químicos especializados desarrollaron otros colorantes que fueron considerados seguros. En 1952, este proceso recibió el nombre de Flexográfico. (Siconolfi, 1991).

La industria obtiene impresiones de alta calidad al utilizar esta tecnología de impresión sobre los diferentes sustratos o estructuras obtenidas de los procesos de extrusión o coextrusión.

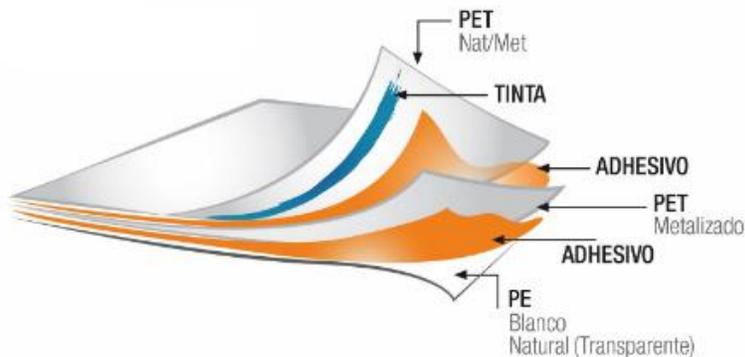
### **1.5.3 Laminación**

El proceso de laminación es un método para unir sustratos en un proceso continuo de embobinado. Con esta técnica, se aplica adhesivo líquido a uno de los sustratos para luego continuar con un proceso de curado por calor o luz UV. El adhesivo para realizar este proceso debe ser a base de agua, base solvente o sin solventes. Los adhesivos sin solventes tienen baja viscosidad. (Morris, 2016).

#### **1.5.3.1 Estructura laminada**

Estructura laminada, es una película conformada por dos o más sustratos unidos por una mezcla especial de adhesivos. Estos sustratos pueden ser iguales o en combinaciones de acuerdo con las necesidades del desarrollo que se trabaja.

Figura 1. Estructura trilaminada



Fuente: Laminaciones técnicas para empaques (2018). *Película laminada*.

#### 1.5.4 Corte/bolseo

El corte o bolseo son las últimas etapas por las que pasa un empaque dependiendo el formato que tenga.

#### 1.5.5 Diseño y pre prensa

El diseño, define la calidad de impresión que se obtendrá en el empaque final, por lo tanto, es una etapa crucial en la cual todos los elementos deben combinarse de manera sistemática, de acuerdo con el resultado que se desea, bonito estéticamente o simplemente un arreglo de textos para una etiqueta.

En flexografía y en otros procesos de impresión, el diseño es el plano visual de líneas, cuerpo y color seleccionados y arreglados de tal forma que éste alcance el objetivo propuesto. Generalmente, el diseño preparado para impresión por flexografía se encuentra en las categorías de decoración, impacto visual, identificación e información. (Siconolfi, 1991).

Una vez definido el diseño, el director de artes lo transforma en un arte preparado para producir sellos de impresión. El arte debe encajar en el empaque terminado con todos los detalles, textos e ilustraciones en la posición correcta de acuerdo con el diseño definido. Todos los textos deben ser capaces de reproducirse limpia y detalladamente en el sustrato especificado, manteniendo el registro. (Siconolfi, 1991).

## **1.6 Innovación**

De acuerdo con Sancho (2007), innovar significa etimológicamente, introducir mejoras en lo ya conocido o producir algo totalmente nuevo.

Al término innovación se le dan diversos significados. Es el proceso de invención en el que nuevas cosas, ideas o prácticas son creadas. (Muñoz, Reyes y otros, 2007).

De acuerdo con Lalwani y Patel (2011), es el proceso de generar y aplicar ideas creativas en un contexto específico. Ocurre cuando alguien usa una invención o idea para cambiar cómo funcionan las cosas.

En el inicio, la innovación se consideraba el resultado de una corriente de conocimiento lineal que abarca desde investigación científica, el desarrollo experimental, la fabricación hasta la comercialización de nuevos productos. (Sancho, 2007).

Como actividad humana, la innovación es poner a trabajar la creatividad. La innovación se ve reflejada en cada una de las combinaciones que se van plasmando en nuevos bienes, métodos de producción, aperturas de nuevos

mercados, conquistas de nuevas fuentes de materias y los nuevos tipos de organización. (Gámez, 2017).

De acuerdo con Guerrero (2011) innovar se asocia con un proceso empresarial que convierte un conjunto de buenas ideas en productos, servicios, procesos, estrategias, métodos que son valorados exitosamente por el mercado y que contribuyen a mejorar las condiciones de un sector de la economía y que beneficia en forma positiva a la sociedad en general.

La innovación es un término que ha tenido incidencia en el campo económico, empresarial e industrial; por lo que su concepción ha variado conforme a su campo de aplicación. (Guerrero, 2011).

Los autores citados, coinciden en que innovación es la creación o modificación de productos a través de la aplicación de nuevas ideas. La aplicación del concepto de innovación, es sin duda, fundamental para que los productos tengan éxito en el mercado y generen las ganancias esperadas. De acuerdo con Sancho (2007) la innovación no, necesariamente, debe ser una invención, pero es importante incluir ciertas novedades ya sea para ser considerada en el mundo (máxima innovación), en un país o en una empresa determinada (mínima innovación).

### **1.6.1 Innovación Industrial**

El concepto de innovación implica una actividad industrial, porque todo proceso que culmina con nuevos productos va unido a su comercialización. La OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) la definía como una nueva idea aplicada hasta su conversión en nuevos productos o mejorados para luego introducirlos en el mercado. Aunque en el inicio el

concepto era reconocido únicamente para las industrias de manufactura, posteriormente se amplía el concepto hacia las industrias de servicios, siempre que significara mejoras económicas en estas industrias. (Sancho, 2007).

El concepto de innovación, como el autor citado lo indica, debe ser visualizado de forma industrial, porque puede ser aplicada a más de en un producto que se desea lanzar. Además, puede aplicarse a cada momento del proceso que aplica para que dicho producto salga al mercado. No, necesariamente, tiene que ser un cambio en el producto, sino en la forma de empacarlo, el tipo de empaque o la maquinaria utilizada.

Con la aparición de los programas de calidad total, se inicia la aplicación de técnicas de mejoras de procesos a todos los niveles de la empresa: productivos, comerciales, administrativos, de soporte, entre otros. Motorola o General Electric con enfoques basados en herramientas estadísticas y que han tenido clara visión de negocio, han demostrado que la innovación en procesos va más allá de un proceso productivo. (Guerrero, 2011).

De acuerdo a Guerrero (2011), Schumpeter distingue cinco formas de innovación: de producto, de proceso, de nuevas materias primas, de nuevos mercados y reorganización industrial.

Además de la anterior clasificación de innovación, también se pueden diferenciar las innovaciones radicales y las graduales o incrementales, que también fueron explicados por Schumpeter. (Rivero, 2009).

Los procesos de cambio avanzan continuamente gracias a las innovaciones graduales. Esto se aproxima a lo que se conoce como mejora continua. Por otro lado, en las innovaciones radicales se generan grandes

cambios por la introducción de un producto o servicio totalmente nuevo, dan lugar, incluso, a transformaciones completas en los sectores donde se aplica. (Rivero, 2009).

Otra clasificación facilitada por el Manual de Oslo es: innovación de producto, innovación de procesos, innovación organizacional e innovación de *marketing*.

#### **1.6.1.1 Innovación de producto**

La innovación de producto se define como el desarrollo de nuevos productos, cambios en diseño o productos ya establecidos, o el uso de nuevos materiales o componentes en la manufactura de productos ya existentes.

Las cuatro fuerzas o factores que conducen un nuevo producto son: estrategia, inversión de recursos y enfoque en los proyectos correctos, marco de referencia para lanzar una idea para desarrollar correctamente los proyectos; y el ambiente correcto para innovar. (Lalwani y Patel, 2011).

#### **1.6.1.2 Innovación de métodos o procesos de producción**

De acuerdo con Davenport (1993) el término innovación de procesos engloba la previsión de nuevas estrategias laborales, la actividad en el proceso y la implementación del cambio en sus dimensiones humanas, tecnológicas y organizacionales. (Barbosa y Dominique-Ferreira, 2012). La innovación de productos y servicios, orientada al mercado, está ligada a la innovación de procesos aplicada en las organizaciones. En ambos casos la difusión dependerá de cómo los usuarios potenciales aceptan la innovación.

### **1.6.1.3 Innovación organizacional**

Tiene lugar cuando se producen cambios organizacionales importantes para incrementar los resultados de la empresa al reducir los costos administrativos, de operaciones, mejorar la satisfacción de los empleados o reducir costos de suministros. Estas innovaciones pueden implicar la puesta en marcha de nuevos métodos para organización de tareas y trabajos rutinarios, así como procedimientos para su realización. Ejemplo de este tipo de innovación es la utilización de técnicas para mejorar el desarrollo de los empleados o para mejorar la retención de los trabajadores. (Rivero, 2009).

### **1.6.1.4 Innovación en el *marketing***

De acuerdo con Rivero (2009) “la innovación en *marketing* es la aplicación de técnicas, métodos o planes nuevos que darán como resultado mejoras en estrategias, posicionamiento o segmentación; diseños de productos o envases; comercialización, distribución y venta; comunicación, promoción y publicidad; y políticas de fijación de precios” (p.58).

Con la puesta en marcha de la innovación en *marketing*, se afrontan las necesidades de los clientes, apertura de nuevos mercados, entre otros, con el objetivo de aumentar las ventas en la organización. La innovación en *marketing* incluye nuevos o cambios significativos en el diseño o envase de los productos.

Se aprecia, desde otro punto de vista, lo mencionado anteriormente. Se puede innovar cambiando los diseños previamente establecidos, mejorando los procesos de manufactura, creando nuevas imágenes promocionales o realizando cambios organizacionales en el equipo de trabajo.

## **1.7 Formulación**

La base para esta etapa se tomará del manual de la máquina por utilizar, donde se definen los diferentes sustratos para utilizar en el equipo y los espesores. A partir de la información anterior se presentará la combinación de sustratos por evaluar como propuesta de sustitución a la estructura original del empaque para jabones en barra.

## 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación inició con la observación del proceso de empaque de jabones en barra y se reconoció una oportunidad de mejora en la productividad en el proceso de empaque. Surgió la necesidad de indagar sobre alguna alternativa de empaque que aumentara las unidades por minuto empacadas en línea.

El análisis del material de empaque se inició con la recolección de unidades empacadas y el material mencionado. La revisión de las dimensiones del jabón y del empaque evidenciaron el cumplimiento de las especificaciones requeridas para el tamaño de jabón. Se analizó la estructura por medio de un proceso de delaminación, esto confirmó que los componentes de esta eran dos películas de polipropileno transparente, cada una de 20 $\mu$ .

Posteriormente, se recolectaron diez muestras de la estructura. Luego, se solicitaron diferentes análisis al laboratorio para conocer las propiedades del empaque. La base para realizar estos análisis de laboratorio fueron las normas ASTM correspondientes a cada tipo de ensayo. Se realizó la medición del espesor del material, determinación de fuerza bond de la estructura, estimación del coeficiente de fricción de la película, resistencia a la tensión, elongación y rasgado de la estructura.

En la etapa siguiente se realizó el costeo del empaque. Luego, se buscaron materiales alternativos para sustituir la estructura del empaque. Luego de investigar sobre sus propiedades, se acordó que el polipropileno *cast* era buen candidato para iniciar las actividades de protocolo de prueba.

Se solicitó la fabricación de una prueba pequeña para iniciar las validaciones en el proceso de fabricación del empaque y del empaque del jabón en barra. Se validó que el material tuvo una buena maquinabilidad durante todas las etapas del proceso de fabricación del empaque flexible, es decir, impresión, laminación y corte.

Dado que el material tuvo buena maquinabilidad durante su fabricación y cumplido su tiempo de curado, se recolectaron las muestras para solicitar los mismos análisis realizados al empaque del jabón en barra y compararlos.

Posteriormente, se solicitó que la planta de producción de jabones en barra autorizara el uso en línea de la estructura propuesta.

Durante las pruebas de empaque, no se enfrentaron inconvenientes en el ajuste en máquina del material. Los parámetros utilizados durante el proceso se registraron igual que con la estructura original. Al correr el material se evidenció buena maquinabilidad en empacadora de jabón. A lo largo de la prueba de empaque se ajustaron los parámetros para obtener la mejora en productividad de empaque. Al finalizar se obtuvo el resultado el esperado, es decir, aumentó el número de unidades empacadas por minuto y disminuyó la temperatura en las mordazas.

La siguiente etapa para validar el material fue enviar dos tarimas de prueba, a evaluación de transporte para determinar el comportamiento del material. Los resultados fueron satisfactorios. El material propuesto quedó validado como una alternativa al empaque original.

### **3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

Se presentan los resultados del análisis de la estructura que se utiliza como empaque primario para jabones en barra. Estos datos se utilizaron como referencia para compararlos con la estructura propuesta para empaque de jabones en barra. Los siguientes resultados incluyen las características de la estructura, así como sus propiedades mecánicas.

#### **3.1 Estructura de empaque primario para jabones en barra**

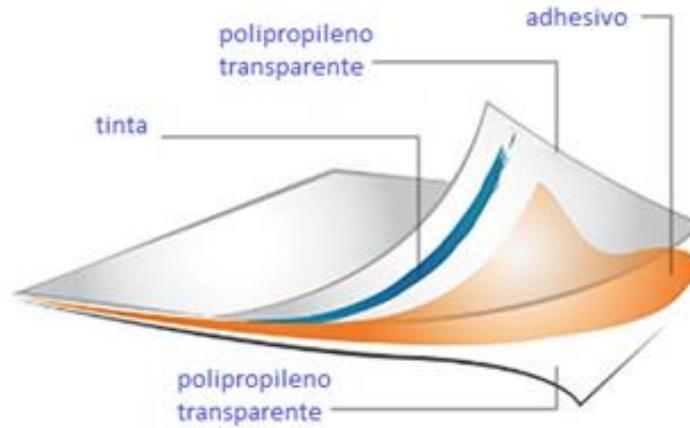
Para el cumplimiento del primer objetivo, se presentan los resultados de la estructura del material destinado para empaque jabones en barra. Se conforma por una película interna de polipropileno transparente, una capa de tinta, una capa de adhesivo y una película externa de polipropileno transparente.

##### **3.1.1 Estructura del empaque**

Cada una de las capas de polipropileno transparente, de acuerdo a la figura 2, tienen un espesor de  $20\mu$  (micras); la tinta y el adhesivo suman  $4\mu$ . La estructura final es de  $44\mu$ .

En la figura 3 se presenta cómo, tanto la capa externa de polipropileno, como la interna, están conformadas por una cara con tratamiento para aplicación de tintas y adhesivos; y otra cara termosellable.

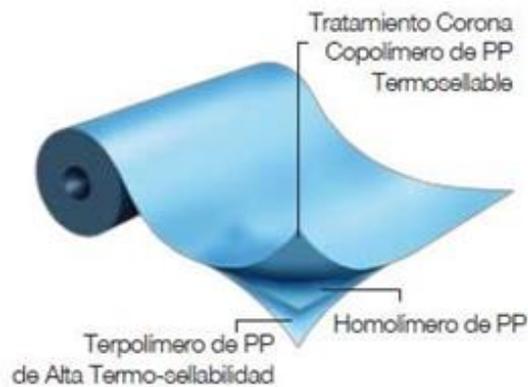
Figura 2. **Estructura original**



Fuente: Laminaciones técnicas para empaques (2018). *Película laminada*.

Las tintas que se utilizan en la estructura, son base solvente, de una línea específica para trabajar con materiales como el polipropileno. Estas son previamente acondicionadas con una mezcla de 80/20 acetato de etilo/etanol.

Figura 3. **Estructura de polipropileno**



Fuente: Dalfilm (2012). *Films de polipropileno*.

La estructura utiliza un sistema de adhesivos de poliuretano, sin solventes, de dos componentes, que promueven alta fuerza de adhesión.

En la tabla I se detallan las especificaciones de porcentaje de sólidos, viscosidad, proporción de la mezcla y densidad, tanto del adhesivo MOR-FREE como del correactante.

Tabla I. **Especificaciones de adhesivo**

<b>Especificación del producto</b>	<b>MOR-FREE™ 980</b>	<b>CR-85</b>
Sólidos	100%	100%
Viscosidad (25°C)	3500-6500 cp	500-900 cp
Proporción de la Mezcla (en peso)	100	45
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1,14	0,95

Fuente: Dow Chemical Company (2013). *Ficha técnica de material.*

### 3.1.2 **Espesor de estructura**

Para medir el espesor de la estructura, se utilizó como base la Norma ASTM D6988-03, Guía estándar para determinar el espesor de muestras de película plástica. Como instrumento de medición se optó por un micrómetro digital diseñado para medición de pequeñas dimensiones.

Figura 4. **Micrómetro digital**



Fuente: elaboración propia.

Se seleccionaron 10 muestras perfectamente limpias para evitar, interferencias en las mediciones de las dimensiones. En cada muestra con un ancho de 201mm, se tomaron 8 mediciones de espesor y se determinó la media aritmética de estas, que según la norma referencia, es aceptable, porque el espesor no se requiere para determinar otra propiedad específica.

Tabla II. **Espesores estructura Bopp trans + Bopp trans**

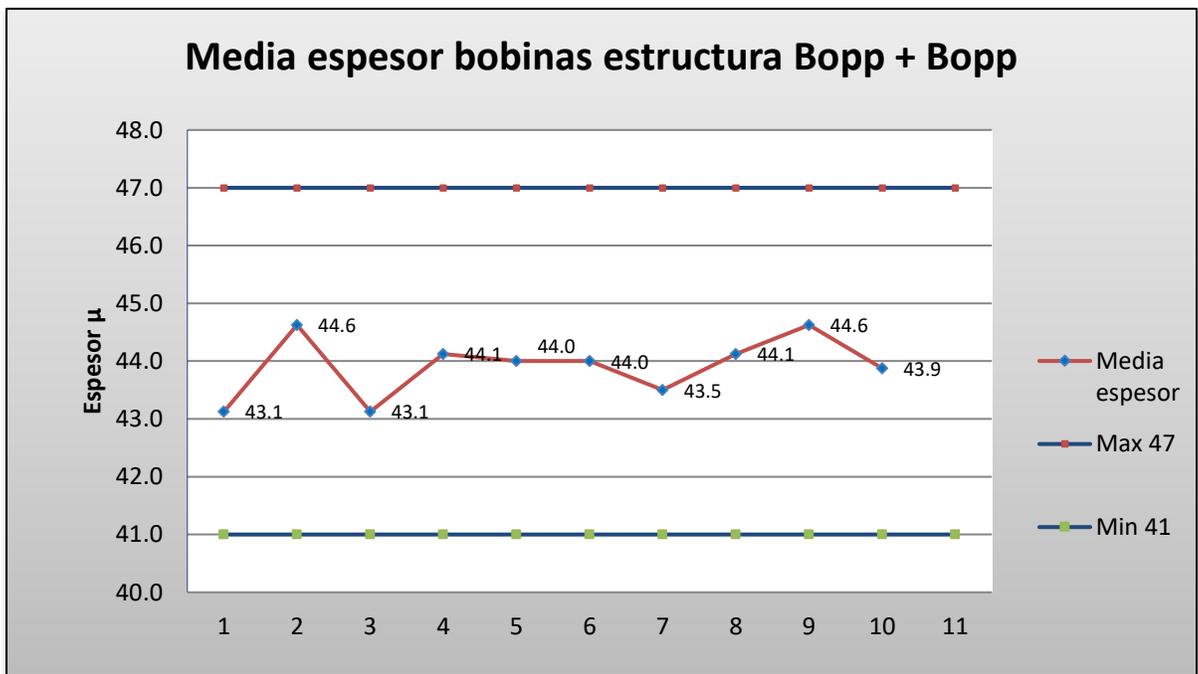
<b>Bobina</b>	<b>Mediciones de espesor</b>								<b>Media espesor</b>
<b>1</b>	43	43	43	43	43	43	44	43	<b>43.1</b>
<b>2</b>	44	45	45	45	44	45	44	45	<b>44.6</b>
<b>3</b>	43	44	43	43	43	43	43	43	<b>43.1</b>
<b>4</b>	44	44	44	44	45	44	44	44	<b>44.1</b>
<b>5</b>	44	44	44	44	45	44	44	43	<b>44.0</b>
<b>6</b>	44	44	44	44	44	44	44	44	<b>44.0</b>
<b>7</b>	43	43	43	44	43	44	44	44	<b>43.5</b>
<b>8</b>	45	44	45	43	44	44	44	44	<b>44.1</b>
<b>9</b>	44	46	45	45	44	45	44	44	<b>44.6</b>
<b>10</b>	44	44	44	44	44	44	43	44	<b>43.9</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se observa cada una de las mediciones de espesor, sus medias respectivas y cómo se mantienen las mediciones muy cercanas al espesor objetivo de la estructura que es  $44\mu$ .

En la figura 5 se observa que la estructura tiene un rango de espesor de  $\pm 3\mu$  y cómo a lo largo de las 10 medias obtenidas, su comportamiento se mantiene dentro del mismo, con un máximo de  $44.6\mu$  y un mínimo de  $43.1\mu$ .

Figura 5. **Media espesor estructura Bopp trans + Bopp trans**



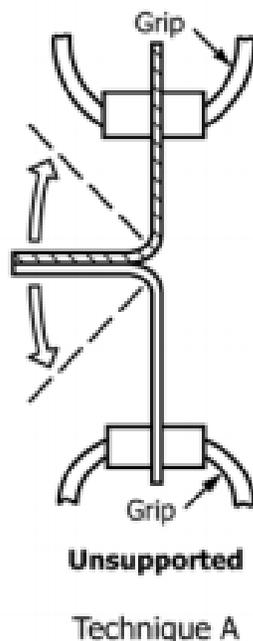
Fuente: elaboración propia.

### 3.1.3 Fuerza bond de estructura

Para determinar la fuerza de bond de la estructura se tomó como soporte la norma ASTM F88/F88M – 15 Método de evaluación estándar para resistencia de adhesivo de materiales flexibles de barrera. Este método determina la fuerza requerida para separar una tira de prueba de material que tiene adhesivo. También identifica el modo de falla de la muestra.

Para este estudio se utilizó la técnica A. Según la norma ASTM F88/F88M – 15. En esta técnica cada cola de la muestra es asegurada en agarraderas opuestas y la parte que tiene adhesivo queda sin refuerzo durante el tiempo en que se realiza la evaluación.

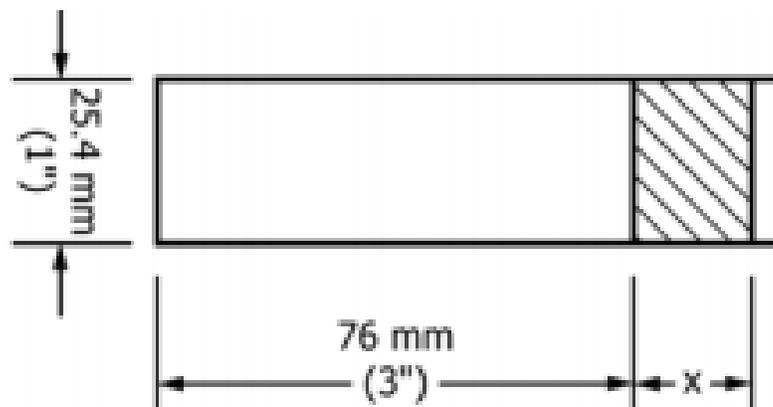
Figura 6. **Técnica A para evaluación de fuerza de adhesión**



Fuente: ASTM International (2016). *Método de evaluación estándar para fuerza de sellado en materiales flexibles de barrera.*

El equipo utilizado para realizar esta prueba es una máquina universal para ensayos. Como se observa en la figura 7, las dimensiones de las muestras son de 1" de ancho y 3" de largo de material delaminado más 1" de material con adhesivo.

Figura 7. **Medidas de las muestras para ensayo de fuerza de adhesión**



Fuente: ASTM International (2016). *Método de evaluación estándar para fuerza de sellado en materiales flexibles de barrera.*

Se tomaron 10 muestras de la estructura para realizar este ensayo. Cada una cumplió con su tiempo de curado. Cada muestra se sumergió en acetato de etilo para provocar la separación entre las películas de la estructura. En esta etapa se delaminó la estructura de BOPP+BOPP.

En las muestras delaminadas de la estructura BOPP+BOPP, se dejaron 3" de material para enganchar cada tira de muestra a la máquina de ensayos. La distancia restante de las muestras se dejó con adhesivo para evaluar la fuerza de adhesión.

Tabla III. Fuerza bond estructura BOPP + BOPP

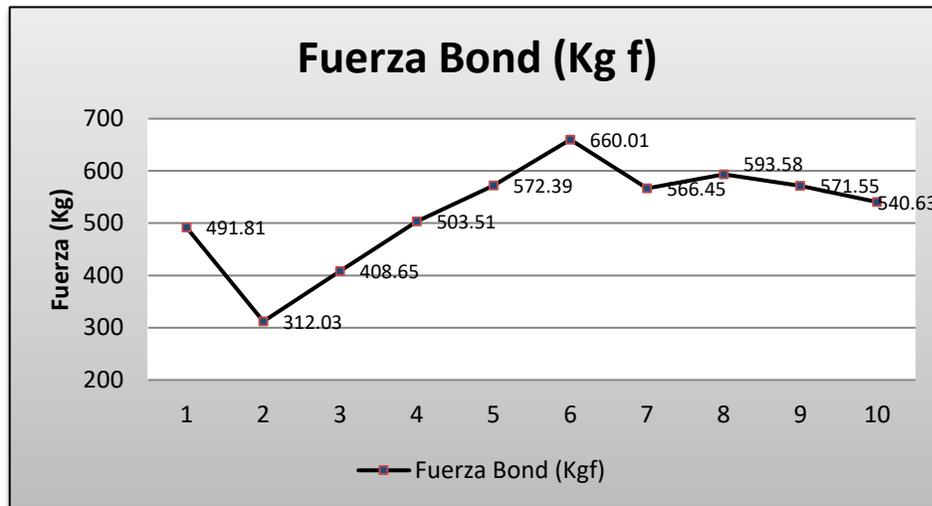
Muestra	Fuerza Bond (Kgf)
<b>1</b>	<b>491.81</b>
<b>2</b>	312.03
<b>3</b>	408.65
<b>4</b>	503.51
<b>5</b>	572.39
<b>6</b>	660.01
<b>7</b>	566.45
<b>8</b>	593.58
<b>9</b>	571.55
<b>10</b>	540.63

Fuente: elaboración propia.

En la tabla III se presentan los resultados del ensayo para fuerza *bond*. Se observa que 312.03Kgf fue la fuerza mínima de bond que se midió y la máxima fuerza de adhesión de la estructura fue 660Kgf.

La gráfica de la figura 8 muestra los resultados de la fuerza bond para la estructura BOPP + BOPP. Se observa que todas las muestras se lograron delaminar en el rango de 300kgf hasta 700kgf, considerándose una buena fuerza de adhesión para el material.

Figura 8. Fuerza bond en estructura BOPP + BOPP



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.4 Coeficiente de fricción de estructura

Para este análisis se utilizó como base la norma ASTM D1894 – 001, Método de prueba estándar para coeficiente de fricción estático y cinético de films y láminas.

Esta norma cuenta con los lineamientos para establecer los coeficientes de fricción inicial y al deslizarse de films plásticos cuando estos se deslizan sobre sí mismos o sobre otros substratos en condiciones específicas (ASTM D1894-001).

Para ejecutar este método se utilizó una máquina universal con un plano estático de metal de 150mm x 300mm x 1mm y un trineo móvil de metal de 63.5 mm cuadrados por 6mm de espesor con un sujetador en un extremo y envuelto en una esponja de goma de 63.5mm de ancho, 3.2mm de espesor y densidad de 0.25g/cm<sup>3</sup>.

Las medidas de las muestras para el plano fueron 250mm x 130mm y las del trineo 120mm<sup>2</sup>. Los resultados para la estructura BOPP transparente + BOPP transparente se presentan en las tablas IV y V.

Tabla IV. **Coefficiente de fricción externo**

<b>PARTE EXTERNA</b>		
<b>ESTRUCTURA BOPP + BOPP</b>		
<b>Bobina</b>	<b>COF ext est</b>	<b>COF ext cin</b>
<b>1</b>	0.5796	0.3288
<b>2</b>	0.4322	0.2568
<b>3</b>	0.4242	0.2442
<b>4</b>	0.4441	0.3053
<b>5</b>	0.4971	0.3085
<b>X</b>	<b>0.47544</b>	<b>0.28872</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Coefficiente de fricción interno**

<b>PARTE INTERNA</b>		
<b>ESTRUCTURA BOPP + BOPP</b>		
<b>Bobina</b>	<b>COF int est</b>	<b>COF int cin</b>
<b>1</b>	0.4372	0.278
<b>2</b>	0.3722	0.2558
<b>3</b>	0.3685	0.2682
<b>4</b>	0.2988	0.1663
<b>5</b>	0.3808	0.3102
<b>X</b>	<b>0.3715</b>	<b>0.2557</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.5 Resistencia a la tensión y elongación de estructura

Como base para determinar estas variables, se utilizó el método ASTM D882-02 Método de prueba estándar para propiedades de tracción de films de plástico.

Para esta prueba se utilizó una máquina universal para ensayos, conformada por dos miembros, uno estático y otro movable, cada uno, con un gancho para asegurar ambos extremos de las muestras que se ensayaron. Las medidas de las muestras fueron 100mm x 25mm.

Los resultados se muestran en las tablas VI y VII.

Tabla VI. Resistencia a la tensión estructura

<b>TENSIÓN</b>		
<b>Bobina</b>	<b>Unidades</b>	<b>BOPP+BOPP</b>
<b>Tensión CD</b>	PSI	29325.25
<b>Tensión MD</b>	PSI	15200

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Porcentaje de elongación estructura**

<b>ELONGACIÓN</b>		
<b>Bobina</b>	<b>Unidades</b>	<b>BOPP+BOPP</b>
<b>Elongación CD</b>	%	137.5
<b>Elongación MD</b>	%	174.85

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.6 Resistencia al rasgado de estructura**

Para la determinación de la resistencia al rasgado, se utilizó como referencia el método ASTM D1922-03a, Método estándar para prueba de resistencia al desgarro de films plásticas u hojas delgadas por medio de péndulo de impulso.

Con este método se determinó la fuerza en gramos promedio requerida para propagar el desgarro a través de una película usando un aparato calibrado de péndulo.

En el caso de las estructuras BOPP + BOPP y BOPP + PPCast, que son relativamente no extensibles, esta prueba tiene su mejor confiabilidad. Los resultados obtenidos son los siguientes.

Tabla VIII. Resistencia al rasgado

<b>RASGADO</b>		
<b>Bobina</b>	<b>Unidades</b>	<b>BOPP+BOPP</b>
<b>Rasgado CD</b>	gr-f	14.4
<b>Rasgado MD</b>	gr-f	25.5

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.7 Rendimiento de estructura

Para el cálculo de rendimiento se tomaron algunas muestras de empaque para pesarlás en una balanza digital.

Tabla IX. Rendimiento de estructura

<b>Rendimiento de Estructura</b>	
<b>Esctructura</b>	<b>U/Kg</b>
<b>BOPP + BOPP</b>	499

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.8 Costo de estructura

Para el cálculo de costo de la estructura, se tomaron de base los precios del mercado de los proveedores de cada una de las materias primas involucradas en los procesos de producción de las películas.

Tabla X. **Costo estructura**

<b>Costo de Estructura</b>	
<b>Esctructura</b>	<b>Q/Kg</b>
<b>BOPP + BOPP</b>	36.9

Fuente: elaboración propia.

### 3.2 Costo de la estructura alternativa propuesta

Con el siguiente resultado, se pretende cumplir el segundo objetivo, una vez definida la estructura laminada que se utiliza para el empaque primario para jabones en barra. Se realizó el costeo de todas las etapas de producción de la estructura alternativa propuesta para determinar la ventaja de esta nueva película en costo sobre la original. En la siguiente tabla se presenta el resultado obtenido al sustituir una capa de BOPP por CPP.

Tabla XI. **Costo estructura propuesta**

<b>Costo de Estructura propuesta</b>	
<b>Esctructura</b>	<b>Q/Kg</b>
<b>BOPP + PPC</b>	36.1

Fuente: elaboración propia.

El resultado presentado en la tabla XI, demostró que con la estructura alternativa se obtiene un ahorro de Q0.80/kg sobre el empaque primario.

### **3.3 Impacto sobre el rendimiento y propiedades mecánicas al sustituir la estructura utilizada por la estructura propuesta**

Confirmado el ahorro que presentó la estructura propuesta compuesta por BOPP y CPP, para cumplir el tercer objetivo, se efectuaron los mismos ensayos que se practicaron en la estructura original para determinar si la propuesta cumplía con las especificaciones requeridas para utilizarse como empaque primario para jabones en barra.

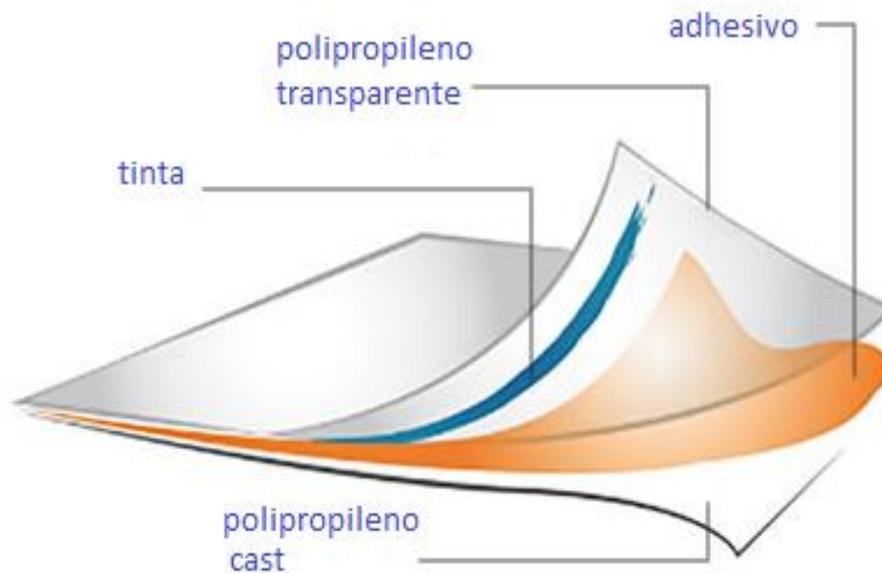
Se analizó el rendimiento, para asegurar que el cambio en la estructura no afectaba esta variable. Se tomaron mediciones de espesor a cada muestra para determinar que la laminación propuesta cumpliera con el estándar para un buen desempeño del empaque; se evaluó la resistencia bond para confirmar la fuerza de la adhesión de los sustratos utilizados en la estructura. Se analizó coeficiente de fricción, variable importante para la maquinabilidad del material al empaquetar el producto y se evaluaron la resistencia a la tensión y rasgado.

Como base, se aplicaron los criterios de las normas ASTM D6988-03 Guía estándar para determinar el espesor de muestras de película plástica; ASTM F88/F88M -15 Método de evaluación estándar para resistencia de adhesivo de materiales flexibles de barrera; ASTM D1894-001 Método de prueba estándar para coeficiente de fricción estático y cinético de films y láminas; ASTM D882-02 Método de prueba estándar para propiedades de tracción de films de plástico y ASTM D1922-03a Método estándar para prueba de resistencia al desgarramiento de films plásticas u hojas delgadas por medio de péndulo de impulso. Los resultados se presentan a continuación:

### 3.3.1 Estructura propuesta

La estructura que se propone está conformada por una película interna de polipropileno *cast*, una capa de tinta, una capa de adhesivo y una película externa de polipropileno transparente.

Figura 9. Estructura propuesta



Fuente: Laminaciones técnicas para empaques (2018). *Película laminada*.

En este caso, la estructura tiene una capa externa de polipropileno biorientado transparente de  $20\mu$ , una capa de tinta, una capa de adhesivo y una capa interna de polipropileno *cast* transparente de  $20\mu$ . En total los componentes de la laminación suman  $44\mu$ .

La película de polipropileno transparente, presenta tratamiento corona en una de sus caras para obtener buena adherencia de tintas y adhesivos y, en la otra, tiene propiedades termosellables.

La película de polipropileno *cast* tiene tratamiento corona en una de sus caras y excelente fuerza de sello en la otra cara, características que adquiere mediante un proceso de extrusión de tres capas.

### 3.3.2 Rendimiento de estructura

En la tabla XII se puede observar que el resultado obtenido para el rendimiento de la estructura BOPP + CPP es 496 unidades por kilogramo. Esto es, 3 unidades menos de empaque por kilogramo.

Tabla XII. Rendimiento estructura propuesta

<b>Rendimiento de Estructura</b>	
<b>Esctructura</b>	<b>U/Kg</b>
<b>BOPP + CPP</b>	496

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3 Espesor de estructura

En la tabla XIII se observa que, por cada bobina, se tomaron 8 mediciones de espesor a lo ancho.

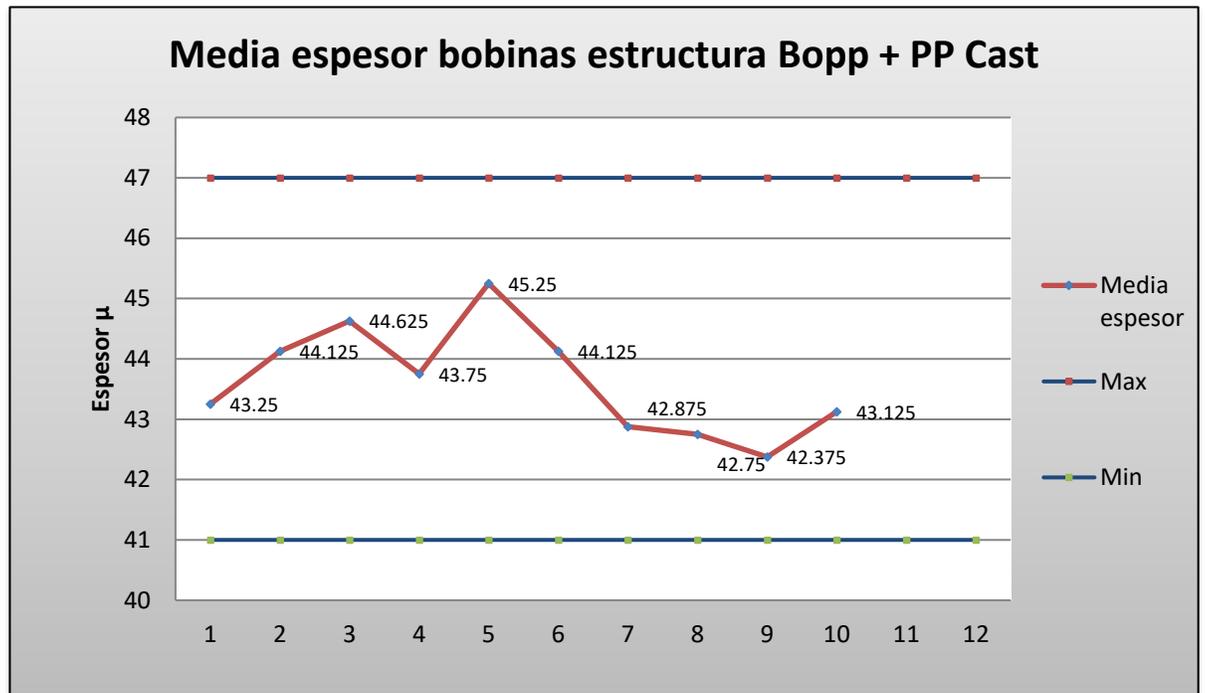
Tabla XIII. **Espesores estructura BOPP-CPP**

<b>Bobina</b>	<b>Mediciones de espesor</b>								<b>Media espesor</b>
1	44	43	43	44	43	43	43	43	<b>43.25</b>
2	45	44	44	44	44	44	44	44	<b>44.125</b>
3	44	44	45	46	46	44	44	44	<b>44.625</b>
4	44	44	44	44	44	43	43	44	<b>43.75</b>
5	44	45	49	46	45	45	44	44	<b>45.25</b>
6	44	45	43	44	44	43	45	45	<b>44.125</b>
7	44	44	43	42	43	43	42	42	<b>42.875</b>
8	42	44	44	43	43	42	42	42	<b>42.75</b>
9	42	42	42	42	42	43	43	43	<b>42.375</b>
10	44	44	43	43	44	43	42	42	<b>43.125</b>

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla anterior, se puede determinar que el comportamiento del espesor está dentro del rango esperado de +/-3 micras.

Figura 10. **Media espesor bobinas estructura BOPP – CPP**



Fuente: elaboración propia.

La gráfica en la figura 10 presenta en cada uno de los puntos, a la media de cada grupo de 10 mediciones que se tomaron a las muestras para determinar el espesor del material. Se observa un límite mínimo en  $41\mu$  y un límite máximo en  $47\mu$ .

Siendo el espesor objetivo de  $44\mu$ , se observa el punto máximo 2.7% sobre el objetivo y el punto mínimo 2.8% abajo del objetivo. Las mediciones se mantienen dentro del rango de espesor.

### 3.3.4 Coeficiente de fricción de estructura

En las tablas XIV y XV se presentan los resultados de los coeficientes interno y externo de la estructura de BOPP + CPP.

Tabla XIV. Coeficientes de fricción externos

<b>PARTE EXTERNA</b>		
<b>ESTRUCTURA BOPP + CPP</b>		
<b>Bobina</b>	<b>COF ext est</b>	<b>COF ext cin</b>
1	0.5796	0.3288
2	0.3561	0.2453
3	0.3639	0.2693
4	0.319	0.2094
5	0.3509	0.2291
<b>X</b>	<b>0.3939</b>	<b>0.25638</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Coeficientes de fricción internos estructura BOPP – CPP

<b>PARTE INTERNA</b>		
<b>ESTRUCTURA BOPP + CPP</b>		
<b>Bobina</b>	<b>COF int est</b>	<b>COF int cin</b>
1	0.23	0.1336
2	0.3358	0.1867
3	0.3177	0.1619
4	0.1876	0.1047
5	0.2401	0.1319
<b>X</b>	<b>0.26224</b>	<b>0.14376</b>

Fuente: elaboración propia.

Las tablas anteriores evidencian que, tanto el coeficiente externo como interno de la estructura propuesta, son menores que los obtenidos en las mediciones de la estructura original y permiten que la película tenga un mejor deslizamiento en proceso de empaque.

### 3.3.5 Resistencia a la tensión y elongación de estructura

En la tabla XVI se observa que la fuerza de tensión que presentó la estructura BOPP + CPP fue de 21168.25 PSI en dirección cruzada, esto es 27.8 % menor que la obtenida con la estructura de BOPP + BOPP. Por otro lado, en dirección máquina la fuerza de la estructura propuesta fue 43.8 % menor con un resultado de 8540.75 PSI.

Tabla XVI. Resistencia a la tensión estructura BOPP – CPP

<b>TENSIÓN</b>		
<b>Bobina</b>	<b>Unidades</b>	<b>BOPP+ PPCast</b>
<b>Tensión CD</b>	PSI	21168.25
<b>Tensión MD</b>	PSI	8540.75

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la elongación, la tabla siguiente presenta los resultados con un 51.95 % para la dirección cruzada y un 145.93 % en dirección máquina. Para la dirección cruzada este resultado fue menor que en la estructura de BOPP + BOPP, sin embargo en dirección máquina el porcentaje fue mayor.

Tabla XVII. **Porcentaje de elongación estructura BOPP + CPP**

<b>ELONGACIÓN</b>		
<b>Bobina</b>	<b>Unidades</b>	<b>BOPP + CPP</b>
<b>Elongación CD</b>	%	51.95
<b>Elongación MD</b>	%	145.93

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.6 Resistencia al rasgado de estructura

En la tabla siguiente se presenta la resistencia que tuvo la estructura al rasgado. En dirección cruzada con 65.75 gr-f fue un 78 % mayor que la original, mientras que en dirección máquina fue menor en un 33 % con 17 gr-f.

Tabla XVIII. **Resistencia al rasgado estructura BOPP + CPP**

<b>RASGADO</b>		
<b>Bobina</b>	<b>Unidades</b>	<b>BOPP+CPP</b>
<b>Rasgado CD</b>	gr-f	65.75
<b>Rasgado MD</b>	gr-f	17

Fuente: elaboración propia.

## **4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1 Análisis interno**

Para la primera etapa del estudio, en la que se definió la estructura de la laminación utilizada para el empaque primario de los jabones en barra, se encontró como oportunidad de mejora el establecimiento de un registro de las estructuras utilizadas para los empaques, así como sus propiedades mecánicas. Esto permitirá tener una base de las especificaciones técnicas que debe cumplir cada empaque según su aplicación y el equipo de investigación se enfocará en la búsqueda de materiales que las cumplan.

En cuanto a la solicitud de fabricación de la muestra de material de empaque, se evidenció que no se tiene un control de las pruebas de material que se solicitan a planta, por lo que el tiempo de respuesta para la fabricación de las mismas es muy largo. Es importante que la gerencia de planta de empaque, defina un proceso para la mejor gestión de los protocolos de prueba que solicitan fabricar.

Durante el análisis de las muestras de las estructuras, se trabajó con equipo de analistas y se evidenció que cuentan con la capacitación para el uso de los equipos, únicamente para cierto tipo de ensayos. Es importante capacitar al personal para realizar todo tipo de ensayos para determinar las características de los materiales con los que se trabaja, además de los cuidados del equipo.

En la etapa de prueba de empaque de jabones en barra, se encontró como oportunidad de mejora que se debe nivelar el conocimiento que tienen los operadores sobre el uso del equipo de empaque, para que el proceso se mantenga normalizado en todos los turnos de producción.

Como fortaleza, la empresa de jabones cuenta con su propia unidad de fabricación de empaque para sus productos. Esto le da una ventaja en el tiempo de respuesta para abastecimiento de sus materiales.

## **4.2 Análisis externo**

De acuerdo con lo expuesto por Illanes (2004) sobre la tendencia que se tiene de reemplazo de envases rígidos a flexibles, así como la sustitución de la hojalata y el vidrio; la estrategia tomada en este trabajo de investigación fue la búsqueda de un sustrato flexible que tuviese las propiedades mecánicas necesarias, así como las características visuales de atractivo al consumidor.

Comparando con lo que Meesuksri (citado por Migone, 2017) indica, que el reemplazo de aluminio por metalizado en envases para bebidas presenta un ahorro de 5 % a 7 %, en este trabajo de investigación, se obtuvo un ahorro de 2.17 % al reemplazar un sustrato de polipropileno biorientado por uno de polipropileno cast.

La Asociación Europea de hojas de aluminio en 2004, según lo indica Cerón-Carillo (2007) dio a conocer que la hoja de aluminio es utilizada como recubrimiento para envases flexibles de alimentos para mascotas, proporcionando mayor resistencia a la esterilización, mejorando la penetración del calor en el proceso y el enfriamiento del producto.

Esta investigación obtuvo, en la estructura propuesta, un coeficiente de fricción menor que en la estructura original, permitiendo aumentar la productividad en el proceso de empaque ya que aumentó el número de unidades empacadas en un 4 %.

Sobre la investigación del uso de nuevos materiales para empaques, se han desarrollado nuevas tecnologías amigables para el ambiente. De acuerdo con Navia y Villada (2013) la Universidad del Cauca, por medio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, trabaja en bioempaques, que se obtienen de recursos agrícolas, especialmente de la yuca. A partir de este trabajo, se pretende continuar aplicando alternativas amigables con el ambiente así como la inclusión de economía circular dentro de la empresa, que permitirá tener un mejor control de los materiales de reproceso, mermas y toma correcta de decisiones al momento de elegir una opción biodegradable para el desarrollo de nuevas propuestas.



## CONCLUSIONES

1. Se determinó que la estructura utilizada para empaque primario de jabones en barra se compone por dos sustratos de polipropileno biorientado transparente de 20 $\mu$  cada uno, más adhesivo y tinta representando 4 $\mu$ ; resultando una estructura de 44 $\mu$ .
2. Se estableció que el costo de la estructura alternativa propuesta de BOPP + CPP es de Q 36.1 por kilogramo, con un ahorro respecto de la estructura original de Q0.80 por kilogramo. El costo por unidad de empaque que se obtiene es de Q0.072 que representa un ahorro de 2.17% en material de empaque.
3. Se determinó que el impacto sobre el rendimiento del material al desarrollar la estructura con CPP es de 1 % a favor de la estructura original con la que se tienen 499 unidades por kilogramo, mientras que con la propuesta 496 unidades por kilogramo. En cuanto a las propiedades mecánicas, las diferencias en los resultados obtenidos a favor de la estructura original, no influyen en la maquinabilidad del material propuesto. Por el tipo de aplicación de la estructura, las fuerzas y porcentajes obtenidos permiten buen desempeño del empaque. Se atribuye el buen performance de la película al coeficiente de fricción que presentó una mejora notable en la estructura propuesta, resultado que se pueden verificar en la sección 3.3.5.

4. Al desarrollar una estructura laminada alternativa para empaque primario, como estrategia de innovación, se evidencia una mejora en la productividad del 4 % en la línea de empaque de la planta de jabones en barra, ya que se aumentó el número de unidades empacadas de 135 a 142 paquetes por minuto.

## RECOMENDACIONES

1. Continuar con el desarrollo de nuevas estructuras para empaques primarios para encontrar la película que maximice el rendimiento del material de empaque y, a la vez, posea las propiedades necesarias para un buen desempeño y protección para el producto desde que se procesa hasta que llega a las manos del consumidor.
2. Aplicar la investigación de mercados para detectar las nuevas necesidades del consumidor y con base en estos requerimientos dirigir las acciones futuras a la búsqueda de alternativas más económicas y que tomen en cuenta factores sociales, culturales y políticos para aportar al cuidado del medio ambiente.
3. Considerar para futuros desarrollos de empaques primarios las estructuras bilaminadas y las monocapas; que pueden repercutir positivamente en el rendimiento del material, además de que se tendrá un ahorro en adhesivo y, como consecuencia, un beneficio en rentabilidad, también es importante desarrollar nuevos sustratos y resinas. En cuanto a propiedades mecánicas, es importante que se estandarice la de coeficiente de fricción que es muy importante para el aumento de la productividad en línea.
4. Desarrollar estrategias de mejora continua, no solo en el área de empaque, sino en procesos de manufactura, aseguramiento de calidad, logística, marketing, recursos humanos; para conseguir nuevas oportunidades para aumentar la productividad en el sistema.



## REFERENCIAS

1. Barbosa, M., y Dominique-Ferreira, S. (2012). La innovación de los procesos. Diferenciación en los servicios turísticos. *Revista Estudios y perspectivas en turismo*, (21), 963-976. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5254019>.
2. Barrantes, R. (2002). *Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo*. Costa Rica: EUNED.
3. Calhoun, A. (2009). Polypropylene. *En J. Wagner Jr. (Eds.) Multilayer Flexible Packaging: Technology and Applications for the Food, Personal Care, an Over-the-Counter Pharmaceutical Industries* (Pags.35-40). Alemania, Inglaterra, Francia, Australia, Japan, United States: Elsevier Science.
4. Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. (s.f). *El Empaque, la mejor carta de presentación para su producto*. Recuperado de <http://herramientas.camaramedellin.com.co/Inicio/Accesoamercados/BibliotecaMercadeo/Elempaquelamejorcartadepresentacion.aspx>
5. Cerón–Carrillo, T. (2007). Evolución y Estado actual de envases utilizados en el procesamiento térmico de alimentos. *Revista Temas selectos de ingeniería de alimentos*. (1), 33-41. Recuperado de <https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No1-Vol-1/TSIA-1%281%29-Ceron-Carrillo-2007.pdf>

6. Laboratorio de Diseño e Innovación para Cundinamarca Artesanías de Colombia (2014). *Concepto, definición, factores y matriz de empaque*. Recuperado de <https://repositorio.artesantiasdecolombia.com.co/bitstream/001/3619/1/INST-D%202014.%20347.pdf>
7. Emblem, A., y Emblen, H. (2012). *Packaging Technology Fundamentals, materials and Processes*. Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delhi: Woodhead Publishing.
8. Gámez, J. (2017). *Emprendimiento, creatividad e innovación*. Bogotá: Ediciones Unisalle.
9. Guerrero, A. (2011). *Innovación: Clave para el éxito de la gestión empresarial en la micro, pequeña y mediana empresa*. *Revista Nacional de Administración*, (2), 61-80.
10. Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
11. Illanes, J. (2004). *Envases flexibles plásticos: Uso y aplicación en la Industria Alimentaria*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Austral, Valdivia, Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fai.29e/pdf/fai.29e.pdf>
12. Jayshree, S. (s.f.). *Polymer in Flexible Packaging*. *Indian Institute of Packaging*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/39062486/Polymers-in-Flexible-Packaging>

13. Lalwani, B., y Patel, R. (2011). *Innovation Management*. (Tesis de Maestría). Tolani Institute of Management Studies. Adipur, India. Recuperado de <https://www.coursehero.com/file/41015891/52133379-Innovation-Managementpdf/>
14. Mazzaglia, S. (2013). *Historia del Jabón*. Recuperado de <https://es.scribd.com/presentation/171707530/HISTORIA-DEL-JABON>.
15. Migone, F. (2017). *Reemplazo del empaque primario flexible de aluminio a metalizado para bebida deshidratada y estimación de tiempo de vida*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3057/Q80-M5-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. Monje, C. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa Guía Didáctica*. Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia. Recuperado de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
17. Morris, B. (2016). *The Science and Technology of Flexible Packaging: Multilayer Films from Resin and Process to End Use*. Estados Unidos: Elsevier Science.

18. Moya, M., y Robles, N. (2010). *Probabilidad y Estadística. Un enfoque teórico y práctico*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
19. Muñoz, R. (1994). Los Rocamora, la industria jabonera barcelonesa y el mercado colonial antillano. *Revista de Historia Industrial*. (5), 151-162.
20. Muñoz, M., Cárdenas, Reyes, A., Rendón, R., y Aguilar, J. (2007). *INNOVACIÓN: Motor de la competitividad agropecuaria. Políticas y estrategias para que en México ocurra*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
21. Navia, P., y Villada, H. (2013). Impacto de la Investigación en Empaques Biodegradables en Ciencia, Tecnología e Innovación. *Revista Biotecnología en el sector agropecuario y Agroindustria*. 11, 173-180.
22. Rivero, F., Asenjo, L., y Martínez, P. (2009). *Claves para innovar en marketing y ventas*. España: Editorial Wolters Kluwer.
23. Salager, J.L., y Fernández, A. (2004). *Surfactantes*. Venezuela: FIRP, Universidad de los Andes.
24. Sancho, R. (2007). Innovación Industrial. *Revista Española de documentación científica*. (30), 553-564. Recuperado de <http://digital.csic.es>.
25. Siconolfi, Frank y otros. (1991). *Flexografía principios y prácticas*. Estados Unidos: Foundation of flexographic Technical Association.

26. Spiegel, M. (1991). *Estadística*. España: McGraw-Hill.
27. Wagner, J. (2009). *Multilayer Flexible Packaging: Technology and Applications for the Food, Personal Care, and Over-the-Counter Pharmaceutical Industries*. Alemania, Inglaterra, Francia, Australia, Japan, United States: Elsevier Science.