



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**REVISIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS Y
ESPECIFICACIONES DE MATERIALES DE
EMPAQUES FLEXIBLES EN EL SECTOR DE
ALIMENTOS**

Autor

Felipe Velásquez Zapata

Universidad de Antioquia

Ingeniería, Mecánica

Medellín, Colombia

2019



Revisión de propiedades mecánicas y especificaciones de materiales de empaques flexibles
en el sector de alimentos

Felipe Velásquez Zapata

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Asesores (a):

Henry Alonso Colorado Lopera, PhD

Areli María Martínez Mattos

Universidad de Antioquia

Ingeniería, Mecánica

Medellín, Colombia

2019.

Contenido

| | |
|---|----|
| Lista de figuras | 3 |
| Lista de tablas | 3 |
| Cronograma de Actividades | 4 |
| Glosario | 5 |
| Introducción..... | 5 |
| Objetivos | 6 |
| Objetivo General | 6 |
| Objetivos Específicos..... | 6 |
| Marco Teórico | 7 |
| Empaque de alimentos | 7 |
| Materiales de empaque..... | 7 |
| Empaques Semirrígidos..... | 8 |
| Empaques Rígidos | 8 |
| Empaques Flexibles | 8 |
| Pruebas mecánicas de los empaques flexibles | 14 |
| Metodología de trabajo..... | 16 |
| Especificaciones medidas actualmente | 17 |
| Máquinas envasadoras usadas en Panal | 17 |
| Problemas presentados | 23 |
| Problemas por material | 23 |
| Máquinas de ensayos en Panal | 26 |
| Guillotina para recorte de probetas Metrotec | 26 |
| Máquina universal de ensayos Techlab Systems MTT-100..... | 26 |
| Selladora de precisión Labthink HST – H3 | 27 |
| Resultados | 28 |
| Conclusiones..... | 32 |
| Bibliografía | 33 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Pceso de extrusión soplado. | 10 |
| Figura 2. Proceso de coextrusión soplado de 5 capas [15]. | 11 |
| Figura 3. Estructura esquemática de un trilaminado [6]. | 12 |
| Figura 4. Tamaño de mercado, por tipo, en billones de dólares [23]. | 12 |
| Figura 5. Estructura Microfoaming [25]. | 13 |
| Figura 6. Bossar B-2500. | 18 |
| Figura 7. Enflex F-14. | 18 |
| Figura 8. Volpak SP 17. | 19 |
| Figura 9. Marzio 6LV. | 20 |
| Figura 10. Máquinas Tecmar 1 y 2, referencia 4C-300. | 21 |
| Figura 11. Tecmar 4C-400 – LF100 – EV250. | 22 |
| Figura 12. Vista frontal y latera de Doy Pack manual. | 23 |
| Figura 13. Grafica de datos de reprocesos en Panal. | 24 |
| Figura 14. Guillotina para preparación de probetas Metrotec. | 26 |
| Figura 15. Máquina de ensayos universal MTT–100. | 27 |
| Figura 16. Selladora de precisión HST–H3. | 27 |
| Figura 17. Ubicación de perforación para punto triple. | 28 |
| Figura 18. Perforadores de máquina Enflex. | 30 |
| Figura 19. Ensayo de Fuerza de Sellado, realizado a laminado para vinagre. | 31 |

Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Cronograma de actividades. | 4 |
| Tabla 2. Sustratos mas usados para empaques flexibles [6]. | 9 |
| Tabla 3. Normas para ensayos de laminados. | 16 |
| Tabla 4. Especificaciones de laminados en máquinas automáticas. | 25 |

Cronograma de Actividades

A continuación, se describen las actividades principales a desarrollar durante la práctica, para dar cumplimiento a la propuesta presentada de proyecto de práctica académica.

Tabla 1. Cronograma de actividades.

| Actividad | F. in. | F. fin. | Responsables |
|--|----------|----------|-------------------------------|
| Registro de Antecedentes | 8/04/19 | 25/04/19 | |
| Revisión de productos con fallas recurrentes | 8/04/19 | 9/04/19 | Felipe V. - Luisa F |
| Revisión de máquinas con fallas recurrentes | 11/04/19 | 12/04/19 | Felipe V. - Luisa F |
| Revisión de proveedores con fallas recurrentes | 22/04/19 | 25/04/19 | Felipe V. - Luisa F |
| Consolidado | 29/04/19 | 30/05/19 | |
| Especificaciones de materiales con defectos | 29/04/19 | 9/05/19 | Felipe V. |
| Comparación con productos de igual estructura | 7/05/19 | 13/05/19 | Felipe V. - Arelis |
| Especificaciones presentes en módulo | 15/05/19 | 30/05/19 | Felipe V. |
| Referencias Bibliográficas | 28/03/19 | 5/06/19 | |
| Tipos de Empaques | 22/04/19 | 20/05/19 | Felipe V. |
| Pruebas realizadas a empaques en la actualidad | 14/05/19 | 27/05/19 | Felipe V. |
| Especificaciones medidas en Panal | 28/03/19 | 5/06/19 | Felipe V. - Luisa F. |
| Posibles mejoras | 6/06/19 | 15/06/19 | |
| Especificaciones para medir | 6/06/19 | 11/06/19 | Felipe V. - Arelis - Luisa F. |
| Métodos de medición | 6/06/19 | 12/06/19 | Felipe V. - Arelis - Luisa F. |
| Datos en módulo | 7/06/19 | 13/06/19 | Felipe V. - Arelis - Luisa F. |
| Mediciones realizables actualmente en planta | 7/06/19 | 15/06/19 | Felipe V. - Arelis - Luisa F. |
| Presentación de trabajos | | | |
| Anteproyecto | 08/04/19 | 02/07/19 | Felipe V. - Henry C. |
| Sustentación | 20/07/19 | 20/07/19 | Felipe V. - Henry C. |
| Trabajo Final | 08/04/19 | 09/07/19 | Felipe V. - Henry C. |

- **Luisa F.:** Luisa Fernanda Flórez Ochoa – Analista de Calidad
- **Arelis:** Arelis Martínez Mattos – Ingeniera de Empaques (Asesora)
- **Henry C.:** Henry A. Colorado – Ingeniero Mecánico (Asesor)

Glosario

- **Termoplástico:** son materiales que tienen una temperatura de fusión por encima de la cual no son sólidos rígidos sino materiales viscoelásticos. Como tales, son fundiciones de plástico blando que pueden conformarse en formas adecuadas para el envasado y otros usos comerciales [9].
- **Barrera:** Es la capacidad de un material para detener o retardar el paso de gases atmosféricos, el vapor de agua y el sabor y aroma volátiles de los ingredientes [6].
- **Doy pack:** Se refiere a un tipo de empaque flexible, el cual se diseña con un fuelle en la base que le permite sostenerse parado (una vez llenado con producto) sin un apoyo externo.
- **Sachet:** se refiere a una bolsa de tamaño pequeño la cual es sellada herméticamente.
- **Sustrato:** Especie química que se observa en una reacción química, que reacciona con un reactivo para generar un producto.
- **Caños:** Término que usa para denotar las cavidades de llenado simultaneo de la máquina.

Introducción

Panal S.A.S. es una empresa perteneciente al grupo Levapan, dedicada a la fabricación de alimentos para el consumo humano masivo. Entre los principales productos producidos se encuentran las salsas, enlatados, compotas, néctares, vinagre, etc.

Panal tiene sus inicios en 1921, cuando nace como una empresa legalmente constituida bajo el nombre de Respin con sede en la ciudad de Medellín, posteriormente en 2010 se consolida como Panamericana de Alimentos, como una nueva empresa del grupo Levapan y se traslada a la ciudad de Rionegro, donde continúa operando en la actualidad.

EL área donde se desarrolla la práctica es Investigación y Desarrollo de Empaques y Envases, la cual se focaliza en la evaluación de materiales y tecnologías que permitan garantizar la durabilidad de los alimentos y asegurar una funcionalidad desde el momento de envasado y en todo el proceso hasta el consumidor final.

Para el empaque de alimentos, en la empresa se tienen diversos materiales como los son los envases de vidrio, hojalata, plástico, empaques laminados, corrugados, entre otros.

Según datos del área de calidad, se puede apreciar que los costos por reprocesos en Panal corresponden en su mayoría, a los materiales laminados. Estos materiales se usan en bolsas Doy Pack y sachet. El valor por reproceso de estos productos corresponde aproximadamente al 65% de los costos de reprocesos totales.

De acuerdo con esta información, se plantea como meta en el trabajo a realizar en la empresa, reforzar las especificaciones técnicas de los materiales de empaque, atendiendo principalmente a los de mayor impacto en la empresa. Para esto se requiere de la verificación de las especificaciones medibles por parte del área de investigación y desarrollo de empaques, haciendo uso de los instrumentos existentes o buscando nuevas alternativas que permitan el cumplimiento del proyecto.

Esta iniciativa se presenta para satisfacer la necesidad de optimizar los procesos productivos en la empresa, eliminando incertidumbres al momento de presentarse fallas en el empaque o envasado de producto, también se tendrá la posibilidad de conocer mejor el rango de funcionamiento de la maquinaria existente en la empresa, al poder medir variables fundamentales para la correcta operación, teniendo un mayor control sobre parámetros y mejorando la productividad y confiabilidad del proceso.

Objetivos

Objetivo General

Estandarizar especificaciones técnicas y funcionales de los materiales empleados en Panal para empaques flexibles, definiéndolas y acordándolas tanto con el proveedor, como con el área interna de calidad, contribuyendo a mejorar la excelencia operacional en planta, garantizando su calidad en la producción, cadena de distribución y vida útil del producto.

Objetivos Específicos

- Apoyar las actividades de desarrollo de pruebas para empaques primarios y secundarios de productos nuevos, validando su funcionalidad, dimensiones y estética, buscando cumplir con las especificaciones acordadas para cada Laminado.
- Implementación de conocimientos desarrollados para puesta en marcha de equipos de medición adecuados.
- Generación de planos y especificaciones de los laminados definidos para el proyecto.

- Apoyar las actividades de mejora continua en planta de producción, buscando elevar la eficiencia en el proceso y en el empleo de los laminados diseñados para cada máquina.

Marco Teórico

Empaque de alimentos

Cuando se trabaja con alimentos, hay muchos factores importantes que tener en cuenta para mantener el buen estado de estos. En este aspecto, tanto el material como el proceso de empaque juegan un rol decisivo en lograr los objetivos de salubridad y evitar los grandes desperdicios de alimento.

Se tienen muchos competidores por el alimento que se produce, especialmente roedores, insectos y microorganismos, que pueden afectar en gran medida en todas las etapas, desde el crecimiento, recolección, procesamiento, almacenamiento y transporte. Si se permite que microorganismos no deseados se reproduzcan en los alimentos, pueden causar fermentación, crecimiento de moho o putrefacción, particularmente las bacterias pueden llegar a hacer los alimentos venenosos para el consumo humano [1].

Para garantizar la vida útil e inocuidad de los alimentos, se han ido desarrollando metodologías y materiales que permiten protegerlos de los diferentes factores externos y microorganismos. Para asegurar que los materiales desarrollados y los procesos realmente estén cumpliendo, se miden diferentes variables que permiten verificar su funcionalidad, dando como resultado especificaciones necesarias para cada tipo de empaque. Estas permiten tener un proceso controlado, reduciendo los desperdicios y asegurando la seguridad del consumidor final.

Las especificaciones técnicas de los envases hacen referencia principalmente a las características técnicas que deben cumplir los materiales de envase y los propios envases, e incluyen también los aspectos como la recepción del material y las condiciones de almacenamiento. Así, se utiliza como herramienta básica tanto para la seguridad como el control de calidad de los envases [2].

Materiales de empaque

De los materiales de empaque, se pueden destacar algunos básicos que son: plásticos, vidrio, metal y materiales celulósicos. Estos se pueden clasificar en diferentes niveles según el tipo de contacto o función con el producto (primario, secundario, terciario y cuaternario) y en diferentes formas (flexible, semirrígido y rígido).

El empaque primario es aquel que se encuentra en contacto directo con el producto contenido, usualmente es el empaque que posee una mayor barrera de protección. Comúnmente, lo que recibe el comprador o consumidor final es solo el empaque primario.

Un empaque secundario es, por ejemplo, una caja de cartón que contiene varios empaques primarios, están cada vez más diseñados para ser usado en puntos de distribución minorista como display (permite la visualización del empaque primario). Un empaque terciario se compone de varios empaques secundarios, siendo el ejemplo más común un pallet de cajas envueltos en papel stretch [4], [5], [3], [9].

Empaques Semirrígidos

Este tipo de empaques está destinado a mantener una forma definida, pero pueden presentar cierto grado de deformación bajo diferentes tipos de esfuerzos. Un claro ejemplo de este empaque son las botellas de plástico, las cuales pueden ser muy moldeables en términos de forma, tamaño y color. El caso particular de las botellas PET tiene mayor influencia en la actualidad, estas poseen una gran transparencia, son muy difíciles de romper y tienen muy bajo peso [7].

Empaques Rígidos

Son aquellos que tienen una forma definida y no moldeable. Su rigidez permite arrumar el producto sobre sí mismo sin sufrir daños. Entre este tipo de empaques se destacan el vidrio y la hojalata para el sector de alimentos [7].

Empaques Flexibles

Los empaques flexibles tienen la posibilidad de ser fabricados en la misma línea donde posteriormente se llenan de producto, o también se puede fabricar el envase previamente sin sellar por completo, de modo que en otra línea de fabricación se llene y se termine de cerrar. La estructura de este tipo de envase puede ser monocapa o multicapa (más de una capa) [2].

Los materiales para empaques flexibles se dejan enrollar, doblar, formar y fraccionar, para posteriormente formar cuerpos tridimensionales. En general, este tipo de envase ofrece una reducción de materiales y peso, en comparación con los envases rígidos [13].

Para la fabricación de empaques flexibles, se muestran a continuación en la *Tabla 2*, los sustratos más usados en la industria y sus características diferenciadoras en cada uno de los casos:

Tabla 2. Sustratos mas usados para empaques flexibles [6].

| Sustrato | Capa en el envase | Características |
|--|--|--|
| PET (BOPET) (Poliéster, poliéster biorientado) | Capa superior muy frecuente | Excelente capacidad de impresión y propiedades visuales brillantes; barrera moderada (WVTR y OTR), resistencia térmica, estabilidad mecánica, para la conversión y rigidez de estuches y bolsas. (La opción más fina). |
| OPP (BOPP) (Polipropileno biorientado) | Capa superior y de sellado muy frecuente | Excelente capacidad de impresión y propiedades visuales; buena barrera (WVTR), con cierre. Alta velocidad de conversión de bolsa. |
| PE (Polietileno) | La capa de sellado más frecuente, por lo general la película más gruesa de la construcción, o para bolsas de superficie impresa. | Buena barrera (WVTR), disponible con aditivos especiales (antiniebla, alto deslizamiento, barrera). |
| CPP (Polipropileno fundido) | Capa de sellado | Alta claridad; excelente rendimiento térmico; disponible en grados de retorta; con cierre. |
| OPA (BOPA) (Poliamida orientada, «Nailon») | Capa superior y central | Excelentes propiedades mecánicas (abrasión, impacto, perforación, desgarró); excelente resistencia química; la solución más frecuente para el envasado al vacío. |
| Lámina de ALU (aluminio) | Capa superior y central | Barrera óptima; pliegues sin memoria; sensible a los defectos mecánicos (poros). |
| película metalizada Met-PET, Met-OPP | Se puede encontrar en todas las capas | Excelente barrera (no tan buena como el aluminio, pero con mucha mayor flexibilidad y resistencia al agrietamiento). |
| Película recubierta PVDC/PET, PVOH/PET, PVDC/OPP y PVOH/OPP. | Se puede encontrar en todas las capas | Buena barrera (no tan buena como el aluminio y la película metalizada). |
| Papel | Capa superior y central | Excelente capacidad de impresión; plegable; respetuoso con el medio ambiente; de rasgado fácil. |

Para la fabricación de materiales flexibles existen diferentes procesos de conversión de materia prima, entre los cuales se encuentra la extrusión soplado, coextrusión y laminación.

En el proceso de extrusión se da forma a una lámina a partir de una resina termoplástica, sometida a temperatura y presión, obligándola a salir por una boquilla anular, mediante la cual se inyecta aire formando una gran burbuja, para obtener el espesor deseado en la lámina, posteriormente pasa por unos rodillos que sirven de guía y por último pasa a un rodillo de enrollado, como se ilustra en la *Figura 1*.

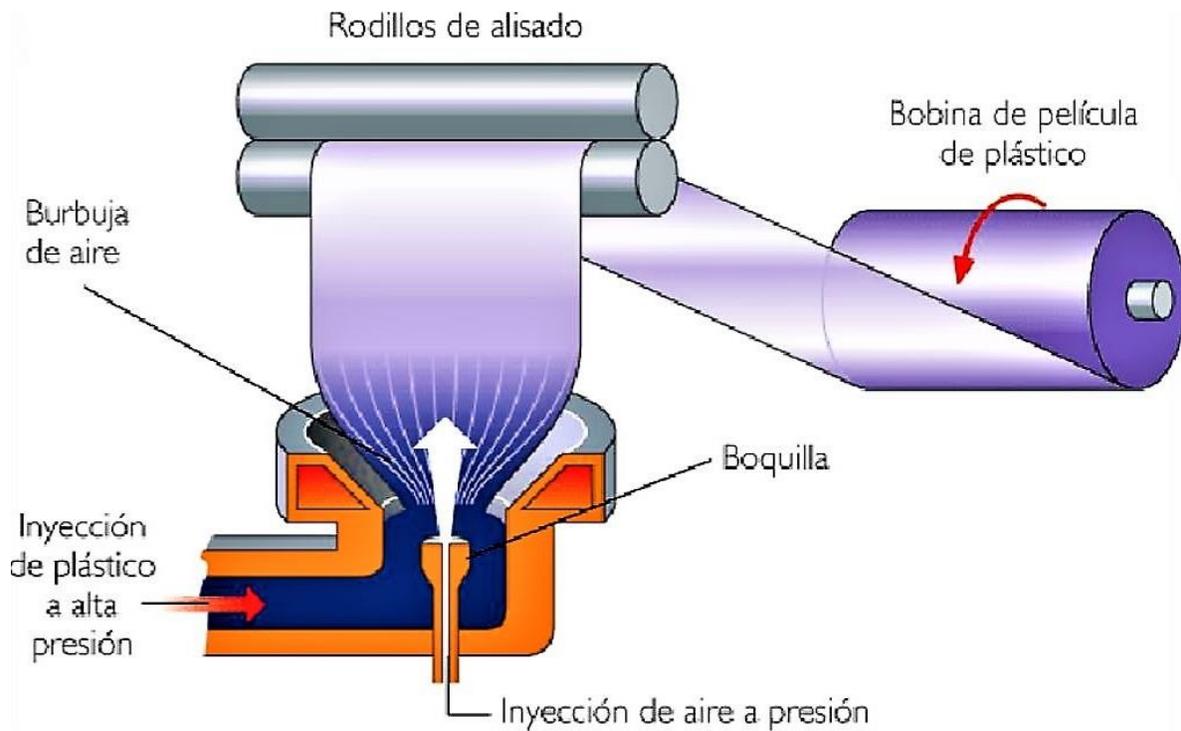


Figura 1. Pocesó de extrusión soplado.

En la coextrusión, se usan varias resinas las cuales son extruidas simultáneamente, formando una sola lámina. Este proceso se realiza buscando mejorar las propiedades del material como lo son la barrera, resistencia química, apariencia, etc., las cuales no se pueden lograr utilizando un solo plástico. Actualmente se producen coextrusiones de 3, 5, 7, 9 hasta 21 capas. Como se observa en la *Figura 2*, donde se tiene una coextrusión soplado de 5 capas.



Figura 2. Proceso de coextrusión soplado de 5 capas [15].

Para el proceso de laminación, se tiene como principal característica el poder combinar sustratos de diferente naturaleza. Los sustratos se emplean en capas delgadas y se unen por medio de adhesivos.

Los laminados más usados están constituidos por 3 capas que son una capa exterior, de buena apariencia, resistencia térmica y que permita la impresión como el Poliéster (PET). Una capa de barrera que ayuda a proteger el producto envasado de factores externos, usando materiales como el poliéster metalizado (PET MET) y una capa de sellado que aseguran la hermeticidad del producto, permitiendo la unión del material por presión temperatura y tiempo como en el caso del Polietileno (PE). También se tiene una capa de adhesivo uniendo las demás capas y de esta forma se combinan formando el laminado básico de los empaques flexibles. A continuación, En la *Figura 3* se muestra la combinación más común para un laminado y cómo se disponen las diferentes capas de sustratos que lo forman [13], [6], [9].

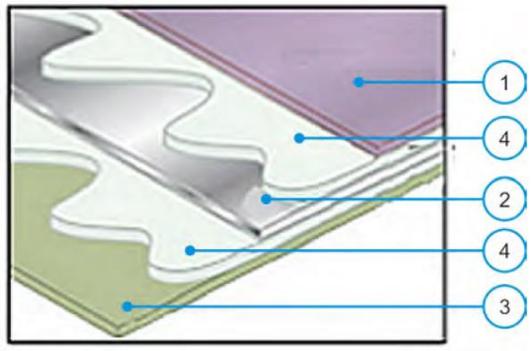
| Estructura esquemática | Capa | Sustratos |
|---|--|--|
|  | (1) Capa superior (impresión) | PET También: OPP, OPA, papel, película metalizada, lámina de aluminio. |
| | (2) Capa central (especial/funcional) | Lámina de aluminio También: OPA, película metalizada. |
| | (3) Capa de sellado (alimentos) | PE También: OPP, CPP, sellado térmico o revestimientos de sellado en frío. |
| | (4) Adhesivo (WB, SB, SL, extrusión) | |

Figura 3. Estructura esquemática de un trilaminado [6].

La implementación de empaques flexibles ofrece una alternativa más económica a otros materiales de empaque, así como una gran versatilidad en temas de diseño, también se destaca la capacidad de producir empaques más livianos, delgados y compactos.

Estos aspectos han permitido que el sector de empaques represente el segmento de más rápido crecimiento en cuanto a empaques de alimentos, exhibiendo una tasa de crecimiento anual compuesto del 5.9% de 2018 a 2025, de acuerdo con la investigación publicada por Grand View Research Inc [22], [23].

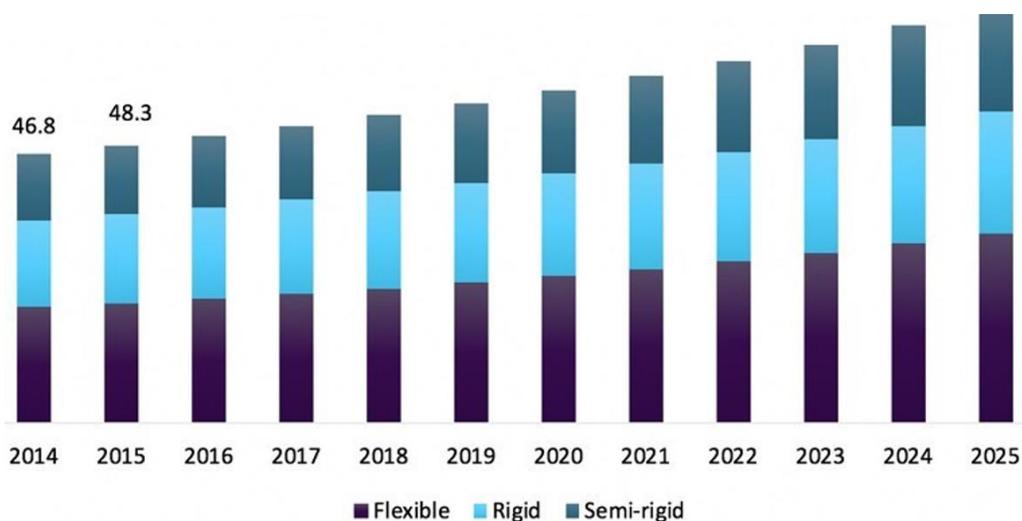


Figura 4. Tamaño de mercado, por tipo, en billones de dólares [23].

A nivel mundial podemos destacar algunas compañías que lideran el segmento de empaques flexibles, como lo son Amcor, Constantia Flexibles, Sonoco, Mondi, Clondalkin Group, Huhtamaki group, entre otras. También a nivel nacional se encuentran compañías como Alico, Flexo Spring, Plastilene, Plasticel, Flexa, entre otras, que tienen gran importancia en el mercado colombiano [16], [17], [18].

Una de las mayores tendencias en la actualidad es la sostenibilidad, teniendo cada día mayores preocupaciones con las problemáticas ambientales, por tanto, al tener productos en similares rangos de precios se tiene el factor ecológico como decisivo.

Las películas de una sola capa no presentan inconvenientes en el proceso de reciclado, pero no ofrecen todas las características de protección, sellado e impresión de las películas multicapa. El proceso de reciclado de películas multicapa ofrece un mayor reto, debido que se usa una gran diversidad de materiales para cada capa del laminado, es difícil la diferenciación visual entre materiales monocapa y multicapa, también se debe llevar a cabo la identificación de cada uno de los materiales del laminado y tener en cuenta las diferencias entre procesamiento y propiedades de cada uno de los componentes [19], [20], [21].

En la actualidad se encuentran en proceso de desarrollo nuevas tecnologías, que pretenden mejorar en términos de sostenibilidad el uso de empaques flexibles. Entre ellas se encuentran el uso de películas compostables a base de almidón y biodegradables, realización de laminaciones con el mismo tipo de material para facilitar el proceso de reciclaje y materiales micro espumados para reducir el material, pero manteniendo el espesor requerido por la máquina envasadora [24].

A nivel nacional, se encuentran ya presentes tecnologías como el micro espumado (Microfoaming), desarrollado por *Dow* que nos permite reducir el peso del empaque entre un 15% y un 25%, para obtener características más económicas y sustentables, por medio de una estructura formada por capas externas sólidas, y en el interior una capa espumada como se muestra a continuación en *Figura 5*.

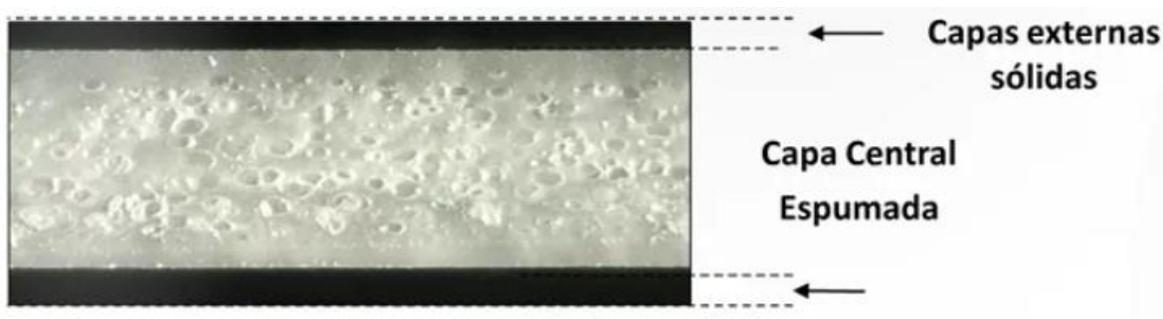


Figura 5. Estructura Microfoaming [25].

El principal inconveniente para las empresas locales se presenta en la alta inversión requerida para maquinaria más especializada, que permita la implementación de tecnologías más nuevas en los empaques flexibles, pero admiten precios más asequibles en el mercado.

Pruebas mecánicas de los empaques flexibles

Los productos de empaque flexibles se encuentran sometidos a diferentes tipos de cargas dependiendo de su aplicación y de toda la cadena de transporte hasta su llegada al consumidor final.

Para asegurar el buen funcionamiento del empaque, se pretende controlar las variables más importantes del material y empaque mediante ensayos, diseño y control de calidad, para reducir pérdidas en producción, así como para tener registro de las especificaciones y rangos de trabajo para cada material en los diferentes tipos de máquinas.

A continuación, se muestran algunos de los tipos de ensayos más conocidos y aplicables a empaques Flexibles:

- **Ensayos de tracción:** Aplicación de esfuerzo en dirección del eje longitudinal de la probeta. Proporciona información acerca de la deformación que sufre el material, conocer el punto de rotura y los esfuerzos producidos. Da un indicio acerca de lo resistente que es el material al ser sometido a un esfuerzo de estirado.
Entre los principales resultados obtenidos se encuentra el alargamiento (a fuerza máxima y rotura) y resistencia a tracción.
- **Coefficientes de Fricción (COF):** Propiedad que nos indica la fricción que sufre el laminado al estar en contacto con otra superficie. Necesario para la correcta operación del material en el proceso de empaque, tanto en forma de bolsa como de rollo. Se mide coeficiente estático (fuerza necesaria para iniciar desplazamiento) y dinámico (fuerza necesaria para mantener el desplazamiento).
- **Medición del Espesor:** Se realiza por medio de un micrómetro electrónico, con el cual se miden diferentes puntos de la película para encontrar valores máximos y mínimos.
- **Ensayo Elmendorf:** Se usa para medir la resistencia de la lámina al rasgado. Sirve para determinar la fuerza necesaria para propagar el rasgado/desgarro de un corte iniciado en una probeta

- **Ensayo de laminación:** Sirve para determinar la fuerza de unión entre las diferentes capas de un material. La separación de las láminas se debe iniciar manualmente, bien sea con calor o con el uso de solventes.
- **Prueba de impacto:** designa la resistencia de un laminado contra los choques o impactos que pudiesen romperlo. En este ensayo se mide la energía que absorbe un laminado mediante la caída de un dardo desde una altura fija, donde se varía la masa de un dardo normalizado.
- **Fuerza de sellado:** Esta propiedad permite asegurar la integridad del cierre del envase, a lo largo del proceso de almacenamiento y distribución del producto, hasta llegar al consumidor [11].
- **Gramaje:** Es el peso de 1m² de material. Permite determinar el rendimiento del laminado, al tener la posibilidad de conocer cuántas unidades puedo sacar en un rollo de material [10].
- **Espesor:** Es una propiedad muy importante en los laminados, debido a que variaciones en el espesor conlleva a variaciones en las demás propiedades.
- **Hot tack:** resistencia al sellado en caliente durante los primeros milisegundos después de que la mordaza se separa de la película plástica. Es importante cuando se realiza el envasado de productos plásticos tipo Flow pack en vertical para que la soldadura inferior de la bolsa no se deteriore (se abra) durante el proceso de llenado del producto.

Los ensayos realizados a los materiales deben estar estandarizados bajo normas que permitan verificar la validez de estos, cumpliendo con condiciones que permitan la repetibilidad del proceso de medición. A continuación, en la *Tabla 3*, se muestran algunas normas con los procedimientos estandarizados y más usados en la medición de las especificaciones en los laminados.

Tabla 3. Normas para ensayos de laminados.

| ENSAYOS | NORMA |
|----------------------|----------------------------------|
| Gramaje | ISO 536:2012 |
| Espesor | ASTM F2251 - 13 /ASTM D6988 - 13 |
| COF estático | ASTM D1894 - 14 |
| COF dinámico | ASTM D1894 - 14 |
| Fuerza de Sellado | ASTM F88 - 15 |
| Tracción | ASTM D882 - 18 |
| Resistencia Rasgado | ASTM 1922 |
| Fuerza de Laminación | ASTM F904 -16 |
| Resistencia Impacto | ASTM D1709 - 16a |
| Hot Tack | ASTM F1921 |

Metodología de trabajo

Para enfocar el trabajo en la necesidad presente en Panal, inicialmente se realiza, en conjunto con el área de calidad, la identificación de los materiales flexibles que más fallos presentan en la planta, separándolos por 2 categorías a evaluar que corresponden a:

- Sachet
- Doy Pack

Una vez se tienen registrados los materiales con fallas frecuentes, se procede a buscar sus fichas técnicas, para agregar las especificaciones dadas por el proveedor de cada material. En principio se usarán las fichas técnicas de los materiales similares que presentan buen funcionamiento para comparar los datos y ver diferencias que puedan dar un indicio de la causa de los fallos.

Si se encuentran variaciones en las especificaciones, se procederá a evaluar si es la causa de los problemas en máquina, y posteriormente se tratará el tema con el proveedor para realizar mejoras en caso de ser necesario.

Si no se encuentra una variación significativa, se procederá a verificar que las especificaciones que se establecieron en la ficha técnica, realmente se estén cumpliendo.

Si todas las especificaciones se encuentran dentro de los parámetros establecidos, y coinciden con las especificaciones de materiales con igual estructura que funcionan correctamente, se iniciara la evaluación de nuevas especificaciones que no han sido tenido en cuenta, con el fin de reducir los costos de reprocesos en la empresa.

Especificaciones medidas actualmente

En Panal, se realizan mediciones de diferentes especificaciones por parte del área de calidad, las cuales se definen desde el área de empaques con el fin de asegurar que el producto que ingresa se encuentra dentro de los parámetros acordados con el proveedor. Las especificaciones medidas para el caso de materiales de empaque flexible son:

- COF (dinámico y estático)
- Gramaje
- Espesor
- Dimensiones

Además de estas variables, en el área de Investigación y desarrollo se tienen los equipos para la medición de otras variables, pero no se miden actualmente, las cuales son:

- Fuerza de sellado
- Ensayos de tracción
- Fuerza de laminación
- COF
- Dureza (Shore A)

Máquinas envasadoras usadas en Panal

Una de las consideraciones para tener en cuenta durante el trabajo será determinar las máquinas donde suceden la mayor cantidad de problemas recurrentes, por lo que se presentará brevemente cada una de las máquinas utilizadas para el proceso de envasado en materiales flexibles en la planta, tanto para empaques en presentación de sachet como para doy pack.

En Panal se cuenta con 11 máquinas para el llenado de empaques flexibles, distribuidas de la siguiente forma: Para doy pack se tienen 3 máquinas automáticas (Bossar, Enflex y Volpak) y 4 máquinas manuales, mientras que para sachet se tienen 4 máquinas automáticas (6LV y Tecmar 1, 2 y 3).

Bossar

Máquina envasadora horizontal automática, modelo Bossar B-2500/STU, adquirida aproximadamente en el año 2000. Se usa para productos doypack de 200g, tanto de laminado metalizado como alta barrera

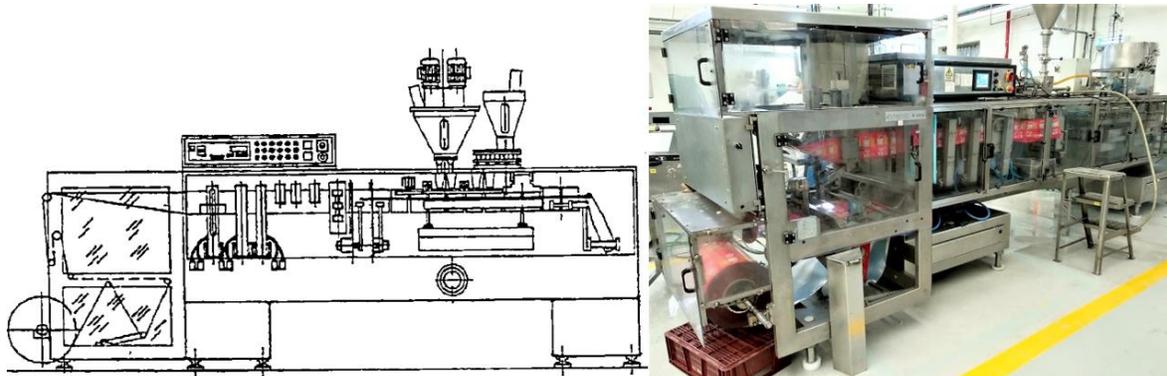


Figura 6. Bossar B-2500.

Enflex

Máquina envasadora horizontal automática Enflex F-14-Dpk-ce-R del año 2005. Esta máquina es usada para doypack en formato de 200g, solo se usa actualmente para laminado metalizado.

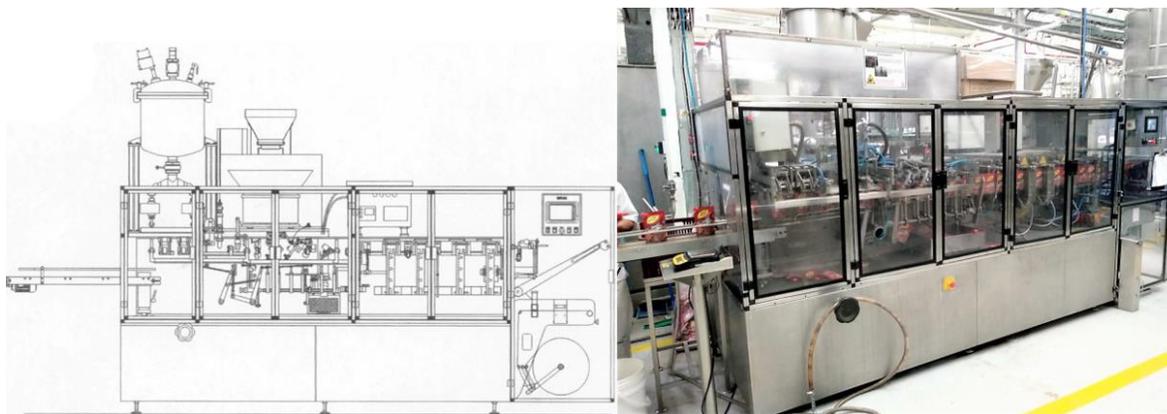


Figura 7. Enflex F-14.

Volpak

Última máquina envasadora horizontal automática adquirida por la empresa, modelo Volpak SP 17, la cual aún se encuentra en el proceso de pruebas, donde se le están agregando nuevos productos para su operación.

Esta máquina se tiene pensada para trabajar en todos los formatos de doypack (200g, 400g, 600g y 1000g), con lo cual se va liberando trabajo de las máquinas doypack manuales, debido a que estas son más ineficientes, y no había máquinas automáticas donde trabajar los formatos de 400g, 600g y 1000g.

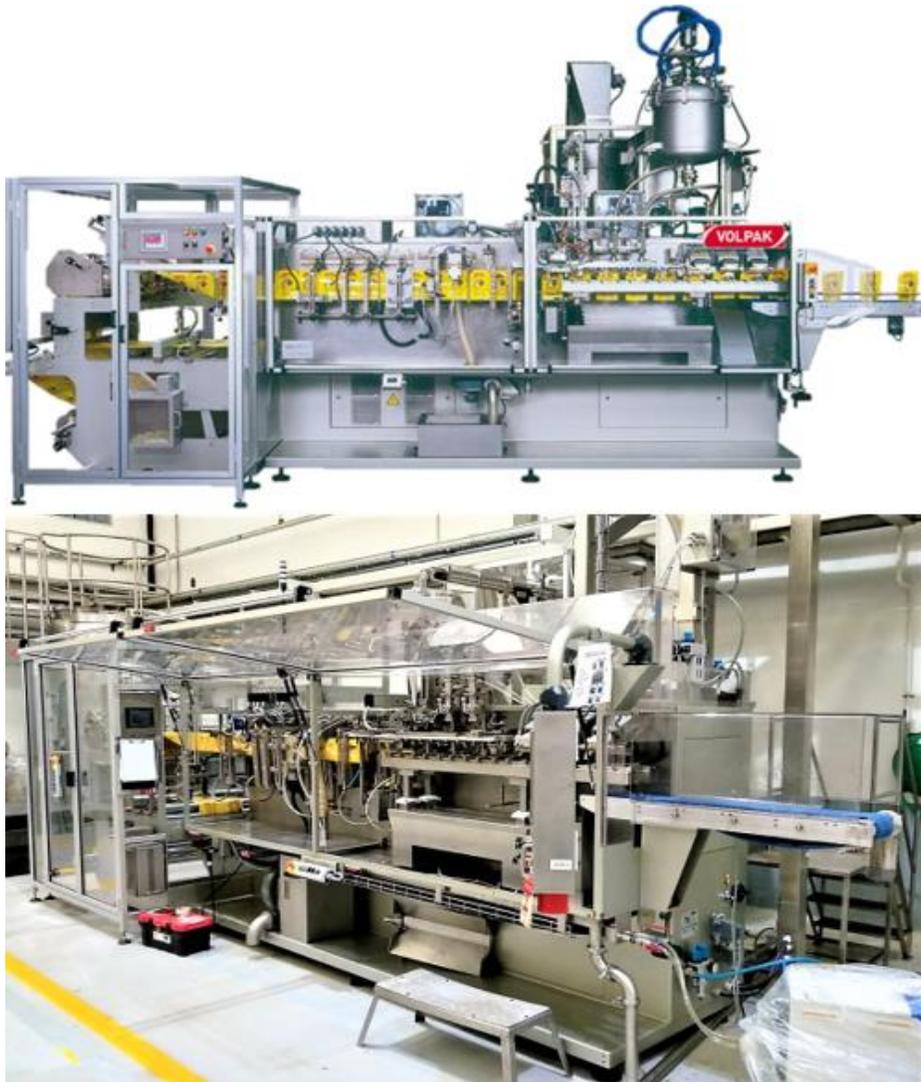


Figura 8. Volpak SP 17.

6LV

Máquina dosificadora vertical automática de origen nacional, de la empresa Empacando S.A.S. con referencia Marzio 6LV, entregada en 2012. Se usa para el llenado en Vertical de producto en sachet. Se tiene funcionando con 4 caños, para laminados metalizados y alta barrera en formatos de 50g, 65g y 90g.



Figura 9. Marzio 6LV.

Tecmar 1 y Tecmar 2

Máquinas envasadoras verticales automáticas, modelo Tecmar 4C-300 LF-LFB-6, del año 2003 y 2009 respectivamente. La Tecmar 1 se usa en sachet laminado alta barrera de formato 8g. La Tecmar 2, se usa para formatos de 8g, 10g y 20g en laminado metalizado y alta barrera, adicionalmente para vinagre en sachet de 25 cm³. Ambas máquinas funcionan con 6 caños para el llenado del sachet.



Figura 10. Máquinas Tecmar 1 y 2, referencia 4C-300.

Tecmar 3

Máquina envasadora vertical y estuchadora automática Tecmar 4C-400 – LF100 – EV250 del año 2017. Usada en el envasado de sachet de 90g, con 6 caños, además se encarga de empackar los sachet en display automáticamente.

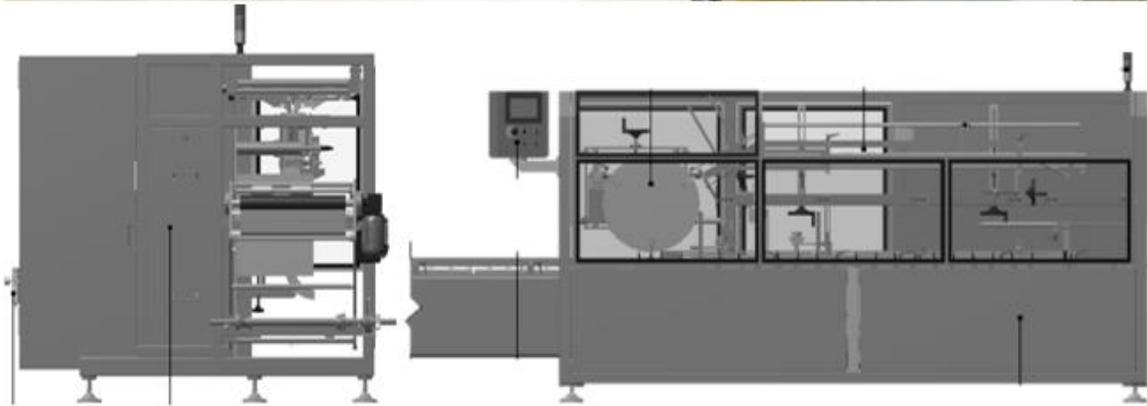


Figura 11. Tecmar 4C-400 – LF100 – EV250.

Doy pack manual (1, 2, 3 y 4)

Las máquinas envasadoras manuales se usan para productos de laminado metalizado y alta barrera, para formatos de 400g, 200g y 1000g. cuentan con una boquilla de llenado, un par de mordazas en caliente para el sello y otro par de mordazas en frío para para asegurar el buen sellado.



Figura 12. Vista frontal y latera de Doy Pack manual.

Problemas presentados

Para la revisión de problemas presentados se revisó por material, máquina y proveedor. Se realizó con acompañamiento del área de calidad y con el apoyo de los registros de reprocesos en la empresa, con lo que se pudo destacar los siguientes problemas recurrentes presentados.

Problemas por material

Luego de revisión con calidad, se determinaron los principales problemas presentados en materiales flexibles, los cuales corresponden a los productos en presentación de doypack y sachet. A continuación, se muestran los materiales que presentaron problemas y que tipo de problema presentó.

Sachet:

- Salsita negra
- Vinagre (BOPP + PEBD)

Doy Pack manual

En los materiales para doypack manual, los cuales corresponden a bolsa preformada, se presentaron fugas en el punto triple.

- salsa tomate SJ 400
- salsa tomate SJ 1000
- mayonesa Respin 400

Doy Pack automática

- salsa tomate 200
- pasta tomate 200
- Bar-BQ 200

Problemas por máquina

De acuerdo con los datos de reprocesos presentados en la empresa, se evidencia que las máquinas para materiales flexibles que mayor cantidad de problemas repetitivos presentan son:

1. Tecmar 2
2. Doy Pack Manual (1, 2 y 3)
3. Tecmar 1
4. Enflex

En las máquinas envasadoras de materiales flexibles, se encuentra aproximadamente el 67% de los costos por reprocesos (principalmente fugas) de toda la empresa durante el último año, y para las máquinas descritas aproximadamente el 55%, lo que muestra el impacto que tiene la fabricación de productos laminados para Panal.

Costos de reprocesos en Panal 2018-2019

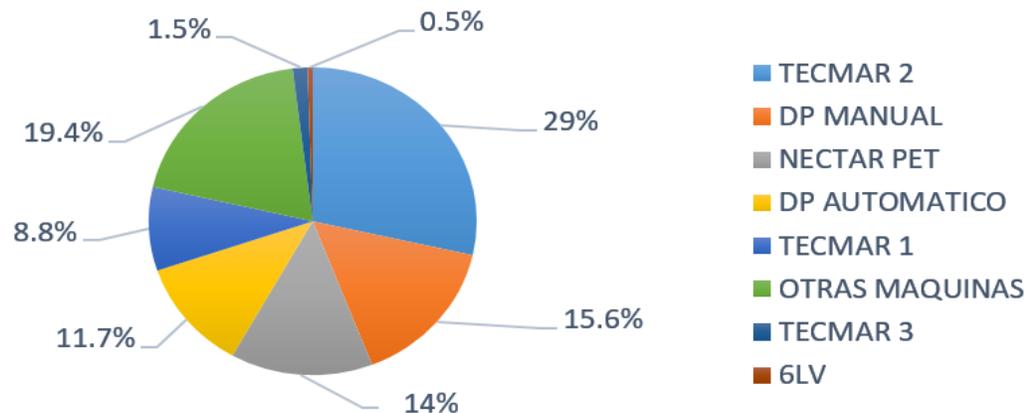


Figura 13. Gráfica de datos de reprocesos en Panal.

A continuación, se muestra en la *Tabla 4*, un comparativo con las especificaciones de los laminados para las máquinas automáticas (Rollo).

Tabla 4. Especificaciones de laminados en máquinas automáticas.

| Máquina | | Tecmar 1 | | Tecmar 2 | Enflex | | |
|---|------------------------|--------------------------|---------------|----------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| Producto | | Salsita negra sachet 7ml | | vinagre 25 cm3 | Salsa de tomate 200 | | Salsa Bar-BQ |
| Proveedor | | Alico | Flexo Spring | Etiflex | Flexo Spring | Plasticel | Flexo Spring |
| Estructura | | PET+ PE-EVOH | PET+ PE COEXT | BOPP+ PEBD | PET+ PET MET+ PE COEXT | PET+ PET MET+ PEBD | PET+ PET MET+ PE COEXT |
| Especificaciones dadas por el proveedor | Ancho boina mm | 645 ±2 | 646 ±2 | 646 ±2 | 394 ±2 | 394 ±1 | 394 ±2 |
| | Dist. Fococeldas mm | 80 ±5 | 80 ±0 | 120 ±2 | 110 ±1 | 110 ±1 | 110 ±1 |
| | Calibre µm | 60 ±10% | | | | 146.7 ±10% | |
| | Gramaje g/m2 | 65.2 ±10% | 71 ±10% | 71.44 ±10% | 153.4 ±10% | 147.02 ±10% | 153.4 ±10% |
| | Rendimiento m2/kg | 15.3 ±10% | | | | | |
| | COF D-D | | <0.25 | 0.25 ±0.015 | <0.25 | 0,3 | <0.25 |
| | COF C-C | | | 0.3 ±0.015 | <0.30 | 0,4 | <0.30 |
| | T. sellado | 140 ±20 | 160 | 180 | 180 | 150 ±10 | 180 |
| | Fuer. Sellado gf/in | >2500 | >1000 | 1350 ±100 | >1400 | >1000 | >1400 |
| | Fuer. Laminación gf/in | >200 | >500 | | >200, >200 | >300, >700 | >200, >200 |
| | Rendimiento unidad | | 0.61 ±6 | | 6.65 ±0.66 | | 6.65 ±0.66 |
| | Rendimiento kilo | | 1639 +179-147 | | 150 +17-13 | 157 | 150 +17-13 |
| | Rendimiento por bobina | | | | | 6312 | |
| | OTR cc/(m2*24h*atm) | <5 | <5 | | <2 | 0,2 | <2 |
| | WVTR g/(m2*24h*atm) | <10 | <5 | | <2 | 0,17 | <2 |
| Solventes retenidos g/m2 | | <20 | | <20 | <15 | <20 | |

Máquinas de ensayos en Panal

En el laboratorio de empaques de Panal, se cuenta actualmente con los instrumentos necesarios para medir algunas especificaciones de los materiales, tanto flexibles como los demás materiales usados. Entre los instrumentos de ensayos se encuentra una máquina universal y una selladora de precisión.

Guillotina para recorte de probetas Metrotec

Este instrumento está diseñado para cortar probetas de 1 in de ancho, para realizar las pruebas posteriormente en la máquina de ensayos universal. Consta de una cuchilla doble y una palanca que permite sostener la muestra, de modo que no se mueva y asegurar un corte más preciso.



Figura 14. Guillotina para preparación de probetas Metrotec.

Máquina universal de ensayos Techlab Systems MTT-100

Una máquina universal, permite realizar ensayos a tensión y compresión, y los ensayos realizables dependen de los accesorios que se tengan disponibles.

En Panal, la máquina universal tiene disponibles un par de pinzas neumáticas usadas para sostener los laminados y poder realizar pruebas a tensión, como es el caso de la fuerza de sellado, fuerza de laminación y ensayo de tracción. También se tiene un soporte y un punzón, que permite sostener una lámina de material y posteriormente tratar de perforarla con el punzón para medir fuerza de perforación. Por último, está el aditamento para medir COF, que consta de un plato de soporte con una polea, a través de la cual pasa un hilo unido a un plato más pequeño que será el que se arrastre a lo largo de la probeta y permitirá realizar el ensayo de COF estático y dinámico.



Figura 15. Máquina de ensayos universal MTT-100.

Selladora de precisión Labthink HST – H3

La selladora disponible, permite la regulación de tiempo de contacto de mordazas, presión ejercida en el sello y temperaturas independientes en las mordazas.

Es de gran importancia porque permite, en conjunto con la máquina universal, la realización de curvas de sellado, con las cuales se grafica a una presión y tiempo determinados, la fuerza de sellado vs temperatura, para encontrar el punto ideal para la realización de sellos en un material determinado.



Figura 16. Selladora de precisión HST-H3.

Resultados

Doy Pack manual: Para tener una mayor claridad acerca del problema de fugas en los empaques tipo Doy pack, primero se debe hacer énfasis en su diseño, el cual posee un fuelle en la parte inferior, que se trata de un panel horizontal que permite que la bolsa se mantenga parada sin soporte alguno una vez que se llena. Para la realización del fuelle se deben realizar unas perforaciones en el material, las cuales permiten que entren en contacto las caras internas del laminado y se produzca posteriormente una unión por termosellado, dando forma al fuelle. Esto se hace debido a que las caras externas tienen mayor resistencia térmica y no poseen una buena soldabilidad [12].

Como se muestra a continuación en la *Figura 17*, se hacen unas perforaciones en la parte donde se formará el fuelle, para después realizar el sellado de este y así darle la forma característica a la base del doy pack.

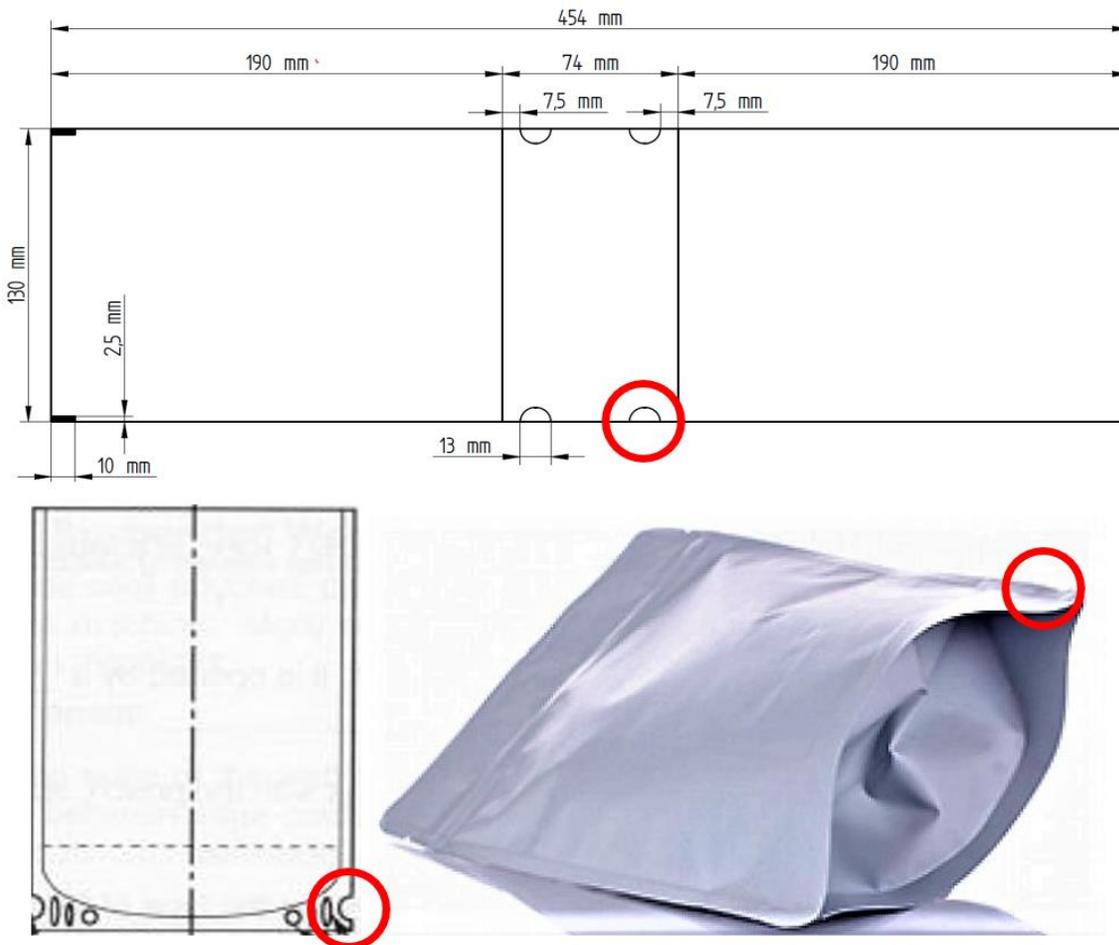


Figura 17. Ubicación de perforación para punto triple.

Anteriormente se presentaban regularmente problemas por fugas en el sellado en las máquinas de doy pack manual, este problema se trabajó con el practicante anterior, donde se lograron encontrar problemas de altas variaciones de temperatura en las mordazas, además de que solo se calentaba una de las mordazas y no se tenían instalados accesorios en la máquina que permitieran determinar la presión con la que se estaba trabajando. Esto se solucionó mediante la implementación de resistencia en ambas mordazas, calibración de temperatura e instalación de medidores de presión de aire a la entrada de la máquina.

Los problemas que se presentan actualmente son por fugas en el punto triple, pero por ser bolsa preformada este sello en el punto triple lo realiza el proveedor, por lo que se deberá revisar como realizan el proceso y en que máquinas para tener un mejor entendimiento de las posibles causas.

Enflex: para esta máquina se tiene la producción de salsa de tomate, pasta de tomate y Bar-BQ en presentaciones de 200g. El material de empaque, en este caso laminado metalizado viene en presentación de rollo, y la máquina se encarga de armar la bolsa Doy Pack y llenar el producto. El problema presentado era que los perforadores no lograban hacer correctamente el orificio en el laminado para posteriormente realizar la unión del punto triple.

Se planteó la posibilidad de que se tuvieran problemas por parte del laminado, por tanto, se presentó la propuesta por parte del área de empaques de realizar medición de la variable de fuerza de rasgado del material. No se tenía una certeza de la relación entre la fuerza de rasgado y la capacidad de realizar la perforación, se realizaron reuniones con los proveedores para certificar esta variable en el material, pero la máquina necesaria para verificar la medición requería de una inversión significativa. Se realizó cambio de perforadores sin lograr una completa mejoría. Después de esto se cambió el proveedor de perforadores, con lo que se dio solución al problema presentado y se descartó la evaluación de la fuerza de rasgado para los laminados.



Figura 18. Perforadores de máquina Enflex.

Tecmar 1: Para esta máquina se tenían problemas en la salsita negra, debido a que esta presentaba más tensión en una cara del sachet que en la otra. Para solucionar esta novedad, se acordó con el proveedor un valor para el COF, con lo que se logró mejorar notablemente el problema que se presentaba.

Tecmar 2: Actualmente es la máquina que más novedades presenta, específicamente en la operación de envasado de vinagre en sachet x 25 cm³. Para este material se realiza una revisión del historial de novedades presentadas y mejoras aplicadas. Se encontró que la máquina, al no presentar la variable de tiempo de contacto, se gradúa por medio de la velocidad general de trabajo de la máquina y en el momento de las últimas mejoras se encontraba trabajando a una velocidad de 28 golpes/minuto, cuando en la actualidad se tenía a 39 golpes/minuto. Esto aumento de velocidad de trabajo de la máquina generaba una disminución en el tiempo de contacto de la mordaza, por lo que se presentaban mayor cantidad de fugas en los sellos del sachet.

Adicionalmente se realizaron pruebas de fuerza de sellado por medio de la maquina universal de ensayos, con resultados acordes a los requerimientos, donde se espera que la fuerza de sellado sea mayor a 30 N para las medidas de la probeta, y se evidencia una fuerza de sellado de aproximadamente 40N como se muestra en la *Figura 19*, lo que indica que fuerza de sellado está dentro de especificaciones (aprox 1680 gr/in²) y los problemas del material pueden corresponder a otras variables como lo es la fuerza de sellado en caliente.

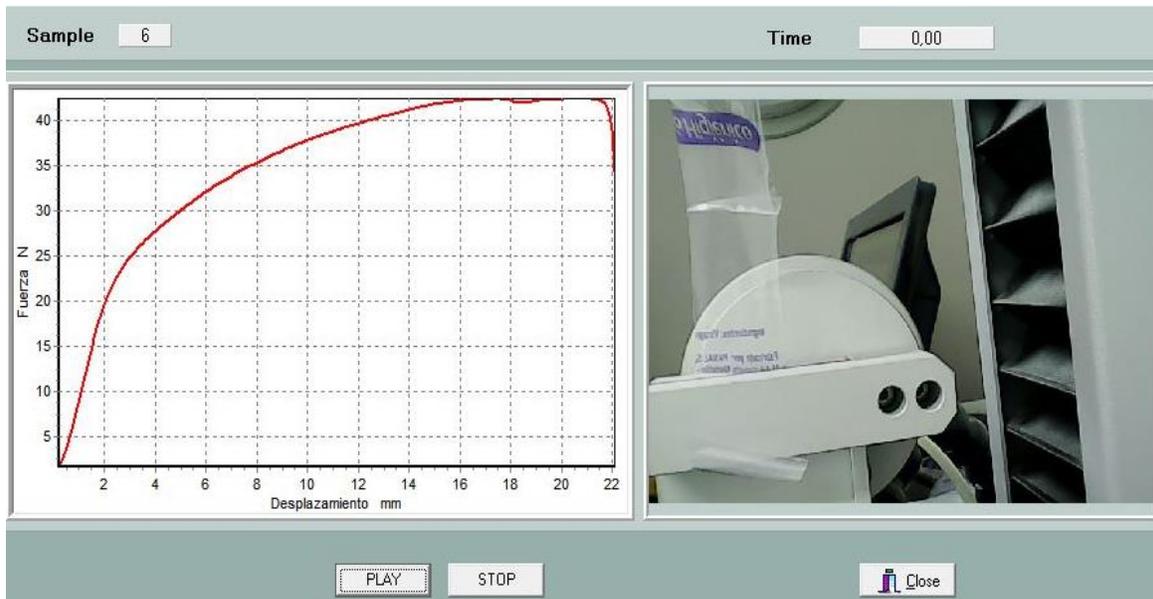


Figura 19. Ensayo de Fuerza de Sellado, realizado a laminado para vinagre.

Se realizan numerosos ensayos teniendo en cuenta muestras de los diferentes caños, obteniendo resultados conformes en la totalidad de los ensayos.

Conclusiones

- Una de las variables más importante que se mide en los productos de llenado vertical es el “*Hot Tack*”, que me permite verificar la fuerza de sellado en caliente, tomando en cuenta el tiempo, la presión y la temperatura de sello.

La importancia de esta especificación está en que, en las máquinas de llenado vertical, el producto cae sobre el sello inferior del sachet, el cual aún se encuentra caliente.

Para el caso de las Tecmar 1 y 2, donde se tienen algunos de los costos de reprocesos más altos no se mide ni el tiempo ni la presión ejercida al sello. Esto ocasiona que para calibrar la máquina se ajuste al “tanteo” la presión, que es independiente para cada uno de los caños en los cuales se da el llenado del sachet y además se debe modificar la velocidad de la máquina, debido a que no se tiene la variable de tiempo de contacto en la máquina y esta sería la forma de modificarla.

- Para el caso específico del vinagre en sachet de 25cm³ se usó un laminado de PET + BOPP, porque en el momento fue el único material que no reacciona con el vinagre, provocando microfugas. Actualmente no se tiene otro producto que se empaque en el mismo material, por lo que no fue posible realizar una comparación de las especificaciones y funcionamiento del material en planta.

Actualmente es la novedad más recurrente de los productos de Panal (envasados en materiales flexibles), pero se ha logrado trabajar con ajustes en velocidad de máquina, presión de mordaza en diferentes caños y temperatura de sellado, lo que muestra que este tipo de material tiene rangos de trabajo más estrechos que los demás laminados que se usan actualmente, por lo que se ve más afectado por las variaciones en las variables de máquina y hace que sea más difícil de calibrarla en un punto ideal de trabajo.

- Para el correcto funcionamiento de las máquinas envasadoras automáticas en general, es de gran importancia el control del COF y el espesor, debido a que son las especificaciones que permiten el movimiento a través de los rodillos y me regulan la tensión que se da al momento de halar la bobina del laminado.

Bibliografía

- [1] Paine, F. A., & Paine, H. Y. (2012). *A handbook of food packaging*. Springer Science & Business Media.
- [2] AINIA, & AIMPLAS. (2016). *La correcta especificación de los envases*. Retrieved from https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_publicaciones_empresas/la-correcta-especificacion-de-los-envases.pdf
- [3] Lee, D. S., Yam, K. L., & Piergiovanni, L. (2008). *Food packaging science and technology*. CRC press.
- [4] Povea Garcerant, I. (2012). *INTRODUCTION TO FOOD PACKAGING SCIENCE AND TECHNOLOGY*. Retrieved from <https://ipackagingroup.files.wordpress.com/2012/07/introduction-to-food-packaging1.pdf>
- [5] Robertson, G. L. (2012). *Food Packaging: Principles and Practice, Third Edition*. Taylor & Francis. CRC press
- [6] Hewlett-Packard. (2015). *Embalaje flexible para HP Indigo Label and Packaging Digital Presses Guía práctica*. Retrieved from ftp://ftp.hp.com/pub/gsb/Indigo/Knowledge/Sales_New/Labels_and_Packaging/Regional/EMEA/Spanish/CA494-14640_SP___-___Flexible___Packaging___How-to___Guide.pdf
- [7] *PACKAGING MATERIALS*. (n.d.). Retrieved from <http://www.egyankosh.ac.in/bitstream/123456789/10704/1/Unit-2.pdf>
- [8] Hanlon, J. F., Kelsey, R. J., & Forcinio, H. (1998). *Handbook of package engineering*. CRC press.
- [9] Yam, K. L. (Ed.). (2010). *The Wiley encyclopedia of packaging technology*. John Wiley & Sons.
- [10] EN ISO 536:2012 (2012) Paper and board – Determination of grammage.
- [11] ASTM Standard Test Method for Comparison of Bond Strength or Ply Adhesion of Similar Laminates Made from Flexible Materials. ASTM Standard Method: F904 - 98(2008).
- [12] PLAEN - Plásticos, Envasado y Afines: Las bolsas de autosoporte - Doy pack. (n.d.). Retrieved June 15, 2019, from <https://plaen.blogspot.com/2010/01/las-bolsas-de-autosoporte-doypack.html>
- [13] Illanes, J., & Fernando, J. (2004). Envases flexibles plásticos: Uso y aplicación en la industria alimentaria. *Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fai.29e/pdf/fai.29e-TH>, 3.*
- [14] Procesado de filmes multicapa para aplicación de embalaje flexible - Plástico. (n.d.). Retrieved from <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/50451-Procesado-de-films-multicapa-para-aplicacion-de-embalaje-flexible.html>

- [15] Extrusión de película soplada | Tecnología de los Plásticos. (n.d.). Retrieved from <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/04/extrusion-de-pelicula-soplada.html>
- [16] CROW'S TOP 10 PLASTIC PACKAGING COMPANIES. (2017). Retrieved from [http://polymerdatabase.com/Polymer Brands/Top 10 Packaging Companies.html](http://polymerdatabase.com/Polymer%20Brands/Top%2010%20Packaging%20Companies.html)
- [17] Top 14 Vendors in the Global Flexible Packaging Market for Food & Beverages. (2016). Retrieved from <https://blog.technavio.com/blog/top-14-vendors-global-flexible-packaging-market-food-beverages>
- [18] TOP 10 COMPANIES IN FLEXIBLE PACKAGING MARKET. (2019). Retrieved from <https://meticulousblog.org/top-10-companies-in-flexible-packaging-market/>
- [19] Cuatro tendencias que marcan el futuro de los empaques. (2017). Retrieved from <https://www.virtualpro.co/noticias/cuatro-tendencias-que-marcan-el-futuro-de-los-empaques->
- [20] MÉNDEZ PRIETO, A. (2019). Reciclado de empaques flexibles multicapa. Plastic Technology Mexico. Retrieved from <https://www.pt-mexico.com/articulos/claves-para-el-reciclado-de-empaques-flexibles-multicapa>
- [21] Dunn, T. (2014). *Manufacturing Flexible Packaging: Materials, Machinery, and Techniques*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-09950-1>
- [22] Ray Nichols, M. (2018). Top Trends Driving the Flexible Packaging Market. Retrieved from <https://www.thomasnet.com/insights/top-trends-driving-the-flexible-packaging-market/>
- [23] Singh, T. (2018). FOOD PACKAGING MARKET: RISE OF FLEXIBLE PACKAGING TO DRIVE MARKET GROWTH. Retrieved from <https://www.processingmagazine.com/flexible-food-packaging-market/>
- [24] PMMI. (2019). Flexible Packaging Market Assessment Report - Executive Summary, 4.